

Hamza Ouahoud Ouahoud

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25
kV**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

dirigido por Dr. Francisco González Molina

Grado de Ingeniería Eléctrica



**UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Tarragona**

2024

Índice

1	Introducción	6
2	Memoria	8
2.1	Objetivo	8
2.2	Alcance del Proyecto	8
2.3	Antecedentes	8
2.4	Normativa	9
2.5	Programas de Calculo	10
2.6	Descripción de la Instalación	10
2.6.1	<i>Previsión de Potencia</i>	10
2.6.2	<i>Datos del Trazado</i>	11
2.6.3	<i>Línea Eléctrica Aérea</i>	11
2.6.3.1	Conductor.....	12
2.6.3.2	Seccionador.....	12
2.6.3.3	Apoyo.....	13
2.6.3.4	Herrajes y Accesorios	16
2.6.3.5	Aislador.....	16
2.6.3.6	Cimentación	17
2.6.3.7	Puesta a Tierra	18
2.6.3.8	Cruzamientos y Paralelismos.....	19
2.6.3.9	Medidas de Protección de la Avifauna	20
2.6.4	<i>Línea Eléctrica Subterránea</i>	21
2.6.4.1	Conductor.....	21
2.6.4.2	Empalmes y Terminales.....	22
2.6.4.3	Canalización.....	23
2.6.4.4	Arquetas	23
2.6.5	<i>Conversiones de Línea Aérea a Subterránea</i>	24
2.6.5.1	Pararrayos	24
2.6.5.2	Terminales	24
2.6.5.3	Puesta a Tierra	24
2.6.6	<i>Centro de Transformación</i>	24
2.6.6.1	Obra Civil	24
2.6.6.2	Características de los Materiales.....	25

2.6.6.3	Instalación Eléctrica.....	28
2.6.6.4	Puesta a Tierra	34
2.7	Definiciones y Abreviaturas	35
2.8	Resultados Finales y Organismos Afectados	35
2.8.1	<i>Opción 1:</i>	35
2.8.2	<i>Opción 2</i>	35
2.8.3	<i>Organismos Afectados</i>	36
2.9	Planificación	37
2.10	Orden de Prioridad de los Documentos	38
3	Anexos.....	39
3.1	Cálculos Eléctrico	39
3.1.1	<i>Línea Aérea</i>	39
3.1.2	<i>Línea Subterránea</i>	42
3.1.3	<i>Calculo Eléctrico Total de las Líneas</i>	43
3.2	Cálculos Mecánicos	46
4	Planos	69
4.1	Situación	69
4.2	Emplazamiento	69
4.3	Trazado de la línea	69
4.4	Esquema Unifilar	69
4.5	Perfil trazado	69
4.6	Derivación y Conversión	69
4.7	Seccionador y Apoyo Convencional.....	69
4.8	Aislador y Cadenas	69
4.9	Puesta a Tierra Apoyo.....	69
4.10	Zanjas.....	69
4.11	Arquetas	69
4.12	Detalles del CT	69
4.13	Puesta a Tierra del CT	69
5	Presupuesto.....	91
5.1	Línea Aérea MT.....	91
5.2	Línea Subterránea	93
5.3	Centro de Transformación	93

5.4	Resumen.....	94
6	Pliego de Condiciones.....	95
6.1	Objetivo	95
6.2	Disposiciones Generales	95
6.3	Organización del Trabajo.....	95
6.3.1	<i>Datos de la Obra:</i>	95
6.3.2	<i>Replanteo de la Obra</i>	96
6.3.3	<i>Mejoras y Variaciones del Proyecto</i>	96
6.3.4	<i>Recepción del Material</i>	96
6.3.5	<i>Organización</i>	96
6.3.6	<i>Ejecución de las Obras</i>	97
6.3.7	<i>Subcontratación de las Obras</i>	97
6.3.8	<i>Plazo de Ejecución</i>	98
6.3.9	<i>Recepción Provisional</i>	98
6.3.10	<i>Periodos de Garantía</i>	98
6.3.11	<i>Recepción Definitiva</i>	99
6.3.12	<i>Pago de Obras</i>	99
6.3.13	<i>Abono de Materiales Acopiados:</i>	99
6.4	Condiciones Técnicas en la Ejecución.....	99
6.4.1	<i>Línea Aérea</i>	99
6.4.1.1	Excavaciones	99
6.4.1.2	Hormigonado	100
6.4.1.3	Armado e Izado de Apoyos Metálicos.....	100
6.4.1.4	Tendido, Tensado y Regulado de los Conductores.....	101
6.4.1.5	Cadena de Aisladores.....	101
6.4.1.6	Empalmes.....	101
6.4.1.7	Engrapado	102
6.4.2	<i>Línea Subterránea</i>	102
6.4.2.1	Trazado	102
6.4.2.2	Demolición de Pavimentos	102
6.4.2.3	Apertura de Zanjas	102
6.4.2.4	Canalizaciones	103
6.4.2.5	Tendido de Cables	104

6.4.2.6	Protección Mecánica y Señalización	105
6.4.2.7	Cierre de Zanjas	105
6.4.3	<i>Centro de Transformación</i>	105
6.4.3.1	Obra Civil	105
6.4.3.2	Aparamenta de Media Tensión	105
6.4.3.3	Transformadores de Potencia.....	106
6.4.3.4	Equipos de Medida	106

1 Introducción

Título del proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV.

Emplazamiento de la instalación: C-59, El Moianès, 08148 L'Estany, Barcelona

Datos del titular:

- **Destinatario del proyecto:** Jose Luis Martinez
- **Solicitante:** Ayuntamiento de L'Estany
- **Dirección:** Calle Doctor Vilardell, 1
- **Código postal:** 08148
- **Municipio:** L'Estany
- **Provincia:** Barcelona
- **País:** España
- **Teléfono:** 938 303 032

Datos del titular del proyecto y datos de la entidad:

Hamza Ouahoud Ouahoud

Ingeniero eléctrico

- **DNI:** 46254609G
- **Dirección:** Calle Celia Forester, 1, 43850 Cambrils, Tarragona.
- **Correo electrónico:** hamzaouahoud-22@gmail.com
- **Número de colegiado:** 9872534

Datos y firma de los anteriores:

Firma proyectista:



Hamza Ouahoud Ouahoud

Destinatario del proyecto:



Jose Luis Martinez

Índice de la memoria

1. Objetivo
2. Alcance del proyecto
3. Antecedentes
4. Normas y referencias
5. Programas de calculo
6. Descripción de la instalación
7. Definición i abreviaturas
8. Resultados finales
9. Planificación
10. Orden de prioridad de los documentos

2 Memoria

2.1 Objetivo

El objetivo del proyecto es el diseño de una línea aérea y subterránea de media tensión de un solo circuito, de una tensión de 25 kV. El principio de la línea será una derivación de otra línea de la misma tensión mientras que el final de la línea se instalará un centro de transformación nuevo de una potencia de 1000 kVA, para dar suministro eléctrico a una parcela que se construirán unos polígonos industriales, en el municipio de L'estany de la comarca del Moyanés al norte de la provincia de Barcelona.

Se han hecho los cálculos y planos adecuados para construir estas infraestructuras de forma segura y eficaz, siempre siguiendo la normativa adecuada.

2.2 Alcance del Proyecto

El alcance del proyecto será el diseño y cálculo de una línea eléctrica y un centro de transformación para transportar la energía de forma eficiente y segura.

El proyecto abarcará el diseño detallado de la línea eléctrica, incluyendo cálculos mecánicos de la línea aérea, cálculos eléctricos desde la derivación hasta el final del tramo de la línea subterránea y un diseño de un centro de transformación.

Todo lo mencionado se tratará con normativa vigente en cada uno de los casos, de esta forma, se dará al presente proyecto una estructura clara y técnica.

2.3 Antecedentes

Este proyecto es solicitado por el Ayuntamiento de L'Estany para dejar un CT en la parcela para que en un futuro se realice la construcción de unos almacenes y si es necesario poder alimentar nuevos suministros que puedan surgir por la zona.

La instalación que se realizara está situada en la población de L'Estany de la comarca del Moyanés al norte de la provincia de Barcelona. El comienzo de la línea aérea es en el lado derecho de la carretera C-59 en las siguientes coordenadas (X-UTM 426421.53 m E Y-UTM 4634253.24 m N). La línea aérea recorrerá 1240 metros hasta la entrada de la población, también será en la carretera C-59 en las siguientes coordenadas (X-UTM 426378.63 m E Y-UTM 4635350.14 m N) donde la línea subterránea dará comienzo. La línea eléctrica enterrada, el recorrido será de unos 200 metros hasta la parcela de 10928 m² donde se instalará el centro de transformación en la dirección Carretera Ponent en las coordenadas (X-UTM 426444.48 m E Y-UTM 4635594.04 m N).

Coordenadas	X-UTM	Y-UTM
Inicio de la línea (Derivación)	426421.53 m E	4634253.24 m N
Inicio de tramo enterrado	426378.63 m E	4635350.14 m N
Instalación del CT	426444.48 m E	4635594.04 m N

Tabla 1: Coordenadas UTM.

2.4 Normativa

➔ Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

➔ 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.

➔ 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.

➔ Normas particulares y de normalización de la Cia. Suministradora de Energía Eléctrica.

➔ Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

➔ Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad

y salud en las obras.

➔ Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de

señalización de seguridad y salud en el trabajo.

➔ Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

➔ Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

➔ Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

➔ Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

- Resolución ECF/4548/2006, de 29 de diciembre, por la que se aprueban en Fecsa.
- Endesa las Normas técnicas particulares relativas a la red en las instalaciones de enlace.

2.5 Programas de Cálculo

Para la planificación y diseño de las diferentes partes de la instalación eléctrica y mecánica se han utilizado los siguientes programas informáticos:

- AutoCAD: Para la representación gráfica de los diferentes elementos de la línea (situación, emplazamiento, trazado de la línea, puesta a tierra, etc.).
- DMELECT Instalaciones: Este software se utiliza para el cálculo y diseño de instalaciones eléctricas. Permite realizar el cálculo de diferentes tipos de líneas eléctricas, tanto aéreas como subterráneas, considerando aspectos mecánicos como la resistencia de los apoyos del proyecto. Proporciona esquemas eléctricos detallados del trazado de las líneas, incluyendo perfiles y plantas de líneas aéreas. Además, ofrece anexos con cálculos mecánicos y eléctricos complementarios para garantizar la seguridad y eficiencia de las instalaciones eléctricas.
- Amikit 5.0: Es una herramienta de software diseñada para facilitar el diseño de centros de transformación eléctrica hecho por Ormazabal. Este programa proporciona funcionalidades para realizar cálculos y análisis necesarios en la planificación de estos centros.

2.6 Descripción de la Instalación

2.6.1 Previsión de Potencia

Como hemos comentado en los objetivos, el presente proyecto tratara de alimentar un CT que proporcionar potencia eléctrica para unos polígonos industriales que se instalaran en un futuro.



Figura 1: Zona donde se instalará el CT.

La previsión de potencia de los polígonos industriales está estimada en unos 600 kVA teniendo en cuenta que en un futuro la posibilidad abastecer nuevos suministros que puede haber en la zona.

La potencia máxima admisible será de 1000 kVA, ya que será la potencia del transformador, esta potencia será la potencia máxima que podrá dar el centro de transformación, ya que para potencias mayores se tendrá que cambiar el transformador.

Potencia del transformador	1000 kVA
Potencia prevista	600 kVA

Tabla 2: Potencias.

2.6.2 Datos del Trazado

Los principales datos de la línea que se describirán en el presente proyecto son los siguientes:

Tensión nominal → 25kV

Longitud total → 1440 metros

Longitud de la línea aérea → 1240 metros

Longitud de la línea subterránea → 200 metros

Tipos de soportes → metálicos tipos T

Comienzo del trazado → Derivación

Final del trazado → Conexión CT

2.6.3 Línea Eléctrica Aérea

El valor de la tensión de la línea eléctrica será de 25 kV y con un simple circuito con la frecuencia de la red, se considera que esta tensión es de tercera categoría (tensión inferior a 30kV). Todas las líneas de esta tensión se realizan con un tipo de cable que es el LA-56, este conductor es el que utilizaremos en todo el tramo.

A lo largo de la línea se instalarán 11 apoyos metálicos que abarcaran los 1240 metros de la línea aérea, empezando por el primer apoyo que será una derivación, seguidamente la línea seguirá un tramo recto hasta el segundo y tercer apoyo que estarán situados a 133 metros y 206 metros, continuando el tramo recto hasta el cuarto apoyo que es cuando la línea toma cierto ángulo para cambiar la dirección este apoyo estará situado a unos 400 metros.

Una vez la línea ha pasado por el cuarto apoyo, la línea toma un trazado recto hasta llegar al final, cabe destacar que en el apoyo número 9 a unos 5 metros cruza una línea de superior tensión a la que estamos instalando, se trata de una línea de alta tensión que transporta unos 220 kV. Por lo tanto, esta línea irá por encima de la que estamos instalando. Una vez llegado al apoyo número 11 que es el final de la línea, se realizará la conversión a línea subterránea.

Según la normativa se tiene que instalar un seccionador para poder desconectarlo de la línea principal cuando sea necesario, este seccionador puede ir instalado en el primer apoyo o en el segundo. Actualmente, se está instalando seccionadores del tipo SF6, ya que utilizan el gas de hexafluoruro de azufre (SF6) como medio de extinción del arco eléctrico y también como medio aislante.

2.6.3.1 Conductor

Las principales características de este conductor son:

LA-56	Características
Sección	54,6 mm ²
Diámetro	9,45 mm
Carga de rotura	1640 daN
Peso	0,189 daN/m
Resistencia kilométrica a 20°C	0,6136 ohm/km
Composición aluminio	6 hilos x 3,15 mm Ø
Composición acero	1 hilo x 3,15 mm Ø
Módulo de elasticidad	7900 daN/mm ²
Intensidad admisible	199,35 A
Densidad de corriente	3,651 A/mm ²

Tabla 3: Conductor LA-56



Figura 2: Conductor LA-56.

La elección de este conductor se basa en las regulaciones de la compañía distribuidora en Cataluña, que establecen en su normativa “AYZ10000 Proyecto Tipo líneas aéreas de Media tensión” el uso de conductores LA en áreas con niveles de contaminación normal o alto. Actualmente, la compañía distribuidora instala conductores LA-110 y LA-56 para tensiones de hasta 30 kV. En LA-110 se emplea en líneas que parten de subestaciones y tramos largos, mientras que en LA-56 se utiliza en derivaciones y tramos de menor longitud. Por lo tanto, se instala en este proyecto el La-56, ya que es una derivación.

2.6.3.2 Seccionador

Se instalará un seccionador, ya que en cualquier derivación se instalará un dispositivo de seccionamiento que la aisle de la línea principal. Se situará en el primer o segundo apoyo de la derivación que sea de fácil acceso.

Se instalará un seccionador SF6, ya que es un dispositivo utilizado en redes eléctricas para abrir y cerrar circuitos de media tensión en condiciones normales o de falla. Estos equipos operan constantemente y se destacan por sus propiedades dieléctricas y su capacidad para

controlar la carga eléctrica de la instalación. Entre sus características clave se encuentran su aislamiento de gas SF₆, su capacidad para trabajar bajo carga y su flexibilidad en la operación. Son esenciales para garantizar el funcionamiento seguro y eficiente de las redes eléctricas, protegiendo el servicio eléctrico y facilitando el mantenimiento de la infraestructura

La intensidad nominal de este seccionador será 400 A o superior y deberán soportar un $I_{cc} \geq 12,5$ kA.

2.6.3.3 Apoyo

Los soportes en líneas de 25 kV son estructuras diseñadas para soportar cables eléctricos y otros componentes necesarios para el funcionamiento de la línea (aislador, amares, cables). Estos soportes pueden ser torres, postes o estructuras metálicas colocadas estratégicamente a lo largo de la línea para sujetar los conductores a alturas y distancias específicas. La altura del soporte se determina en función de la distancia vertical entre el conductor y el suelo, así como de factores como la topografía y las normas de seguridad eléctrica.

Existen varios tipos de apoyos utilizados en líneas de media tensión, cada uno diseñado para cumplir con requisitos específicos de resistencia y condiciones ambientales. Aquí se describe el apoyo que se utilizara para este proyecto:

Torres metálicas de celosía: Estas son estructuras robustas y altas construidas con materiales como acero galvanizado. Se utilizan en terrenos variados y pueden soportar múltiples circuitos de líneas eléctricas de alta tensión. Las torres pueden tener diferentes configuraciones, como en forma de A, delta, o portal, dependiendo de los requisitos de diseño y carga.

Tipo de diseño en las torres metálicas:

Existen varios tipos de formas de las torres metálicas utilizadas en líneas de media tensión, cada uno diseñado para cumplir con requisitos específicos de resistencia y condiciones ambientales. Aquí se describen algunos de los más comunes:

L:

- **Ventajas:** Mayor resistencia: Las estructuras con armado metálico en forma de L ofrecen una alta resistencia a las cargas verticales y horizontales, lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren soporte robusto.
- **Inconvenientes:** Mayor costo de fabricación: La fabricación de estructuras en forma de L con armado metálico puede ser más costosa debido a la necesidad de conformar y unir los materiales de manera específica.

T:

- **Ventajas:** Estabilidad: Las estructuras en forma de T con armado metálico ofrecen una buena estabilidad y resistencia a las fuerzas laterales, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se requiere resistencia contra el viento y otras cargas laterales.

- Inconvenientes: Complejidad en la fabricación: La fabricación de estructuras en forma de T con armado metálico puede ser más compleja debido a la necesidad de soldadura y conformado de los materiales, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de producción.

S:

- Ventajas: Versatilidad: Las estructuras en forma de S con armado metálico ofrecen una mayor versatilidad en el diseño y la configuración, lo que permite adaptarse a diferentes necesidades y requisitos estructurales.
- Inconvenientes: Dificultad de fabricación: La fabricación de estructuras en forma de S con armado metálico puede ser más compleja debido a la necesidad de conformado y soldadura precisa de los materiales, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de producción.

N:

- Ventajas: Resistencia estructural: Las estructuras en forma de N con armado metálico ofrecen una alta resistencia a las cargas verticales y horizontales, lo que las hace adecuadas para aplicaciones que requieren soporte robusto y estabilidad.
- Inconvenientes: Mayor complejidad en la fabricación: La fabricación de estructuras en forma de N con armado metálico puede ser más compleja debido a la necesidad de conformado y soldadura precisa de los materiales, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de producción.

B:

- Ventajas: Estabilidad: Las estructuras en forma de B con armado metálico ofrecen una buena estabilidad y resistencia a las fuerzas laterales, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se requiere resistencia contra el viento y otras cargas laterales.
- Inconvenientes: Costo de fabricación: La fabricación de estructuras en forma de B con armado metálico puede ser más costosa debido a la necesidad de conformado y unión precisa de los materiales, lo que puede aumentar los costos de producción.

En este proyecto se ha apostado por el apoyo metálico de celosía en forma de T:

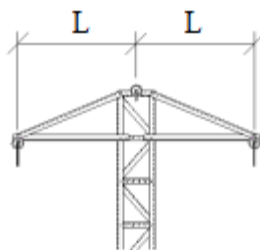


Figura 3: Tipo T.

N° de Apoyo	Función Apoyo	Denominación	Peso total (Kg)	Tipo Armado	Dimensiones (m)		Coordenadas UTM
					L	Altura útil	
1	FL	C-3000	840	T	1,25	14	426421.56 m E 4634253.24 m N
2	AL-AM	C-1000	419	T	1,25	14	426430.32 m E 4634397.77 m N
3	AL-AM	C-1000	419	T	1,25	14	426441.88 m E 4634401.64 m N
4	AN-AM	C-2000	682	T	1,25	14	426449.65 m E 463537.42 m N
5	AL-AM	C-500	358	T	1,25	12	426455.22 m E 4634697.76 m N
6	AL-AM	C-500	358	T	1,25	12	426462.78 m E 4634700.56 m N
7	AL-AM	C-1000	419	T	1,25	14	426469.32 m E 463797.74 m N
8	AL-AM	C-1000	358	T	1,25	14	426474.65 m E 4634890.51 m N
9	AL-AM	C-1000	419	T	1,25	14	426480.98 m E 4635047.73 m N
10	AL-AM	C-1000	419	T	1,25	14	426483.33 m E 4635107.66 m N

11	FL	C-2000	682	T	1,25	14	426378.63 m E 4635350.14 m N
----	----	--------	-----	---	------	----	---------------------------------

Tabla 4: Características de los apoyos instalados.

En la tabla 4 se expone los detalles de cada apoyo que se instala con una altura determinada, función del apoyo y del tipo que debe ser para resistir los esfuerzos mecánicos.

Tipologías de apoyo

- ⇒ Apoyos de alineación: Apoyos de suspensión, amarre o anclaje en tramos rectilíneos de la línea. Su función es la de sostener los conductores, manteniéndolos elevados del suelo la distancia establecida en el proyecto.
- ⇒ Apoyos de ángulo: Apoyos de amarre o anclaje colocados en un ángulo del trazado de la línea.
- ⇒ Apoyos de fin de línea: Apoyos de amarre, situados en el origen y final de la línea cuya función es la soporta en sentido longitudinal, las solicitaciones de todos los conductores en un solo sentido.

2.6.3.4 Herrajes y Accesorios

Para su elección se tendrán en cuenta las características constructivas y dimensionales de los conductores. Deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que estas queden posicionadas adecuadamente. Todas las características técnicas, constructivas, de ensayo, etc. de los herrajes destinados a los conductores eléctricos tomarán como referencia las indicadas en la norma informativa AND009 Herrajes y accesorias para conductores desnudos en líneas aéreas AT hasta 36 kV.

En todos los apoyos en suspensión se instarán varillas de protección preformada.

2.6.3.5 Aislador

Comprenderán cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana. Podrán estar fabricados usando materiales cerámicos (porcelana), vidrio, aislamiento compuesto de goma de silicona, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función.

Deberán resistir la influencia de todas las condiciones climáticas, incluyendo las radiaciones solares. Deberán resistir la polución atmosférica y ser capaces de funcionar satisfactoriamente cuando estén sujetos a las condiciones de polución.

Todos los materiales usados en la construcción de aisladores deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica.

Podrá obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio a partir de los ensayos termo-mecánicos especificados en la norma UNE-EN 60383-1.

Característica	Valores
Tipo	CS 70 AB 170/1150
Material	Polimérico
long (m)	1,15 m
Diámetro (mm)	200 mm
Línea de fuga (mm)	1005 mm
Peso (daN)	1,80 daN
Carga de rotura (daN):	7000 daN
Tracción máxima admisible (daN)	2333 daN
Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	80 kV
Tensión soportada al impulso de un rayo (Kv)	200 kV

Tabla 5: Características del aislador.

Según establece la ITC-LAT 07, apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3.

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

2.6.3.6 Cimentación

Para una eficaz estabilidad de los apoyos, éstos se encastrarán en el suelo en bloques de hormigón u hormigón armado, calculados de acuerdo con la resistencia mecánica del mismo. Las características de las cimentaciones de cada uno de los apoyos será la siguiente:

N° de Apoyo	Apoyo	Tipo de Terreno	Tipo de Cimentación	Dimensiones (m)	
				A	H
1	C-3000-14	Normal	Monobloque	1,14	2,50
2	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
3	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
4	C-2000-14	Normal	Monobloque	1,12	2,3
5	C-500-12	Normal	Monobloque	1,04	1,65
6	C-500-12	Normal	Monobloque	1,04	1,65
7	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
8	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
9	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
10	C-1000-14	Normal	Monobloque	1,14	1,95
11	C-2000-14	Normal	Monobloque	1,09	2,3

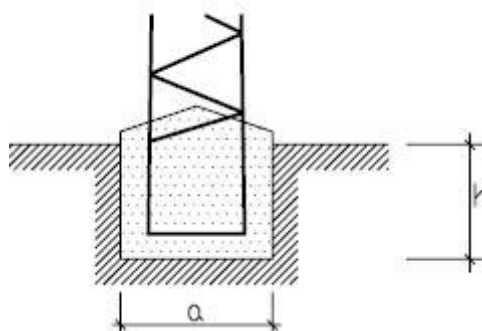


Tabla 6: Cimentación monobloque.

2.6.3.7 Puesta a Tierra

Los electrodos de tierra estarán compuestos por:

- Picas de acero recubierto de cobre de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro
- Conductores horizontales de cobre desnudo con una sección mínima de 50 mm².
- Combinación de picas y conductores horizontales.

Las picas se hincarán verticalmente, quedando su extremo superior a una profundidad no inferior a 0,5 m. Se utilizarán electrodos alojados en perforaciones profundas para instalaciones ubicadas en terrenos con una elevada resistividad, o por cualquier otra causa debidamente justificada.

La línea de tierra es el conductor o conjunto de conductores que une el electrodo de tierra con la parte del apoyo que se pretende poner a tierra. Los conductores empleados en las líneas de tierra deberán tener una resistencia mecánica adecuada y ofrecerán una elevada resistencia a la corrosión. No podrán insertarse fusibles o interruptores. Las líneas de tierra

se realizarán con conductores de cobre desnudo de una sección mínima de 50 mm². La parte de conductor de cobre desnudo hasta el punto de conexión con el montante se protegerá mediante un tubo de PVC, para lo cual el paso de dicho conductor a través del macizo de cimentación se efectuará por medio de un tubo introducido en el momento del hormigonado. El extremo superior del tubo quedará sellado con poliuretano expandido o similar para impedir la entrada de agua, evitando así tener agua estancada que favorezca la corrosión del cable de tierra. En general, como conductores de tierra entre herrajes, crucetas y la propia toma de tierra, puede emplearse la estructura de los apoyos metálicos.

2.6.3.8 Cruzamientos y Paralelismos

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesiten efectuar Cruzamientos o Paralelismos, estos se ajustarán a lo preceptuado en el apdo. 5 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores. En nuestro caso tenemos dos puntos críticos que son un cruce con una línea de alta tensión y la distancia que hay que mantener con la carretera.

Distancias a carreteras

Para la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación 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 m en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 m en el resto de las carreteras estatales.
- Para carreteras no estatales, la instalación deberá cumplir la normativa de cada CCAA.

Cruzamiento

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de mayor tensión y se intentará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de tensión más elevada. Para línea de inferiores de 45 kV, la distancia entre los conductores de la línea inferior y la parte más próxima de los apoyos de la línea superior no de ser inferior a 2 metros.

La distancia mínima vertical entre los conductores de ambos niveles de tensión será:

Línea de mayor tensión (kV)	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $\leq 25\text{m}$	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $> 25\text{m}$
220	3,8	4,5

Tabla 7: Cruzamiento vertical entre distintos niveles de tensión.

En este proyecto la distancia que hay de apoyo de la línea es superior a 25 metros y la distancia que hay en el cruce es de 4,8 metros entre la de mayor tensión y la de menor.

2.6.3.9 Medidas de Protección de la Avifauna

En el diseño de las líneas que afecten o se proyecten en las zonas de protección definidas en el artículo 3 del RD 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión, se aplicaran las siguientes medidas correctoras:

- Los puentes y aparamenta deberán mantener siempre las partes en tensión por debajo de la cruceta. En los apoyos especiales (seccionadores, fusibles, conversiones, derivaciones, etc.) se aislarán los puentes de unión entre los elementos en tensión.
- Para armados de bóveda la distancia entre la cabeza del apoyo y el conductor central será mayor de 0,88 m., o en caso contrario, se aislará dicho conductor un metro a cada lado del punto de enganche.
- Las distancias mínimas de seguridad entre la cruceta y la grapa serán:
 - Para cadenas de suspensión: 0,60 m.
 - Para cadenas de amarre: 1,00 m.
- En el caso de no poder alcanzarse estas distancias de seguridad mediante la instalación de aisladores, se colocarán alargaderas de protección, de una geometría que dificulte la posada de las aves, colocadas entre la cruceta y los aisladores con objeto de aumentar la distancia entre la zona de posada y los puntos en tensión.

Además, se tendrán en consideración posibles medidas más restrictivas que establezca la legislación autonómica.

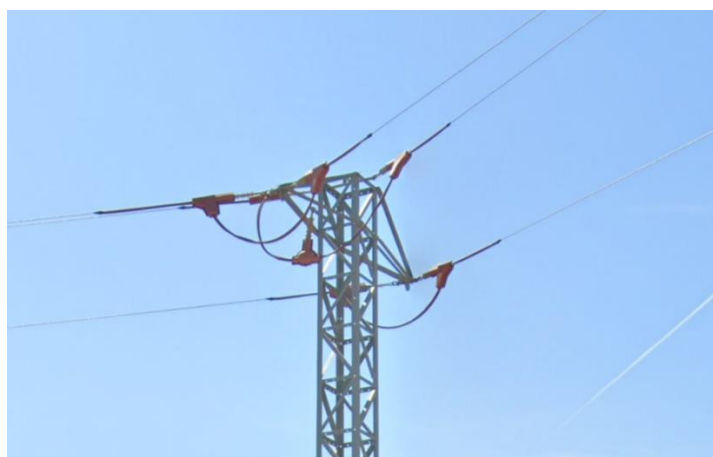


Figura 4: Ejemplo de avifauna.

2.6.4 Línea Eléctrica Subterránea

El proyecto implica la instalación de un tendido subterráneo de media tensión con una tensión nominal de 25 kV. Se utilizará un conductor del tipo RHZ1 18/30 kV con una sección transversal de 3x1x240mm² de aluminio. Este tendido subterráneo se dividirá en un solo tramo. El tramo empezará en las siguientes coordenadas 426378.63 m E 4635350.14 m N, será un tramo totalmente lineal hasta llegar al CT, tendrá una distancia de 200 metros. Esta línea se pasará por debajo de la acera y en cruces de carretera se pasará por calzada cumpliendo la normativa.

2.6.4.1 Conductor

AL RH5Z1-OL 18/30 kV 1x240 mm² AL

Características	Valores
Diámetro nominal sobre aislamiento	32,4 mm
Diámetro nominal exterior	40,0 mm
Peso	1720 kg/km
Radio mínimo de curvatura	600 mm
Intensidad máx. admisible al aire	455 A
Intensidad máx. admisible directamente enterrado	345 A
Intensidad máx. admisible bajo tubo enterrado	320 A
Resistencia en corriente continua a 20 °C	0,125 Ω/km
Resistencia en corriente alterna a 90 °C	0,161 Ω/km
Reactancia inductiva a 50 Hz	0,109 Ω/km
Capacidad	0,260 μF/km
Resistencia homopolar R _o	0,768 Ω/km
Capacidad homopolar C _o	0,260 μF/km
Reactancia inductiva homopolar X _o	0,297 Ω/km

Tabla 8: Características del conductor.

1. Conductor, 2. Pantalla sobre conductor (capa semiconductor interna), 3. Aislamiento, 4. Pantalla sobre aislamiento (capa semiconductor externa), 5. Protección contra el agua, 6. Pantalla metálica, 7. Cubierta exterior.

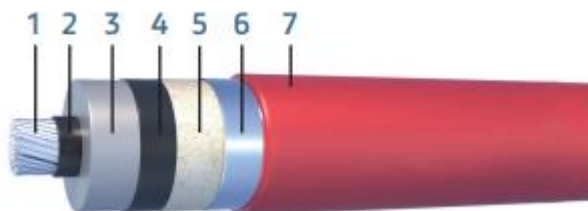


Figura 5: Composición del conductor.

El conductor 1x240 mm² irá dentro de un tubo corrugado de 200mm de diámetro de PE. Cable Al Voltalene H Compact normalizado por Endesa. Tipo AL RH5Z1 con conductor de aluminio, aislamiento de XLPE, pantalla de cinta de aluminio y tensión asignada 18/30 kV.

Características	Valores
Nivel de aislamiento	12/20 ó 18/30 (kV)
Naturaleza del conductor	Aluminio
Sección del conductor	150, 240 ó 400 mm ²

Figura 6: Normativa distribuidora.

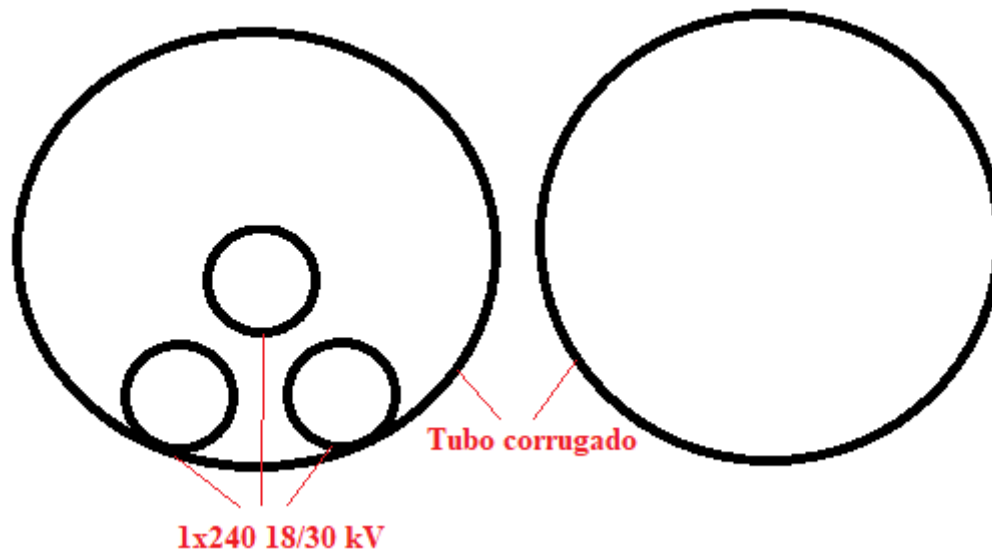


Figura 7: Distribución línea subterránea.

El hecho de la elección del conductor 240 mm² es por el motivo que en un futuro la necesidad de mayor potencia por los nuevos suministros que puede haber en la zona.

2.6.4.2 Empalmes y Terminales

Los empalmes y terminales que se utilizarán en este proyecto deberán ser de un tipo específico para el conductor 1x240mm² de la serie 18/30kV.

Los terminales se instalan en extremo del conductor de cobre o de aluminio y sirven para conectar, mientras que los empalmes de conductores deben garantizar la continuidad, el aislamiento y deberá garantizarse su estanqueidad y resistencia a la corrosión por efecto del contacto con el terreno.

Características	Valores
Tensión Nominal	18/30kV
Tensión máxima	36kV
Tensión ensayo a 50Hz	72kV (1 minuto)
Tensión ensayo con una onda tipo rayo	170kV
Intensidad máxima	415 ^a
Límite térmico	21kA
Límite dinámico	50kA

Tabla 9: Características del empalme.

Características	Valores
Tensión Nominal	36kV
Tensión aislamiento masa	18kV
Tensión ensayo a 50Hz	70kV
Tensión ensayo con una onda tipo rayo	170kV
Intensidad nominal	4800A
Límite térmico	28kA
Sobrecarga admisible	600kA

Tabla 10: Características del terminal.

2.6.4.3 Canalización

Las zanjas se excavarán conforme a los estándares y directrices establecidos por la empresa distribuidora, se ejecutarán por terrenos públicos, bajo aceras o calzadas, preferentemente bajo aceras. En este proyecto no habrá ángulos pronunciados, sino que se irá lo más rectilíneo posible, en paralelo a fachadas.

Las líneas se enterrarán bajo tubo de 200 mm de diámetro exterior, a una profundidad mínima de 70 cm en aceras medidos desde la parte superior. Se deberá prever siempre, al menos, un tubo de reserva en cada zanja. Este tubo quedará a disposición de las necesidades de distribución hasta su agotamiento.

Los cables se instalarán bajo tierra o cruzarán en cruces enterrados directamente, utilizando tubos corrugados según la necesidad específica (consultar detalles en los planos adjuntos). Las curvas de los cables cumplirán con el radio mínimo de curvatura permitido.

En los tramos de acera se utilizará como indica en el plano la zanja “En acera tubo seco”, mientras que en el extremo de la calzada se utilizara la zanja “En calzada tubo seco” y por último, en los cruces se utilizara la zanja “En calzada tubo hormigonado cruce”.

Se proporcionará un certificado (TIC) que indique si se encontraron servicios afectados al abrir la zanja. En caso afirmativo, se especificará si se respetaron las distancias de seguridad y, de lo contrario, qué tipo de protección se implementó. El certificado incluirá un croquis que identifique los cruces y paralelismos, así como fotos antes y después de instalar la protección.

Una vez completada la obra, se entregarán los planos "As Built" que detallarán las discrepancias respecto a los planos de proyecto.

2.6.4.4 Arquetas

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.

Se colocarán dos arquetas en todo el tramo, la primera será de alineación que se colocará a 100 metros de la conversión aérea-subterránea y otra arqueta de cambio de sentido al final del tramo.

2.6.5 Conversiones de Línea Aérea a Subterránea

La conversión de la línea será en el apoyo fin de la línea aérea, en dicho apoyo se montará la autoválvula (pararrayos), terminales, tubo de protección del cable de MT con una altura mínima de 2,5 metros.

2.6.5.1 Pararrayos

Se deberá instalar un pararrayos en cada fase o terminal para poder proteger la línea y que este legalizado (SNE020). El pararrayo se instalará en el último apoyo aéreo donde se hará la conversión aérea/subterránea. El pararrayo seleccionado debe tener una corriente de descarga de 10 kA, ya que es el que exige la empresa distribuidora. Los pararrayos se ajustarán a la norma UNE-EN 60099. Se tomará como referencia la norma informativa GE AND0015 Pararrayos de Óxidos Metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV.

Tendrá las siguientes características:

Característica	Valores
Corriente nominal de descarga	10 kA
Corriente de descarga de larga duración	490 A/2.000 ms
Tensión asignada	33 kV
Tensión máxima de servicio continuo	27 kV
Tensión residual, Onda 8/20 ms a 10 kA	90 kV
Margen de protección	89 %
Línea de fuga	1.112 mm
Sobretensión temporal (50 Hz, 1.000 s, 4/10 ms)	30 kV
Peso	4,7 kg

Tabla 11: Características pararrayos.

2.6.5.2 Terminales

Son los encargados de realizar las conexiones entre los pararrayos y el cable subterráneo, se instalará terminales que estén legalizados (KNE003).

2.6.5.3 Puesta a Tierra

La puesta a tierra del apoyo se realizará de la misma manera que se ha explicado en el punto 2.6.3.6, mientras que los pararrayos tendrán su propia puesta a tierra: cable unipolar de cobre con aislamiento XLPE. El conductor tendrá la trayectoria más directa a tierra, cada línea del pararrayos se unirá al final en la caja de registro de PAT para unirse conjuntamente al del apoyo.

2.6.6 Centro de Transformación

2.6.6.1 Obra Civil

El Centro de Transformación objeto de este proyecto consta de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparamenta eléctrica, máquinas y demás equipos.

Para el diseño de este Centro de Transformación se han tenido en cuenta todas las normativas anteriormente indicadas.

2.6.6.2 Características de los Materiales

Descripción

Los edificios PFU para Centros de Transformación, de superficie y maniobra interior (tipo caseta), constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos, desde la aparamenta de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.



Figura 8: Centro de transformación prefabricado (PFU).

La principal ventaja que presentan estos edificios prefabricados es que tanto la construcción como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.

Envolvente

La envolvente de estos centros es de hormigón armado vibrado. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Las piezas construidas en hormigón ofrecen una resistencia característica de 300 kg/cm². Además, disponen de una armadura metálica, que permite la interconexión entre sí y al colector de tierras. Esta unión se realiza mediante latiguillos de cobre, dando lugar a una superficie equipotencial que envuelve completamente al centro. Las puertas y rejillas están aisladas eléctricamente, presentando una resistencia de 10 kOhm respecto de la tierra de la envolvente.

Las cubiertas están formadas por piezas de hormigón con inserciones en la parte superior para su manipulación.

En la parte inferior de las paredes frontal y posterior se sitúan los orificios de paso para los cables de MT y BT. Estos orificios están semiperforados, realizándose en obra la apertura de los que sean necesarios para cada aplicación. De igual forma, dispone de unos orificios semiperforados practicables para las salidas a las tierras exteriores.

El espacio para el transformador, diseñado para alojar el volumen de líquido refrigerante de un eventual derrame, dispone de dos perfiles en forma de "U", que se pueden deslizar en función de la distancia entre las ruedas del transformador.

Placa piso

Sobre la placa base y a una altura de unos 400 mm se sitúa la placa piso, que se sustenta en una serie de apoyos sobre la placa base y en el interior de las paredes, permitiendo el paso de cables de MT y BT a los que se accede a través de unas troneras cubiertas con losetas.

Accesos

En la pared frontal se sitúan las puertas de acceso de peatones, las puertas del transformador (ambas con apertura de 180°) y las rejillas de ventilación. Todos estos materiales están fabricados en chapa de acero.

Las puertas de acceso disponen de un sistema de cierre con objeto de garantizar la seguridad de funcionamiento para evitar aperturas intempestivas de las mismas del Centro de Transformación. Para ello se utiliza una cerradura de diseño ORMAZABAL que anclan las puertas en dos puntos, uno en la parte superior y otro en la parte inferior.

Ventilación

Las rejillas de ventilación natural están formadas por lamas en forma de "V" invertida, diseñadas para formar un laberinto que evita la entrada de agua de lluvia en el Centro de Transformación y se complementa cada rejilla interiormente con una malla mosquitera.

Acabado

El acabado de las superficies exteriores se efectúa con pintura acrílica rugosa de color blanco en las paredes y marrón en el perímetro de la cubierta o techo, puertas y rejillas de ventilación.

Las piezas metálicas expuestas al exterior están tratadas adecuadamente contra la corrosión.

Alumbrado

El equipo va provisto de alumbrado conectado y gobernado desde el cuadro de BT, el cual dispone de un interruptor para realizar dicho cometido.

Cimentación

Para la ubicación de los edificios PFU para Centros de Transformación es necesaria una excavación, cuyas dimensiones variarán en función de la solución adoptada para la red de tierras, sobre cuyo fondo se extiende una capa de arena compactada y nivelada de 100 mm de espesor.

Características Detalladas

- N° de transformadores: 1
- N° reserva de celdas: 1
- Tipo de ventilación: Doble
- Puertas de acceso peatón: 1 puerta de acceso

Dimensiones exteriores

- Longitud: 4460 mm
- Fondo: 2380 mm
- Altura: 3240 mm
- Altura vista: 2780 mm
- Peso: 13465 kg

Dimensiones interiores

- Longitud: 4280 mm
- Fondo: 2200 mm
- Altura: 2550 mm

Dimensiones de la excavación

- Longitud: 5260 mm
- Fondo: 3180 mm
- Profundidad: 560 mm

Nota: Estas dimensiones son aproximadas en función de la solución adoptada para el anillo de tierras.

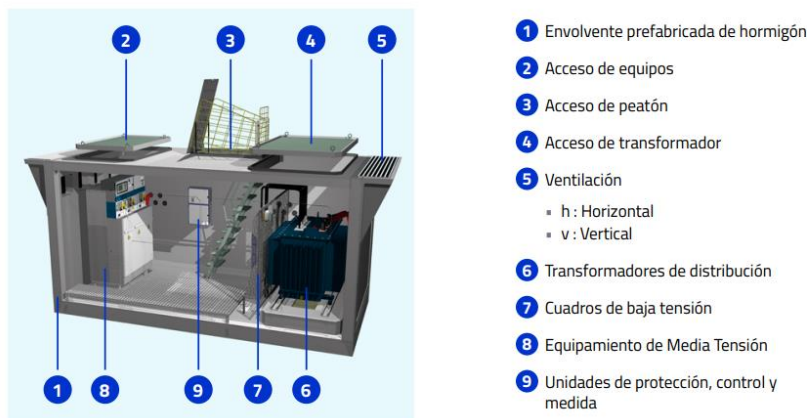


Figura 9: Detalle.

2.6.6.3 Instalación Eléctrica

La red de la cual se alimenta el Centro de Transformación es del tipo subterráneo, con una tensión de 25 kV, nivel de aislamiento según la MIE-RAT 12, y una frecuencia de 50 Hz.

La potencia de cortocircuito en el punto de acometida, según los datos suministrados por la compañía eléctrica, es de 500 MVA, lo que equivale a una corriente de cortocircuito de 11,547 kA eficaces.

Características Generales de los Tipos de Aparataje Empleados en la Instalación.

Celdas

Las celdas del sistema cgm.3 forman un sistema de equipos modulares de reducidas dimensiones para MT, con aislamiento y corte en gas, cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL, denominados ORMALINK, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.).

Las partes que componen estas celdas son:

Base y frente

La base soporta todos los elementos que integran la celda. La rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan la indeformabilidad y resistencia a la corrosión de esta base.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos a los accionamientos del mecanismo de maniobra, así como el dispositivo de señalización de presencia de tensión y la alarma sonora de prevención de puesta a tierra. En la parte inferior se encuentra el panel de acceso a la acometida de cables de Media Tensión y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del circuito de tierras y de las pantallas de los cables.

Cuba

La cuba, fabricada en acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles, y el gas se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de gases que, en caso de arco interno, evita, con ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas o la aparatada del Centro de Transformación.

En su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puesta a tierra, tubos portafusible).

Interruptor/Seccionador/Seccionador de puesta a tierra

El interruptor disponible en el sistema cgm.3 tiene 3 posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra (salvo para el interruptor de la celda S).

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Mecanismo de Maniobra

Los mecanismos de maniobra son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

Fusibles (Celda cgm.3-p)

En las celdas cgm.3-p, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusible de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se produce por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusible se eleva debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida.

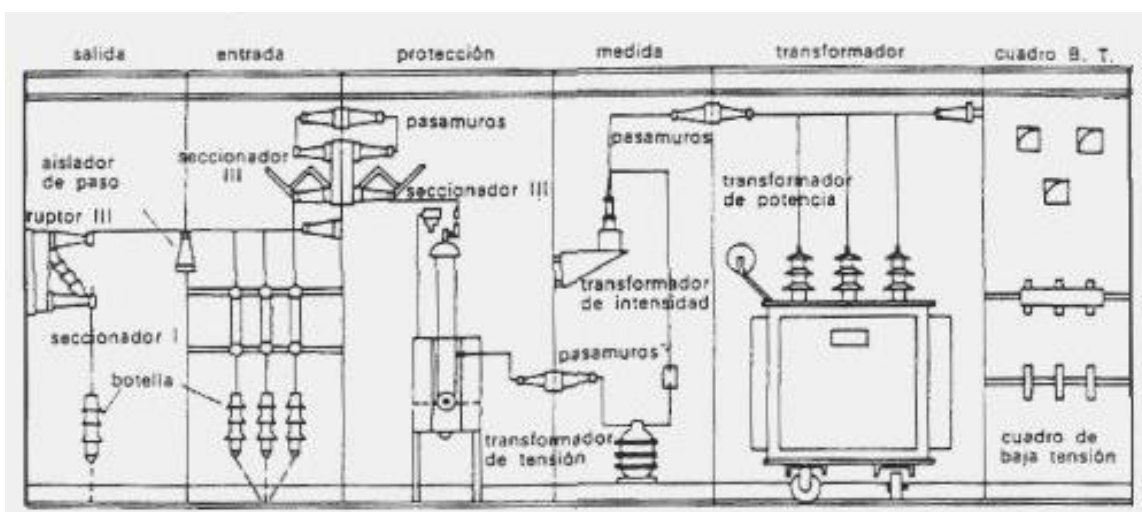


Figura 10: Partes de Centro de transformación.

Características eléctricas

Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

Tensión nominal 36 kV

Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min)
a tierra y entre fases 70 kV

- a la distancia de seccionamiento 80 kV
- Impulso tipo rayo
 - a tierra y entre fases 170 kV
 - a la distancia de seccionamiento 195 kV

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmica y dinámica, etc.



Figura 11: Cabinas.

Cabina de Línea 1 y 2

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgm.3-1 de línea, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

Características eléctricas:

- Tensión asignada: 36 kV
- Intensidad asignada: 630 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 21 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 52,5 kA
- Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 70 kV
 - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 170
- Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA
- Capacidad de corte
 - Corriente principalmente activa: 630 A

- Clasificación IAC: AFL

Características físicas:

- Ancho: 418 mm
- Fondo: 850 mm
- Alto: 1745 mm
- Peso: 138 kg

Otras características constructivas:

- Mecanismo de maniobra interruptor: Motorizado tipo BM

Cabina de Protección

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda cgm.3-p de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Características eléctricas:

- Tensión asignada: 36 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 630 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidades fusibles:
 - Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 21 kA
 - Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 52,5 kA
- Nivel de aislamiento
 - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 70 kV
 - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 170 kV
 - Capacidad de cierre (cresta): 52,5 kA
- Capacidad de corte
 - Corriente principalmente activa: 630 A
 - Clasificación IAC: AFL

Características físicas:

- Ancho: 480 mm
- Fondo: 1010 mm
- Alto: 1745 mm
- Peso: 211 kg

Otras características constructivas:

- Mando posición con fusibles: Manual por Acumulación tipo BR-A
- Combinación interruptor-fusibles: Combinados

Transformador

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 1000 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 25 kV y tensión secundaria 400 V en vacío (B2).

Otras características constructivas:

- Regulación en el primario: +/- 2,5%, +/- 5%, +/- 10%
- Tensión de cortocircuito (Ecc): 6%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Protección incorporada al transformador: Termómetro



Figura 12: Transformador.

Baja Tensión

El Cuadro de Baja Tensión (CBT), addibo.urban de ORMAZABAL, es un cuadro de distribución avanzado en baja tensión cuya función es recibir el circuito principal de BT procedente del transformador MT/BT y distribuirlo en un número determinado en circuitos individuales.

Este modelo de cuadro cuenta con embarrado aislado, seccionamiento y conexión para grupo electrógeno, además de estar preparado para la medida de los parámetros eléctricos,

tanto en la salida del transformador como en las salidas y fases del CBT, permitiendo la supervisión y control de BT. Esto, ayuda a tener una visión clara del estado de la red de BT que permita la gestión de activos:

- Detección y predicción de problemas de forma rápida.
- Control de flujo de la energía, curva de carga y tensión.
- Mejora de la eficiencia de la red de baja.

En la estructura se distinguen las siguientes zonas:

- Zona de acometida, medida y de equipos auxiliares:

La acometida está compuesta por 4 barras verticales que tendrán como misión la conexión eléctrica entre los cables procedentes del transformador. Estas alimentan el seccionador de cabecera de cuatro polos (3P-N) y una intensidad asignada de 1600 A. El cuadro capta la medida de las tres intensidades de las fases de cabecera además de la de fuga.

La distribución se realiza mediante 4 barras horizontales o repartidoras, que tienen como misión el paso de la energía procedente de acometida para ser distribuida entre las diferentes salidas.

La unidad de acometida presenta un punto donde medir intensidades de corriente, aguas debajo de la función de seccionamiento.

- Zona de salidas:

Está formada por un compartimento que aloja exclusivamente el embarrado y los elementos de protección de cada circuito de salida. Esta protección se encomienda a fusibles de la intensidad máxima más adelante citada, dispuestos en bases trifásicas pero maniobradas fase-fase, pudiéndose realizar las maniobras de apertura y cierre en carga.

El cuadro está preparado para incorporar los conjuntos de captación para la supervisión avanzada de cada una de las líneas de salida del cuadro de baja tensión.



Figura 13: Cuadro de baja tensión CT.

Características eléctricas:

- Tensión asignada en los embarrados: 440 V

- Intensidad asignada en los embarrados: 1600 A
- Nivel de aislamiento:
 Frecuencia industrial (1 min) a tierra: 10 kV
 y entre fases: 2,5 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases: 20 kV

Características constructivas:

- Anchura: 590 mm
- Altura: 1930 mm
- Fondo: 300 mm

Otras Características:

- Salidas de Baja Tensión: 4 salidas

Esquema

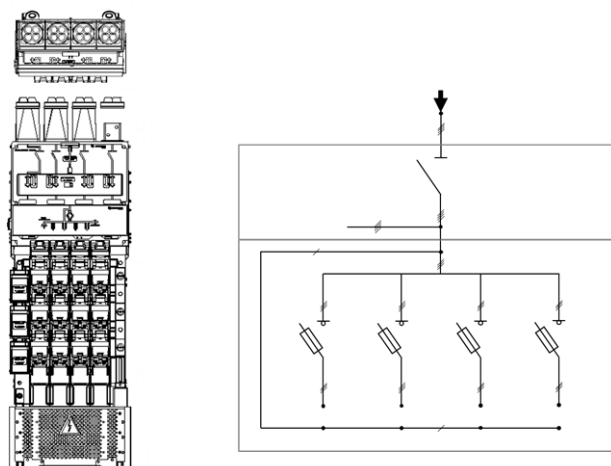


Figura 14: Cuadro de baja tensión.

2.6.6.4 Puesta a Tierra

Tierra de protección

Todas las partes metálicas no unidas a los circuitos principales de todos los aparatos y equipos instalados en el Centro de Transformación se unen a la tierra de protección: envolventes de las celdas y cuadros de BT, rejillas de protección, carcasa de los transformadores, etc., así como la armadura del edificio (si éste es prefabricado). No se unirán, por contra, las rejillas y puertas metálicas del centro, si son accesibles desde el exterior

Tierra de servicio

Con objeto de evitar tensiones peligrosas en BT, debido a faltas en la red de MT, el neutro del sistema de BT se conecta a una toma de tierra independiente del sistema de MT, de tal

forma que no exista influencia en la red general de tierra, para lo cual se emplea un cable de cobre aislado.

2.7 Definiciones y Abreviaturas

En el presente proyecto se utilizan las siguientes abreviaturas:

MT: Media tensión.

AT: Alta tensión.

BT: Baja tensión.

CT: Centro de transformación.

BOE: Boletín Oficial del Estado.

PAT: Puesta a tierra.

2.8 Resultados Finales y Organismos Afectados

Para este proyecto, se plantearon dos alternativas para su resolución, optándose por la más eficiente y segura:

2.8.1 Opción 1:

Conforme se ilustra en la figura siguiente, la estrategia propuesta implica dirigir la línea eléctrica por la parte trasera de la población. Entre los principales inconvenientes de esta alternativa, se destaca la proximidad visual y física de la línea aérea respecto a la población, lo cual podría comprometer su seguridad, la longitud de la línea aumentaría, ya que el tramo es más largo. No obstante, las ventajas radican en la minimización de costos al dirigir la línea aérea directamente hacia el Centro de Transformación (CT) mediante un tramo mínimo de cableado subterráneo.



Figura 15: Opción 1.

2.8.2 Opción 2

La segunda alternativa emerge como la más viable al llevar la línea aérea por delante de la población. Desde una perspectiva de impacto visual y seguridad, esta opción supera a la

primera. Sin embargo, en términos económicos, resulta más costosa debido a la necesidad de enterrar la línea para atravesar la población y alcanzar el CT



Figura 16: Opción 2.

La opción que se lleva a cabo en este proyecto es la **opción 2**, ya que es la más viable desde el punto de seguridad.

2.8.3 Organismos Afectados

Por el presente proyecto se afectan bienes o servicios que dependen de los Organismos, Corporaciones Oficiales, Empresas de Servicio Público y particulares que se relacionan a continuación.

Entidad afectada	Descripción de la afectación
Servicio provincial de Industria de Barcelona	Legalización de Proyecto
Ayuntamiento de L'estany	Proyecto de ejecución
Red eléctrica	Cruzamiento con línea aérea de mayor tensión
Particulares en la dirección: Cal costa L'estany (Barcelona)	Parcela 72: Colocación apoyo numero 2
	Parcela 66: Colocación apoyo numero 3
	Parcela 61: Colocación apoyo numero 4
Particulares en la dirección: Prat el. L'estany (Barcelona)	Parcela 115: Colocación apoyo numero 5
	Parcela 118: Colocación apoyo numero 6
	Parcela 22: Colocación apoyo numero 7
	Parcela 31: Colocación apoyo numero 8
	Parcela 36: Colocación apoyo numero 9
	Parcela 6: Colocación apoyo numero 10
	Parcela 3: Colocación apoyo numero 11

Tabla 12: Afectación.

2.9 Planificación

Descripción	Mes 1				Mes 2				Mes 3			
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
INCIO DE OBRAS												
Preparación terreno y accesibilidad												
Excavación y cimentación												
Instalación de la toma de tierra en apoyos												
Montaje de apoyos												
Tendido del conductor y cable de tierra												
Instalación de herrajes y cadenas de aislado												
Conexión de la puesta a tierra apoyos												
Conexión de la conversión aérea/subterránea												
Excavación zanjas en acera y calzada												
Colocación tubo corrugado												
Colocación arquetas (A1 y A2)												
Tendido del conductor												
Reposición de la Zanja												
Instalación puesta a tierra del CT												
Colocación de CT prefabricado												
Instalación celdas												
Colocación de transformador												
Conexión del transformador												

2.10 Orden de Prioridad de los Documentos

Aunque la memoria se ha redactado de forma que no puedan aparecer confusiones sobre el proyecto y sus diferentes partes, en este punto se ha especificado el orden correcto de prioridad en caso de confusión en la lectura de esta.

Se ha dado mayor importancia a los planos, ya que son la herramienta que da más información de una manera más eficaz y representativa, describiendo de manera sencilla la instalación. Después, se dará prioridad a los pliegos de condiciones, porque es en esta parte donde mostramos el detalle de todos los elementos del proyecto. Por último, la memoria deberá ser el elemento en la última posición porque una lectura incorrecta a veces puede llevar confusiones y considerarse “abierta” a interpretaciones.

Por tanto, el orden de prioridad entre los documentos que se ha establecido es el siguiente:

- Planos
- Pliegos de condiciones
- Presupuesto
- Memoria

3 Anexos

3.1 Cálculos Eléctrico

3.1.1 Línea Aérea

Las características generales de la red son:

Tensión (V): 25000

C.d.t. máx (%): 5

$\cos\varphi = 0,8$

Coef. Simultaneidad: 1

Resistencia Eléctrica de la Línea:

La resistencia de la línea será:

$$R_L = [L(\text{Km}) \cdot R\left(\frac{\Omega}{\text{Km}}\right)]/n^\circ \quad (1)$$

Donde:

- $R (\Omega/\text{Km})$ = Resistencia eléctrica del conductor a 20°C de temperatura.
- $R_L (\Omega)$ = Resistencia total de la línea.
- n° = Número de conductores por fase.
- $L (\text{Km})$ = Longitud de la línea.

Por lo tanto:

$$R_L = [1,240 \cdot 0,61136]/1 = \mathbf{0,7580 (\Omega)}$$

Reactancia del Conductor:

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

$$X = 2\pi \cdot f \cdot \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{D}{r}\right) \cdot 1000 \quad (2)$$

- $X (\Omega \cdot \text{Km})$ = Reactancia aparente.
- $f (\text{Hz})$ = Frecuencia de la red en hercios=50.
- $r (\text{mm})$ = Radio equivalente del conductor.
- $D (\text{mm})$ = Separación media geométrica entre conductores.
- μ = Permeabilidad magnética del espacio libre o en vacío

La separación media geométrica (D) y el radio equivalente lo calculamos como:

$$D = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{23} \cdot d_{13}} \quad (3)$$

$$r = R \cdot e^{\frac{-1}{4}} \quad (4)$$

Por lo tanto:

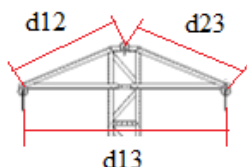


Figura 17: Definición de Separación media geométrica entre conductores

Como hemos definido en la figura 9 las diferentes distancias, habrá que aplicar trigonometría para poder saber las distancias, por último, aplicamos la fórmula 3 para saber la separación geométrica.

$$D = \sqrt[3]{1,38 \cdot 1,38 \cdot 2,5} = 1,682 \text{ (m)}$$

Seguidamente, para el cálculo del radio equivalente se calcula con la fórmula 4. La “R” es el radio del conductor que es 4,16mm.

$$r = R \cdot e^{-\frac{1}{4}} = 4,16 \cdot e^{-\frac{1}{4}} = 0,00324 \text{ (m)}$$

Por lo tanto

$$X = 2\pi \cdot 50 \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \cdot \ln\left(\frac{1,682}{0,00324}\right) \cdot 1000 = 0,392 \left(\frac{\Omega}{\text{Km}}\right)$$

Densidad Máxima Admisible:

La densidad máxima admisible de un conductor, en régimen permanente, para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz, se deduce de la tabla 11 del apartado 4.2 del de la ITC07 del R.L.A.T.

Para un conductor de Acero-Aluminio, LA-56 (47-AL1/8-ST1A), de 54,6 mm² de sección la densidad de corriente máxima admisible es la siguiente:

$$D \text{ máx.admi} = 3,651 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Potencia Máxima para Transportar:

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es de:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi \cdot I_{\text{máx}} \quad (5)$$

Siendo:

- P (kW) = Potencia.
- V (kV) = Tensión.
- $\cos \phi$ = Factor de potencia.

Entonces:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot 25000 \cdot 0,8 \cdot 199,35 = 6905 \text{ (kW)}$$

Caída de Tensión:

La caída tensión viene dada por la fórmula:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi) \quad (6)$$

Siendo:

- e (V) = Caída de tensión.
- L (Km) = Longitud de la línea.

Por lo tanto, tenemos una caída de tensión:

$$e = \sqrt{3} \cdot 199,35 \cdot 1,24 \cdot [0,61136 \cdot 0,8 + 0,392 \cdot 0,6] = \mathbf{310,10 \text{ (V)}}$$

En tanto por ciento, la caída de tensión en la línea será de **1,24 %**, que es menor que el 5% recomendable.

Pérdida de Potencia:

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

$$P_p = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot L \quad (7)$$

Por lo tanto, la potencia perdida es de:

$$P_p = 3 \cdot 0,7580 \cdot 199,35^2 = \mathbf{90,36 \text{ (kW)}}$$

Lo que supone un **1,30 %** de la máxima potencia transportada.

Rendimiento de la Línea Aérea:

Viene dado por la expresión:

$$\begin{aligned} \mu &= (\text{Pot. total} - \text{Pot. Perdida}) \cdot 100 / \text{Pot. total} \\ \mu &= (6905 - 112,05) \cdot 100 / 6905 = \mathbf{98,69 \text{ (\%)}} \end{aligned} \quad (8)$$

Capacidad Media de la Línea:

Viene dado por la expresión:

$$\beta = \frac{2\pi \cdot \epsilon_o}{\log\left(\frac{D}{r}\right)} \quad (9)$$

- r (m) = Radio equivalente del conductor.
- D (m) = Separación media geométrica entre conductores.
- ϵ_o (F/m) = La permitividad del vacío es $8,85 \cdot 10^{-12}$

$$\beta = \frac{2\pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{\log\left(\frac{1,682}{0,00324}\right)} = \mathbf{0,00889 \left(\frac{\mu F}{Km}\right)}$$

3.1.2 Línea Subterránea

Resistencia Eléctrica de la Línea:

La resistencia de la línea será:

La resistencia kilométrica de la línea viene dada a 20°C y a 50Hz por el fabricante con un valor de 0,125:

$$R_L = [L(\text{Km}) \cdot R\left(\frac{\Omega}{\text{Km}}\right)]/n^\circ \quad (10)$$

Por lo tanto:

$$R_L = [0,2 \cdot 0,125]/1 = \mathbf{0,025 (\Omega)}$$

Reactancia del Conductor:

La reactancia kilométrica de la línea viene dada a 20°C y a 50Hz por el fabricante con un valor de 0,109:

$$X_L = [L(\text{Km}) \cdot X\left(\frac{\Omega}{\text{Km}}\right)]/n^\circ \quad (11)$$

Por lo tanto:

$$X_L = [0,2 \cdot 0,109]/1 = \mathbf{0,0218 (\Omega)}$$

Densidad Máxima Admisible:

La densidad máxima admisible viene dada por el fabricante.

$$D \text{ máx.admi.} = \mathbf{1,33 \text{ A/mm}^2}.$$

Potencia Máxima para Transportar:

La máxima potencia que se puede transportar por esta línea, atendiendo al tipo de conductor usado es de:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi \cdot I_{\max} \quad (12)$$

Siendo:

- La I_{\max} es de 345 A, dato del fabricante.

Entonces:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot 25000 \cdot 0,8 \cdot 320 = \mathbf{11085 \text{ (kW)}}$$

Caída de Tensión:

La caída tensión viene dada por la fórmula:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \phi + X \cdot \text{sen} \phi) \quad (13)$$

Por lo tanto, tenemos una caída de tensión:

$$e = \sqrt{3} \cdot 320 \cdot 0,2 \cdot [0,125 \cdot 0,8 + 0,109 \cdot 0,6] = \mathbf{18,33 \text{ (V)}}$$

En tanto por ciento, la caída de tensión en la línea será de **0,073 %**, que es menor que el 5% recomendable.

Pérdida de Potencia:

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

Por lo tanto, la potencia perdida es de:

$$P_p = 3 \cdot 0,025 \cdot 320^2 = 7,68 \text{ (kW)}$$

Lo que supone un **0,069 %** de la máxima potencia transportada.

3.1.3 Calculo Eléctrico Total de las Líneas

Pero hay que tener en cuenta que nosotros vamos a alimentar un CT de una potencia de 1000 MV, por lo tanto, la intensidad que necesitaremos que pase por la línea será:

$$I = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 25000} = 23,09 \text{ (A)} \quad (14)$$

Por lo tanto, la caída de tensión de toda la línea tanto aérea como subterránea:

$$e = \sqrt{3} \cdot 23,09 \cdot [0,2 \cdot (0,125 \cdot 0,8 + 0,109 \cdot 0,6) + 1,24 \cdot (0,611 \cdot 0,8 + 0,392 \cdot 0,6)] = 37,23 \text{ (V)}$$

Entonces, la caída de tensión en la línea es de **0,17 %**

Nudo	C.d.t. (V)	Tensión Nudo (V)	C.d.t. (%)	Carga Nudo
1	0	25.000	0	23,094 A(1.000 kVA)
2	3,777	24.996,223	0,015	0 A(0 kVA)
3	7,555	24.992,445	0,03	0 A(0 kVA)
4	11,332	24.988,668	0,045	0 A(0 kVA)
5	14,116	24.985,885	0,056	0 A(0 kVA)
6	16,984	24.983,016	0,068	0 A(0 kVA)
7	20,62	24.979,381	0,082	0 A(0 kVA)
8	24,255	24.975,744	0,097	0 A(0 kVA)
9	27,805	24.972,195	0,111	0 A(0 kVA)
10	31,526	24.968,475	0,126	0 A(0 kVA)
11	35,36	24.964,641	0,141	0 A(0 kVA)
12	41,862	24.958,139	0,167	0 A(0 kVA)
13	42,607	24.957,393	0,17	0 A(0 kVA)
14	42,622	24.957,379	0,17*	-23,094 A(-1.000 KVA)

Tabla 13: Caída de tensión en cada nudo.

En la tabla 13 se expone el cálculo de la caída de tensión en cada nudo hasta el final de la línea.

Línea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Pérdida Potencia Activa Rama. $3RI^2$ (kW)	Pérdida Potencia Activa Total Itinerario. $3RI^2$ (kW)
1	1	2	0,136	
2	2	3	0,136	
3	3	4	0,136	
4	4	5	0,1	
5	5	6	0,103	
6	6	7	0,131	
7	7	8	0,131	
8	8	9	0,128	
9	9	10	0,134	
10	10	11	0,138	
11	11	12	0,019	
12	12	13	0,019	
13	13	14	0	1,314

Tabla 14: Pérdidas de potencia en cada nudo.

En la tabla 14 se da valor a las pérdidas que hay en cada nudo, también se podrían hacer un cálculo rápido para saber las pérdidas totales que hay en la línea de la siguiente forma:

$$P_{\text{perdida}} = 3 \cdot I^2 \cdot (R_{\text{Área}} + R_{\text{Sub}}) \quad (15)$$

$$P_{\text{perdida}} = 3 \cdot 23,094^2 \cdot (1,24 \cdot 0,611 + 0,2 \cdot 0,125) = 1,252 \text{ kW}$$

El rendimiento de la línea se puede calcular de la siguiente manera:

$$\mu = \frac{S_{\text{Final de la línea}}}{S_{\text{Principio de la línea}}} = \frac{3 \cdot V_{\text{final}} \cdot I^*}{3 \cdot V_{\text{Principio}} \cdot I^*} \quad (16)$$

$$\mu = \frac{3 \cdot \frac{24957,379}{\sqrt{3}} \cdot 23,09 < 0,64}{3 \cdot \frac{25000}{\sqrt{3}} \cdot 23,09 < 0,64} \cdot 100 = 99,82 \text{ (\%)} \quad (17)$$

Como se puede ver en la tabla 14 y el valor que se ha determinado en la fórmula 15 es que lo que indica el programa Demelect aproximadamente.

A continuación, se detallará las características de cada nudo:

Linea	Nudo Orig.	Nudo Dest.	Long. (m)	Metal/ Xu (mW/m)	Canal.	Designación	Polar.	I. Cálculo (A)	Sección (mm ²)	D.tubo (mm)	I. Admisi. (A)/Fci
1	1	2	133	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
2	2	3	133	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
3	3	4	133	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
4	4	5	98	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
5	5	6	101	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
6	6	7	128	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
7	7	8	128	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
8	8	9	125	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
9	9	10	131	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
10	10	11	135	Al-Ac/0,33	Desnudos	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	Unip.	23,09	3x54,6		199/1
11	11	12	100	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,09	3x240	200	320/1
12	12	13	100	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,09	3x240	200	320/1
13	13	14	2	Al/0,15	En.B.Tu.	RHZ1 18/30 H25	Unip.	23,1	3x240	200	320/1

Tabla 15: Características de cada nudo.

3.2 Cálculos Mecánicos

DATOS GENERALES DE LA INSTALACION

- Tensión de la línea: 25 kV.
- Tensión más elevada de la línea: 30 kV.
- Velocidad del viento: 160 km/h.
- Zonas: B.

CONDUCTOR.

- Denominación: LA-56 (47-AL1/8-ST1A).
- Sección: 54.6 mm².
- Diámetro: 9.45 mm.
- Módulo de elasticidad: 7900 daN/mm².
- Carga de Rotura: 1640 daN.
- Coeficiente de dilatación lineal: $19.1 \cdot 10^{-6}$.
- Peso propio: 0.185 daN/m.
- Peso propio más sobrecarga de viento: 1,025 daN/m.
- Peso propio más sobrecarga con la mitad del viento: 0,339 daN/m.
- Peso propio más sobrecarga de hielo (Zona B): 0,738 daN/m.

DISTANCIAS DE SEGURIDAD.

Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC07 del R.L.A.T., En todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (con un mínimo de 6 m.)} \quad (18)$$

A nuestro nivel de tensión de 25 kV le corresponde una D_{el} de 0,27 m.

Por tanto, obtenemos una distancia mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,57 \text{ metros.} \quad (19)$$

$D_{add} + D_{el}$: Distancia del conductor inferior al terreno, en metros.

Siendo:

D_{add} = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor D_{el} con el terreno.

D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido.

Distancia de los conductores entre sí

La distancia mínima de los conductores entre sí viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T., esto es:

$$D = K \cdot \sqrt{F+L} + K' \cdot D_{pp} \quad (20)$$

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC07 del R.L.A.T.

- F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC07 del R.L.A.T. (m).
- L: Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L=0$.
- 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 en el apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea.

Apoyo 1	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,44 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,62 \text{ m}$
Apoyo 2	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,51 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,63 \text{ m}$
Apoyo 3	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,51 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,63 \text{ m}$
Apoyo 4	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,51 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,63 \text{ m}$
Apoyo 5	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(2,68 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,31 \text{ m}$
Apoyo 6	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,18 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,58 \text{ m}$
Apoyo 7	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,18 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,58 \text{ m}$
Apoyo 8	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,14 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,57 \text{ m}$
Apoyo 9	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,3 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,6 \text{ m}$
Apoyo 10	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,3 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,6 \text{ m}$
Apoyo 11	$D = 0,65 \cdot \sqrt{(4,05 + 0)} + 0,75 \cdot 0,33 = 1,56 \text{ m}$

Tabla 16: Distancia de los conductores

Distancia de los conductores al apoyo

Según el artículo 5.4.2 de la ITC07 del R.L.A.T. la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos, no será inferior a D_{ei} .

- Del: Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo. Los valores de este parámetro están en la tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC07 del R.L.A.T.

En nuestro caso:

$$D_{ei} = 0,27 \text{ metros.}$$

Si esta distancia es menor que la mínima que establece el reglamento, 0,2 metros, se cogerá esta distancia mínima.

CRUZAMIENTOS.

Línea Eléctrica AT

- Tipo de conductor: Desnudos
- Anchura: 5 m.
- Altura: 18 m.
- Tensión de la línea: 220000 V.

- Distancia vertical:
Mínima: 6 m.
Calculada: 8,22 m.
- Distancia horizontal al apoyo 9:
Mínima: 2 m.
Calculada: 36,61 m.
- Distancia horizontal al apoyo 10:
Mínima: 2 m.
Calculada: 93,49 m.

TENSION MAXIMA EN UN VANO (Apdo. 3.2.1).

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$\begin{aligned} TA &= P_0 \cdot YA = P_0 \cdot c \cdot \cosh (XA/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(Xm - a/2) / c] \\ TB &= P_0 \cdot YB = P_0 \cdot c \cdot \cosh (XB/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(Xm + a/2) / c] \end{aligned} \quad (21)$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.18 \text{ Zona B}$$

$$K=0.36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[P_p + P_h]^2 + P_{vh}^2} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_0h / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

- v = Velocidad del viento (Km/h).
- TA = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).
- TB = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

- P_o = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).
- P_p = Peso propio del conductor (daN/m).
- P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).
- P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).
- P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).
- d = diámetro del conductor (mm).
- D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).
- $Y = c \cdot \cosh(x/c)$ = Ecuación de la catenaria.
- c = constante de la catenaria.
- Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).
- Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).
- X_A = Abcisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).
- X_B = Abcisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).
- X_m = Abcisa correspondiente al punto medio del vano (m).
- a = Proyección horizontal del vano (m).
- h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).
- T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} \quad (22)$$

TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$\begin{aligned}
 [d \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0/(S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] &= L - L_0 & (23) \\
 L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0] \\
 c_0 = T_{0h}/P_0; X_{m0} = c_0 \cdot \ln [z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}] \\
 z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a/2c_0) \\
 L = c \cdot \sinh[(X_m + a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m - a/2) / c] \\
 c = T_h/P; X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}] \\
 z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)
 \end{aligned}$$

Siendo:

- d = Coeficiente de dilatación lineal.

- L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).
- L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).
- t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).
- t = Temperatura en las condiciones finales (°C).
- S = Sección del conductor (mm²).
- E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).
- T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).
- T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).
- a = ar (vano de regulación, m).
- h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).
- $h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm} \quad (24)$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln [h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$$

Siendo:

- Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).
- X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).
- Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).
- X_{fm} = Abcisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).
- h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).
- a = proyección horizontal del vano (m).

LIMITE DINAMICO "EDS".

$$EDS = (T_h / Q_r) \cdot 100 < 15$$

Siendo:

EDS = Every Day Estress, esfuerzo al cual están sometidos los conductores de una línea la mayor parte del tiempo, correspondiente a la temperatura media o a sus proximidades, en ausencia de sobrecarga.

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN). Zonas A, B y C, $t^a = 15$ °C. Sobrecarga: ninguna.

Q_r = Carga de rotura del conductor (daN).

Vano	Conductor	Long. (m)	-15°C		10°C		25°C		35°C		50°C		EDS
			F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	F(m)	T(daN)	
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	132,19	3,18	127,1	3,61	112	3,85	105,1	4	101,1	4,22	95,8	6,38
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	133,33	3,25	126,5	3,68	111,8	3,92	105	4,07	101,1	4,29	95,9	6,59
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	133,33	3,26	126,4	3,68	111,7	3,92	105	4,07	101	4,29	95,8	6,41
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	97,97	1,3	171,1	1,74	127,3	1,99	111,8	2,14	103,9	2,35	94,5	7,55
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	101,16	1,44	164,2	1,89	125,3	2,13	111,1	2,28	103,7	2,5	94,8	6,77
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	128	2,98	129,6	3,36	113	3,6	105,5	3,75	101,2	3,97	95,6	6,03
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	127,33	2,88	130,5	3,32	113,5	3,56	105,8	3,7	101,5	3,92	95,6	6,97
8-9	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	126,57	2,84	131,1	3,27	113,7	3,51	105,9	3,65	101,5	3,87	95,6	7,02
9-10	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	130,1	3,05	128,5	3,48	112,7	3,72	105,4	3,87	101,3	4,09	95,8	6,8
10-11	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	126,04	2,8	131,4	3,23	113,8	3,47	106	3,62	101,5	3,84	95,7	6,87

Tabla 17: Tensiones y flechas.

Tensión máxima (Apdo. 3.2.1)

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

Zona B.

- Tracción máxima viento.
t = -10 °C. Sobrecarga: viento (Pv).
- Tracción máxima hielo.
t = -15 °C. Sobrecarga: hielo (Ph).
- Tracción máxima hielo + viento. (Cuando sea requerida por la empresa eléctrica).
t = -15 °C. Sobrecarga: viento (Pvh).
Sobrecarga: hielo (Ph).

Vano	Conductor	Longitud (m)	Desnive (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima							
					- 5°C+ V Toh(daN)	- 10°C+ V Toh(daN)	- 15°C+H Toh(daN)	- 15°C+ H+V Toh(daN)	- 15°C+ V Toh(daN)	- 20°C+ H Toh(daN)	- 20°C+H +V Toh(daN)	
1-2	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	132,19	0,8	132,19		542,1	422					
2-3	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	133,33	0	133,33		542,3	421,7					
3-4	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	133,33	-0,6	133,33		542,2	421,6					
4-5	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	97,97	-2,8	97,97		542,7	444,6					
5-6	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	101,16	-1,5	101,16		543,3	442,4					
6-7	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	128	1,9	128		541,8	423,7					
7-8	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	127,33	-1,9	127,33		541,7	424,9					
8-9	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	126,57	1,9	126,57		541,8	425,3					
9-10	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	130,1	0	130,1		542,5	423,4					
10-11	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	126,04	-0,6	126,04		542,5	425,4					

Tabla 18: Tensiones y vano de regulación.

Flecha máxima (Apdo. 3.2.3).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Hipótesis de viento.

- $t = +15\text{ °C}$.
- Sobrecarga: Viento (Pv).

b) Hipótesis de temperatura.

- $t = + 50\text{ °C}$.
- Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

- $t = 0\text{ °C}$.
- Sobrecarga: hielo (Ph).

Zonas B y C: Se consideran las hipótesis a), b) y c).

Flecha mínima.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

a) Zona A.

- $t = -5\text{ °C}$.
- Sobrecarga: ninguna.

b) Zona B.

- $t = -15\text{ °C}$.
- Sobrecarga: ninguna.

c) Zona C.

- $t = -20\text{ °C}$.
- Sobrecarga: ninguna.

Vano	Conductor	Longitud (m)	Desnive (m)	Vano Regulada (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-5°C	-15°C	-20°C
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	F(m)	F(m)	F(m)
1-2	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	132,19	0,55	132,19	505,3	4,44	95,8	4,22	401,1	4,03		3,18	
2-3	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	133,33	0	133,33	505,9	4,51	95,9	4,29	401,1	4,1		3,25	
3-4	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	133,33	-0,35	133,33	505,8	4,51	95,9	4,29	401,1	4,1		3,25	
4-5	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	97,97	-2,83	97,97	486,6	2,53	94,5	2,35	408,5	2,17		1,3	
5-6	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	101,16	-1,52	101,16	489,4	2,68	94,8	2,5	408,2	2,32		1,44	
6-7	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	128	1,7	128	503,2	4,18	95,6	3,97	401,5	3,77		2,92	
7-8	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	127,33	0	127,33	503,7	4,13	95,8	3,92	402,3	3,72		2,87	
8-9	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	126,57	0	126,57	503,4	4,08	95,8	3,87	402,5	3,68		2,83	
9-10	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	130,1	0	130,1	504,7	4,3	95,8	4,09	401,8	3,89		3,05	
10-11	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	126,04	-0,35	126,04	503	4,05	95,7	3,84	402,5	3,65		2,8	

Tabla 19: Flecha máxima y mínima.

Desviación cadena aisladores.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

- $t = -5\text{ °C}$ en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.
- Sobrecarga: mitad de Viento ($P_v/2$).

Hipótesis de Viento. Cálculo de apoyos.

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

- $t = -5\text{ °C}$ en zona A, -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.
- Sobrecarga: Viento (P_v).

Vano	Conductor	Longitud (m)	Desnive (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos					Desviación Cadenas Aisladores		
					$5\text{ °C} + V$ Th(da N)	$10\text{ °C} + V$ Th(da N)	$15\text{ °C} + H$ Th(da N)	$15\text{ °C} + V$ Th(da N)	$20\text{ °C} + H$ Th(da N)	$5\text{ °C} + V/2$ Th(da N)	$10\text{ °C} + V/2$ Th(da N)	$15\text{ °C} + V/2$ Th(da N)
1-2	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	132,19	0,55	132,19		542,1	422				213	
2-3	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	133,33	0	133,33		542,3	421,7				212,5	
3-4	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	133,33	0,35	133,33		542,2	421,6				212,4	
4-5	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	97,97	2,83	97,97		542,7	444,6				248,4	
5-6	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	101,16	1,52	101,16		543,3	442,4				243,8	
6-7	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	128	1,7	128		541,8	423,7				215,5	
7-8	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	127,33	0	127,33		542,7	424,9				216,5	
8-9	LA-56 (47-AL1/8-ST1A)	126,57	0	126,57		542,8	425,3				217	

	AL1/8-ST1A)											
9-10	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	130,0	130,1		542,5	423,4					214,5	
10-11	LA-56 (47- AL1/8- ST1A)	126,04	126,04		542,6	425,4					217,3	

Tabla 20: Desviación Cadenas Aisladores.

HIPOTESIS CALCULO DE APOYOS

Se calcularán los apoyos estudiando las cargas a las que están sometidos bajo cuatro hipótesis diferentes: Hipótesis de Viento, Hipótesis de Hielo, Hipótesis de Desequilibrio tracciones e Hipótesis de Rotura de conductores. El análisis de tales hipótesis estará condicionado por la función del apoyo y por la zona en la que se encuentra (Zona A, B o C), en nuestro caso el B.

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1 ^a (Viento)	HIPOTESIS 2 ^a (Hielo)	HIPOTESIS 3 ^a (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4 ^a (Rotura cond.)
Alineación Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) $L = D_{th}$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) $L_t = R_{th}$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1)	Cargas perm. (apdo. 3.1.1)

		Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$	Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c + R_{av}T$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahd}T$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{av}L$	Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahd}L$	Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.2) Res. Angulo (apdo. 3.1.6) $L = R_{ahr}L ;$ $L_t = R_{oth}$
Fin de línea	V	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Viento. (apdo. 3.1.2) $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot n_c$	Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot n_c$		Cargas perm. (apdo. 3.1.1) Hielo (apdo. 3.1.3) $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot n_c$
	T	Viento. (apdo. 3.1.2) $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{tv}$	Des. Tracc. (apdo. 3.1.4.4) $L = D_{th}$		Rot. Cond. (apdo. 3.1.5.4) $L_t = R_{oth}$

Tabla 21: Hipótesis.

Cargas permanentes (Apdo. 3.1.1)

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En todas las hipótesis en zona A y en la hipótesis de viento en zonas B y C, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$\begin{aligned} P_{cv} &= L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)} \\ P_{cvr} &= L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot nr \text{ (daN)} \end{aligned} \quad (25)$$

Siendo:

- L_v = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) o -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (m).
- P_{pv} = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).
- P_{cvr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).
- α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.
- n = número total de conductores.
- nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis en zonas B y C, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$\begin{aligned} P_{ch} &= L_h \cdot P_{ph} \cdot n \text{ (daN)} \\ P_{chr} &= L_h \cdot P_{ph} \cdot nr \text{ (daN)} \end{aligned} \quad (26)$$

Siendo:

- L_h = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C (zona B) o -20 °C (zona C) con sobrecarga de hielo (m).
- P_{ph} = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).
- P_{chr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).
- n = número total de conductores.
- nr = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

Esfuerzos del viento (Apdo. 3.1.2).

El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$F_{vc} = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (daN)} \quad (27)$$

Apoysos fin de línea

$$F_{vc} = a/2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (daN)} \quad (28)$$

Apoysos de ángulo y estrellamiento

$$F_{vc} = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (daN)} \quad (29)$$

Siendo:

- a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).
- a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).
- a = Proyección horizontal del conductor (m).
- a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).
- d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor(m).
- n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.
- v = Velocidad del viento (Km/h).
- $K = 60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d \leq 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$
- $K = 50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d > 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$

En la hipótesis 1ª para las zonas A, B y C habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

Desequilibrio de tracciones (Apdo. 3.1.4)

En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea) en zonas A, B y C y en la hipótesis 3ª en zona A (apoyos alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoysos de alineación con cadenas de amarre.

$$\begin{aligned} D_{tv} &= 15/100 \cdot Th \cdot n \text{ (daN)} \\ D_{tv} &= \text{Abs} ((Th_1 \cdot n_1) - (Th_2 \cdot n_2)) \text{ (daN)} \end{aligned} \quad (30)$$

Apoysos de ángulo con cadenas de amarre.

$$D_{tv} = 15/100 \cdot Th \cdot n \text{ (daN)} \quad (31)$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoysos fin de línea

$$D_{tv} = 100/100 \cdot Th \cdot n \text{ (daN)} \quad (32)$$

Siendo:

- n, n1, n2 = número total de conductores.
- Th, Th1, Th2 = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -5 °C (zona A), -10 °C (zona B) y -15 °C (zona C) con sobrecarga de viento (daN).

En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) en zonas B y C, el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoysos de alineación con cadenas de amarre.

$$\begin{aligned} D_{th} &= 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)} \\ D_{th} &= \text{Abs} ((T_{0h1} \cdot n1) - (T_{0h2} \cdot n2)) \text{ (daN)} \end{aligned} \quad (33)$$

Apoysos de ángulo con cadenas de amarre.

$$D_{th} = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)} \quad (34)$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoysos fin de línea

$$D_{th} = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)} \quad (35)$$

Siendo:

- n, n1, n2 = número total de conductores.
- T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 °C (Zona B) y -20 °C (Zona C) con sobrecarga de hielo (daN).

Rotura de conductores (Apdo. 3.1.5)

El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth" en zonas B y C, aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Fin de línea

$$R_{oth} = T_{0h} \cdot n_{cf} \text{ (daN)} \quad (36)$$

Siendo:

- n_{cf} = número de conductores por fase.
- T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -15 °C (Zona B) con sobrecarga de hielo (daN).

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V				Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H					
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
		gr.sexsa.										
1	Fin Línea		41	266,8	1.515,5			146,8		1.179,9		
2	Alin. Am		85,9	536,9				310,8				
3	Alin. Am		85,8	538,5				310,1				
4	Ang. Am.	77,6°; apo.5	82,9	1.130	1,4			302,7	519,2	62,8		
5	Alin. Am		62,1	437,6				213,1				
6	Alin. Am		66,2	479,8				228,1				
7	Alin. Am		85,7	522,4				311,1				
8	Alin. Am		81,4	520,3				292,6				
9	Alin. Am		82,2	524,3				295,6				
10	Alin. Am		82,9	523,5				298,6				
11	Fin Línea		39,6	258,3	1.518,7			141,7		1.190,7		
Apoyo	Tipo	Angulo Relativo	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt	Dist.Min.
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)	(m)	(m)
		gr.sexsa.										
1	Fin Línea						99,7			351,7	1,5	1,62
2	Alin. Am		310,8		177,6							1,63
3	Alin. Am		310,1		177,4							1,63
4	Ang. Am.	77,6°; apo.5	302,7	493	182,3							1,63
5	Alin. Am		213,1		185							1,31
6	Alin. Am		228,1		184,1							1,58
7	Alin. Am		311,1		178,7							1,58

8	Alin. Am		292,6		178,9							1,57
9	Alin. Am		295,6		178,9							1,6
10	Alin. Am		298,6		179							1,6
11	Fin Línea						96,3			354,5	1,5	1,56

Tabla 22: Hipótesis 1, 2, 3, 4.

APOYO ADOPTADO

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

$$F = T$$

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

$$F = L$$

Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente. En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

$$F = T + L$$

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt). A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_n \geq F$$

Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_{nt} \geq F$$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_{nt} \geq V$$

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$$E_T \geq L_t$$

Siendo:

- V = Cargas verticales.
- F = Esfuerzo horizontal equivalente.
- Lt = Esfuerzo de torsión.
- En = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.
- Ent = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.
- Vn = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.
- Vnt = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.
- ET = Esfuerzo de torsión del apoyo.

Apo yo	Tip o	Constituc ión	Coefi c. Segu r.	Angu lo gr.sex a.	Altu ra Tota l (m)	Esf. Nomin al (daN)	Esf. Secun d. (daN)	Esf.pu nta c.Tors . (daN)	Esf.V er. s.Tors . (daN)	Esf.V er. c.Tors . (daN)	Esfue r. Torsi ón (daN)	Dist. Torsi ón (m)	Pes o (da N)
1	Fin Lín ea	Celosia recto	R		14	3.000			800	800	1.400	1,5	840
2	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
3	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
4	Ang .Am.	Celosia recto	R	155,3 o	14	2.000			600	600	1.400	1,5	682
5	Alin .Am	Celosia recto	N		12	500			600	600	600	1,5	358
6	Alin .Am	Celosia recto	N		12	500			600	600	600	1,5	358
7	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
8	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
9	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
10	Alin .Am	Celosia recto	N		14	1.000			600	600	700	1,5	447
11	Fin Lín ea	Celosia recto	N		14	2.000			600	600	1.400	1,5	682

Tabla 23: Apoyos adoptados.

CIMENTACIONES MONOBLOQUE

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

El momento de vuelco será:

$$M_v = F \cdot \left(h + \frac{2}{3} \cdot t\right) + F_v \cdot \left(h_t/2 + 2/3 \cdot t\right) \quad (37)$$

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

Por otra parte, el momento resistente al vuelco es:

$$M_r = M_1 + M_2 \quad (38)$$

$$\text{Donde: } M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4; \quad M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0,4 \cdot p \cdot a ;$$

Siendo:

- M1 = Momento debido al empotramiento lateral del terreno.
- M2 = Momento debido a las cargas verticales.
- K = Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad (Kg/cm² x cm)
- a = Anchura de la cimentación en metros.
- p = Peso de la torre y herrajes en Kg.

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el apartado 3.6.1 de la ITC07 del R.L.A.T., debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

Las dimensiones de las cimentaciones a realizar en cada uno de los apoyos.

Apoyo	Tipo	Esf.Util	Alt.Libre	Mom.Producido	Esf.Vie.	Alt.Vie.	Mom.Producido	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)
		Punta (daN)	Apoyo (m)	por el conduc. (daN.m)	Apoyos (daN)	Apoyos (m)	Viento Apoyos (daN.m)	
1	Fin Línea	3.000	11,75	35.250	670,4	5,41	3.625,9	38.875,9
2	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
3	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
4	Ang, Am.	2.000	11,95	23.900	636	5,49	3.494,7	27.394,7
5	A.lin, Am	500	10,6	5.300	491,9	4,94	2.428	7.728
6	A.lin, Am	500	10,6	5.300	491,9	4,94	2.428	7.728
7	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
8	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
9	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
10	A.lin, Am	1.000	12,3	12.300	591,3	5,64	3.337,8	15.637,8
11	Fin Línea	2.000	11,95	23.900	636	5,49	3.494,7	27.394,7

Tabla 24: Cimentación.

CADENA DE AISLADORES.

Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = Nia \cdot Ume / Llf \quad (39)$$

Siendo:

- NAis = número de aisladores de la cadena.
- Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).
- Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).
- Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$Csmv = Qa / (Pv+Pca) > 3 \quad (40)$$

Siendo:

- Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.
- Qa = Carga de rotura del aislador (daN).
- Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).
- Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3 \quad (41)$$

Siendo:

- Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.
- Qa = Carga de rotura del aislador (daN).
- Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).
- ncf = número de conductores por fase.

Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \quad (m) \quad (42)$$

Siendo:

- Lca = Longitud de la cadena (m).
- NAis = número de aisladores de la cadena.
- LAis = Longitud de un aislador (m).

Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \quad (daN) \quad (43)$$

Siendo:

- Pca = Peso de la cadena (daN).
- NAis = número de aisladores de la cadena.
- PAis = Peso de un aislador (daN).

1.7.5. Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \quad (daN) \quad (44)$$

Siendo:

- Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).
- $k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.
- v = Velocidad del viento (Km/h).
- DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).
- Lca = Longitud de la cadena (m).

Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
1	Fin Línea	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
2	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
3	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
4	Ang. Am.	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
5	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
6	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
7	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
8	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
9	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
10	Alin. Am	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8
11	Fin Línea	CS 70 AB- 170/1150	7.000	200	1.005	1,15	1,8

Tabla 25: Aislador.

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	L.Alarg. (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csm h
1	Fin Línea	3 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	48,95	143,0 2	546,1 7	12,8 2
2	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	52,47	133,4	422,0 5	16,5 9
3	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	52,25	133,9 8	421,7 3	16,6
4	Ang. Am.	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	50,88	137,5 9	559,9 6	12,5
5	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	45,87	152,5 9	444,6	15,7 4
6	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	43,51	160,9	442,4	15,8 2
7	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	54,81	127,7 2	424,8 5	16,4 8
8	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	48,9	143,1 5	425,3 1	16,4 6
9	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	49,93	140,2	425,3 1	16,4 6
10	Alin. Am	6 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	49,93	140,2	425,3 8	16,4 6
11	Fin Línea	3 C.Am.	CS. 70. AB.- 17.0/1.15 0	1	1,7	1,3 3		1,8	28,6 2	47,24	148,1 9	546,2 8	12,8 1

Tabla 26: Cadena de aisladores.

4 Planos

4.1 Situación

4.2 Emplazamiento

4.3 Trazado de la Línea

4.4 Esquema Unifilar

4.5 Perfil trazado

4.6 Derivación y Conversión

4.7 Seccionador y Apoyo Convencional

4.8 Aislador y Cadenas

4.9 Puesta a Tierra Apoyo

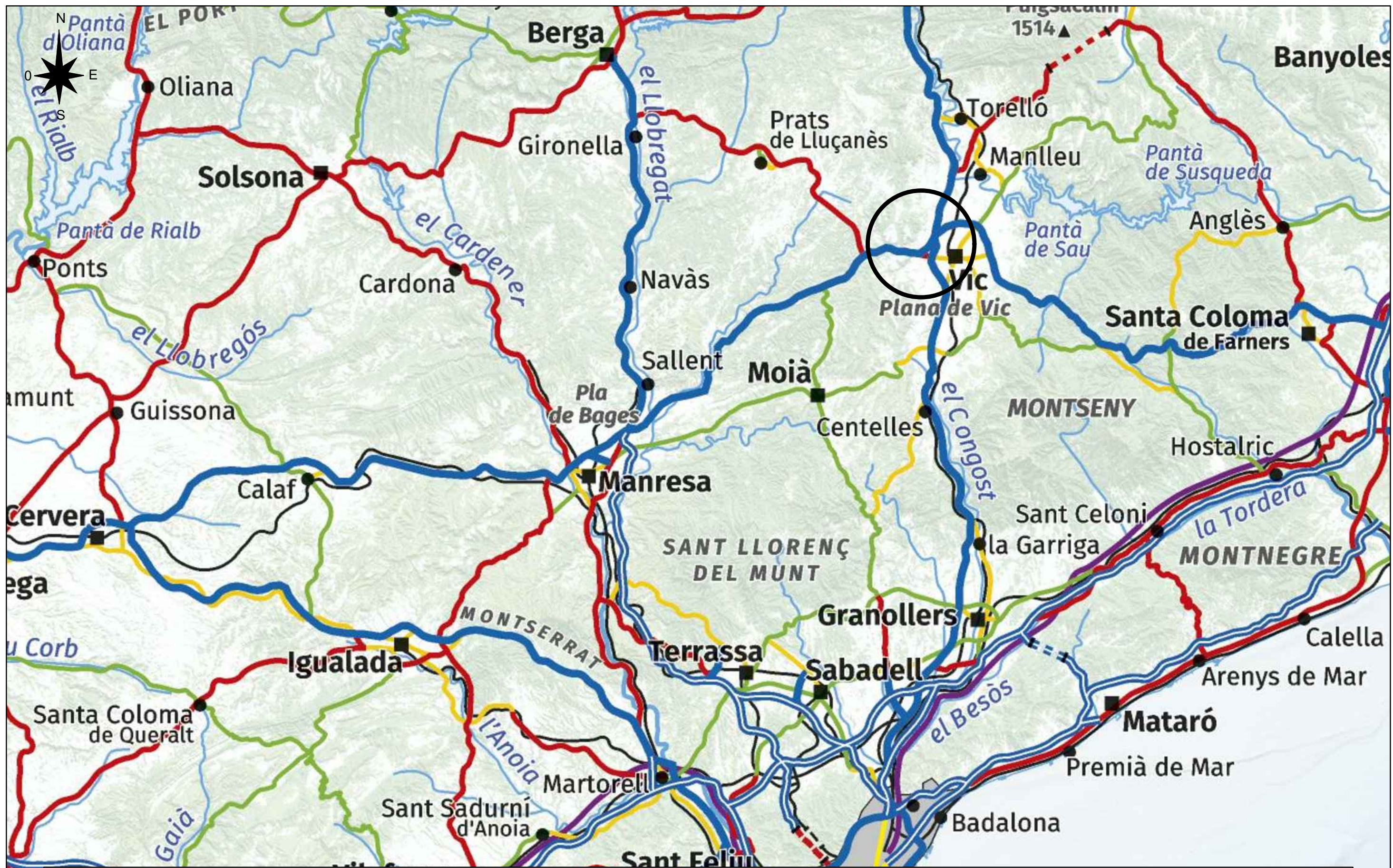
4.10 Línea Subterránea


4.11 Zanjas

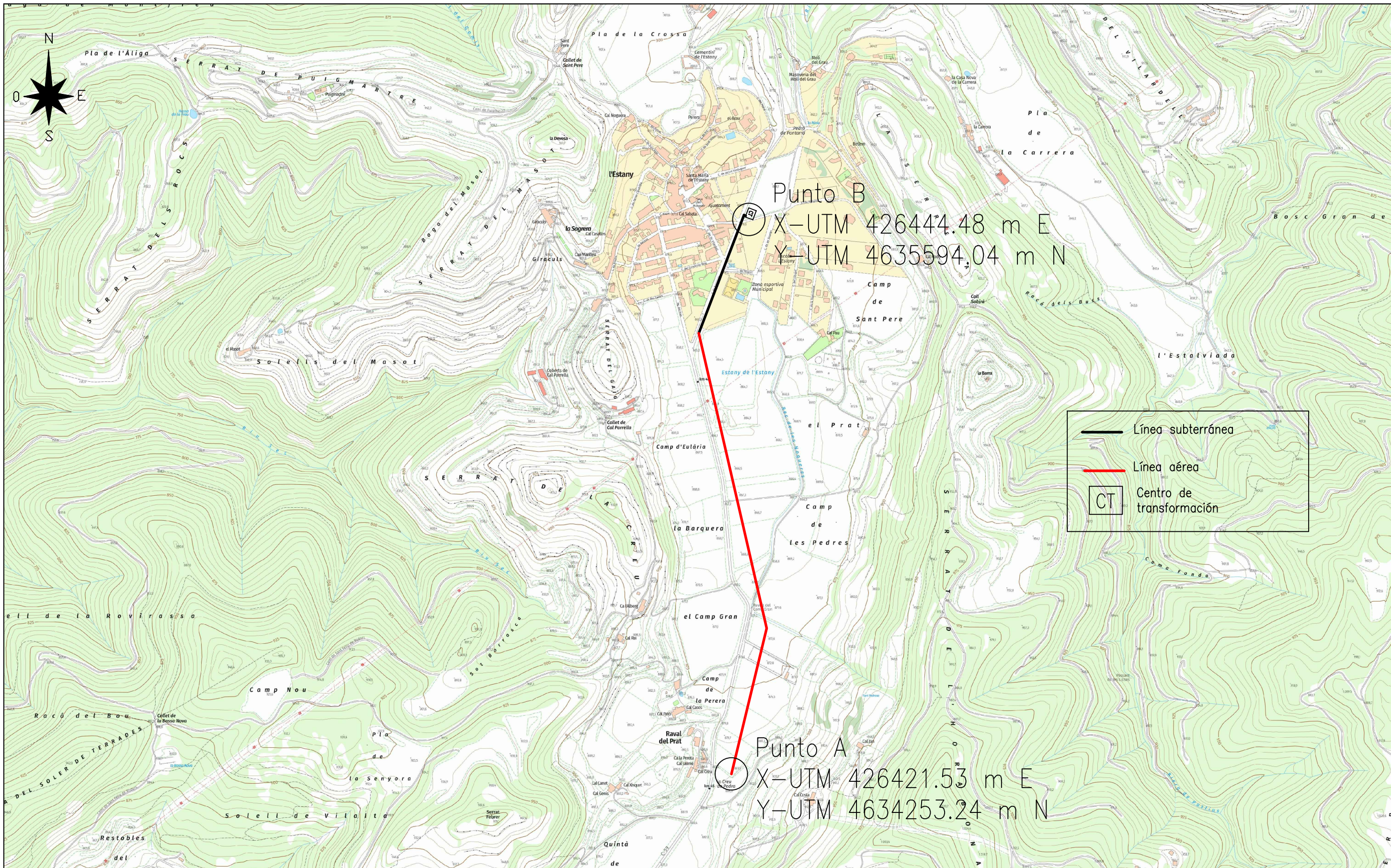
4.12 Arquetas

4.13 Detalles del CT

4.14 Puesta a Tierra del CT

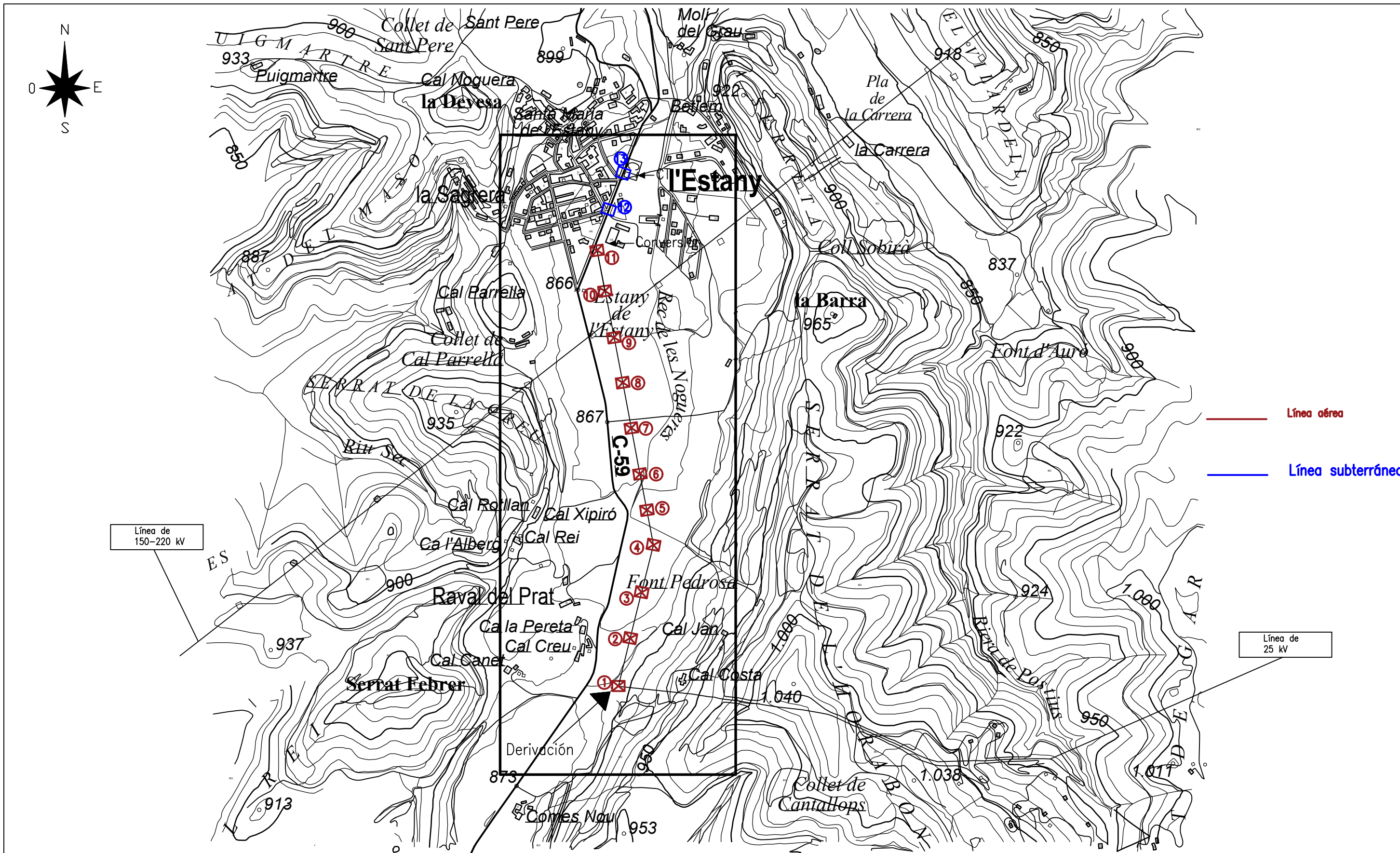



Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Situación	Nº1	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
	G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	

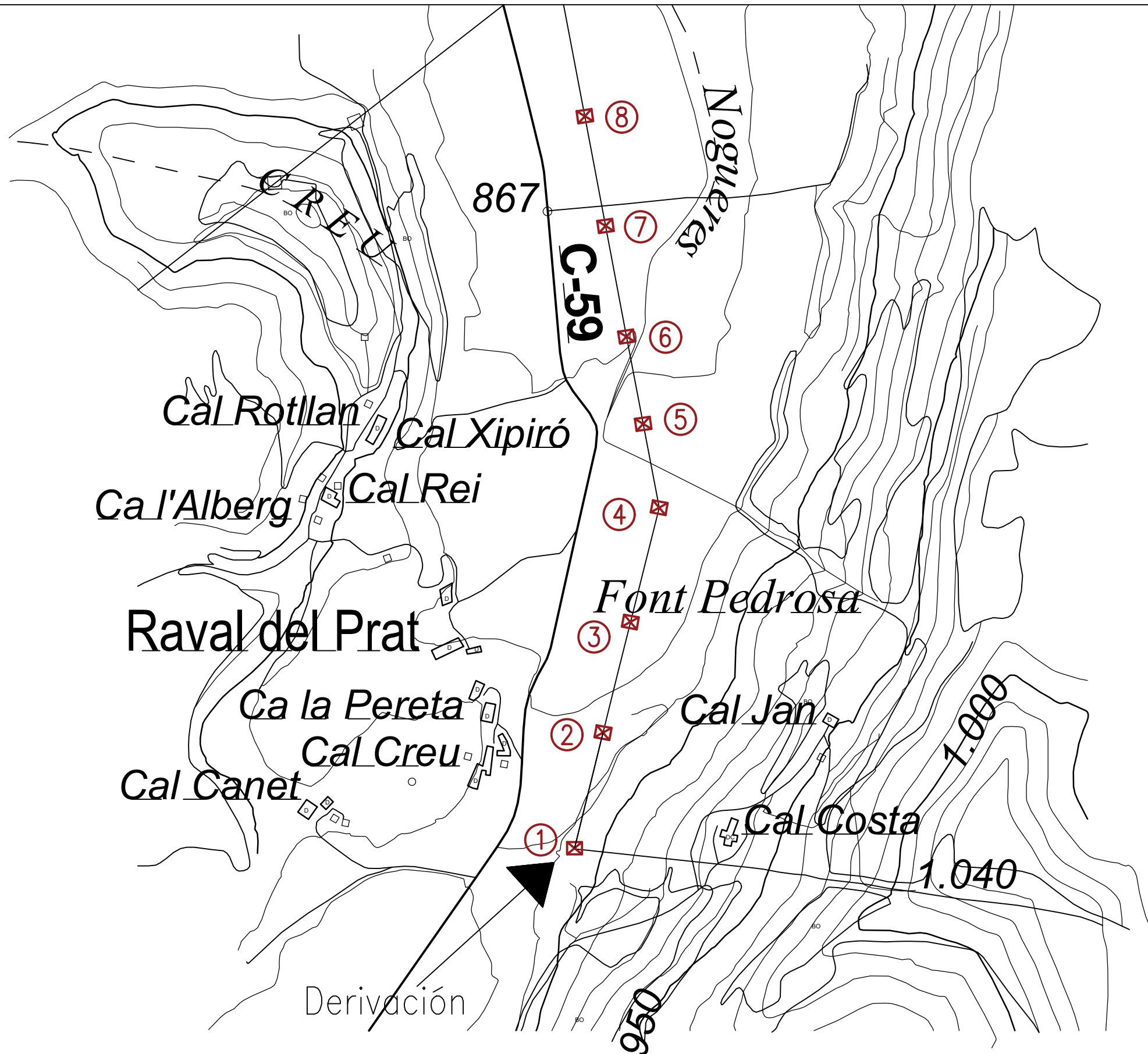
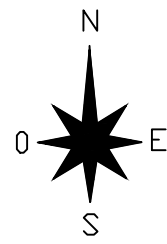


<p>Proyecto</p>	<p>Título</p>	<p>Nº Plano</p>	<p>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</p>
<p>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p>Emplazamiento</p>	<p>Nº2</p>	<p>Nº Colegiado: 9872534</p>
	<p>Titulación</p> <p>G.Ingeniería eléctrica</p>	<p>Nº Expediente: 188</p> <p>Solicitante:</p> <p>Ayuntamiento de L'estany</p>	<p>Escala: 1:10000</p> <p>Fecha: Enero 2024</p>



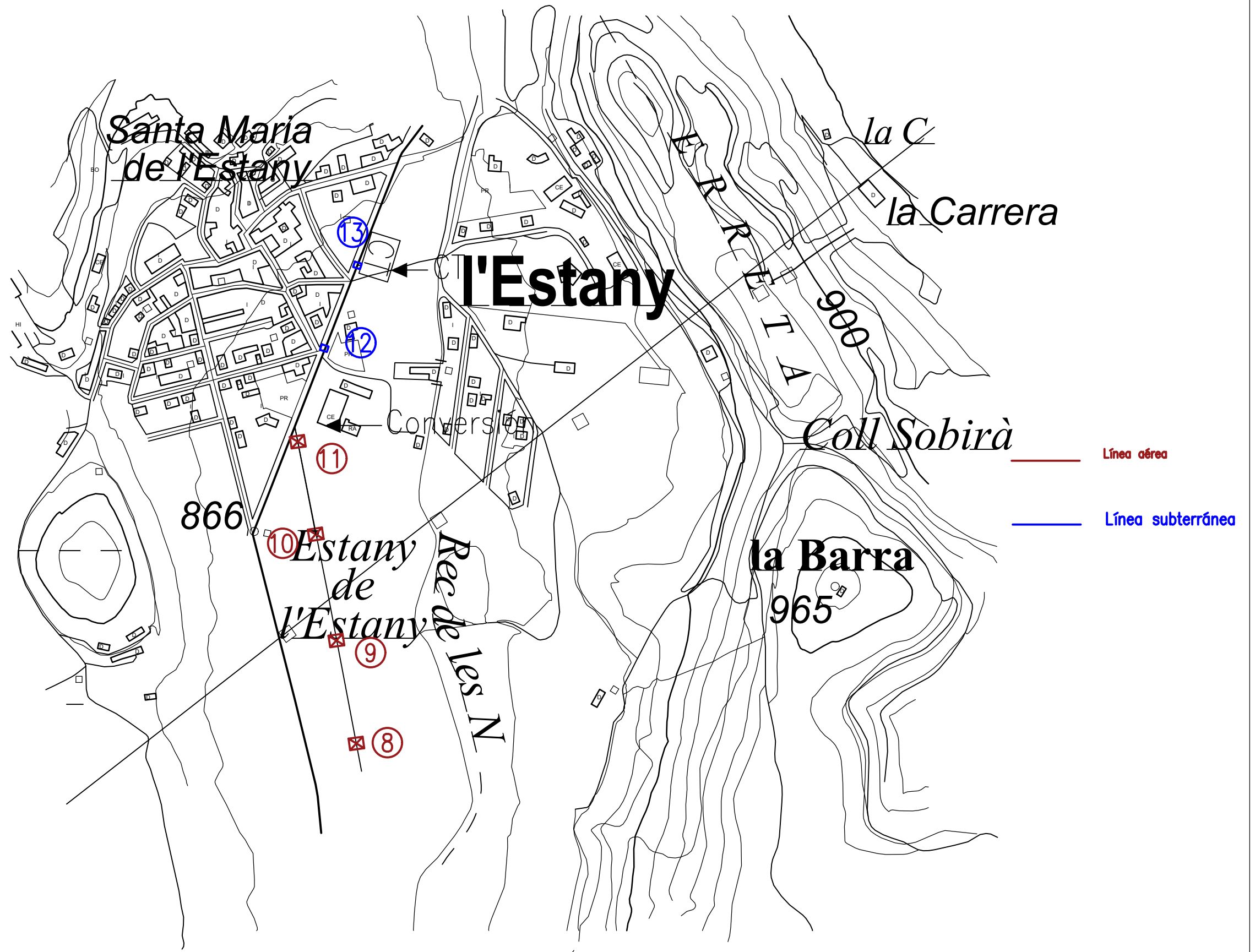
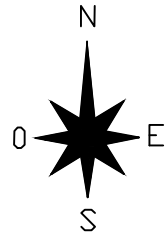



<p>Proyecto</p> <p>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p>Título</p> <p>Trazado de la línea</p> <p>Titulación</p> <p>G.Ingeniería eléctrica</p>	<p>Nº Plano</p> <p>Nº3/1</p> <p>Nº Expediente: 188</p> <p>Solicitante:</p> <p>Ayuntamiento de L'estany</p>	<p>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</p> <p>Nº Colegiado: 9872534</p>  <p>Escala: 1:10000</p> <p>Fecha: Enero 2024</p>
---	--	---	---

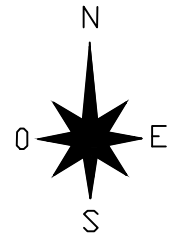


— Línea aérea
— Línea subterránea

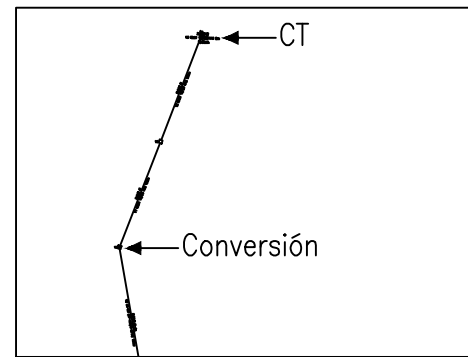
Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Trazado de la línea	Nº3/2	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	Fecha: Enero 2024	



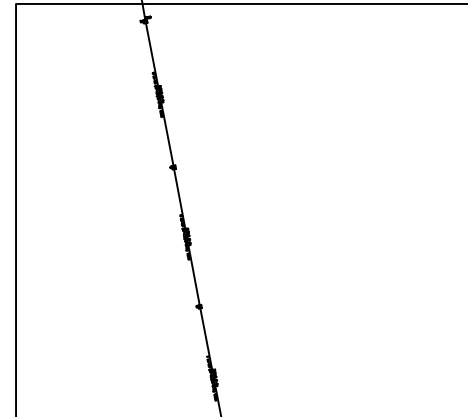
<p>Proyecto</p> <p>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p>Título</p> <p>Trazado de la línea</p> <p>Titulación</p> <p>G.Ingeniería eléctrica</p>	<p>Nº Plano</p> <p>Nº3/3</p> <p>Nº Expediente: 188</p> <p>Solicitante:</p> <p>Ayuntamiento de L'estany</p>	<p>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</p> <p>Nº Colegiado: 9872534</p>  <p>Escala: 1:5000</p> <p>Fecha: Enero 2024</p>
---	--	---	---



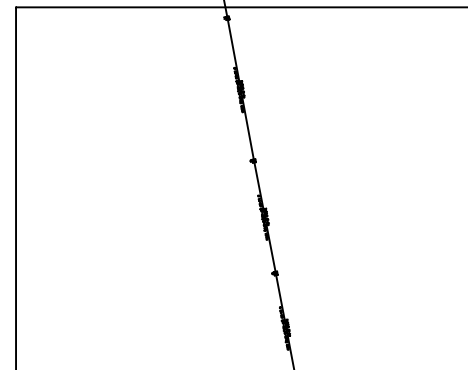
Esquema unifilar 4/5



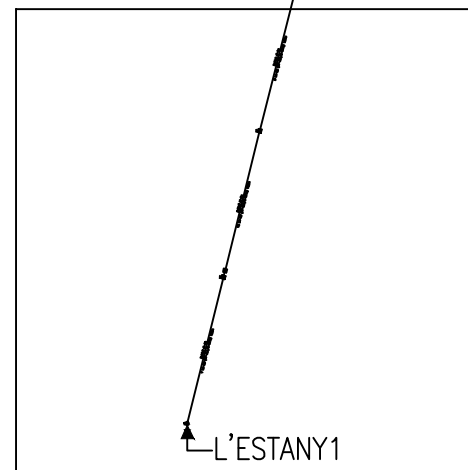
Esquema unifilar 4/4




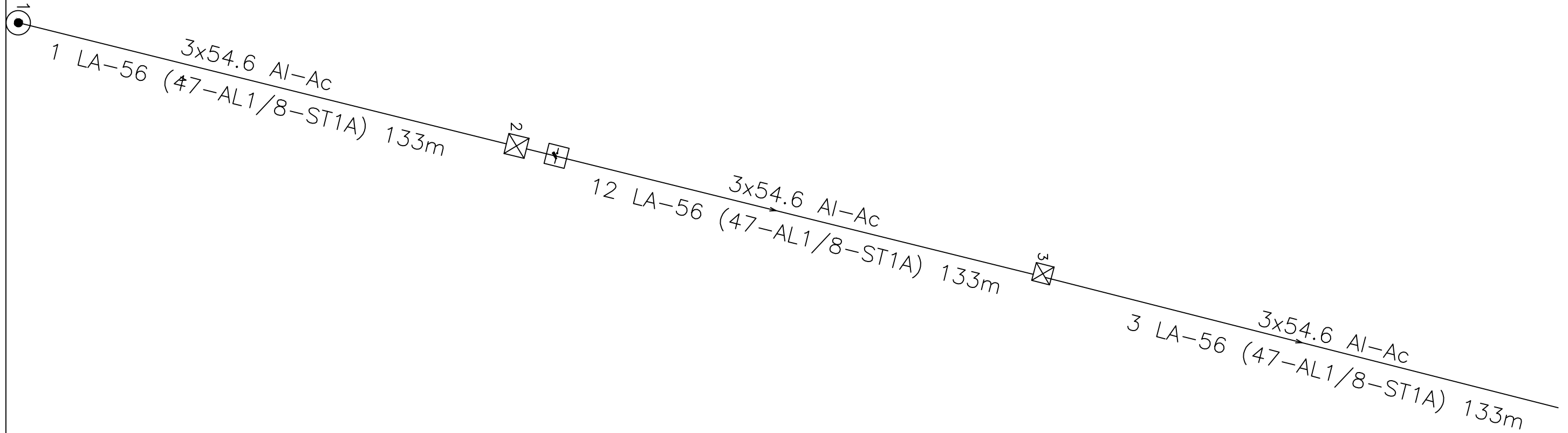
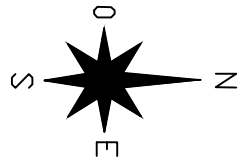
Esquema unifilar 4/3




Esquema unifilar 4/2

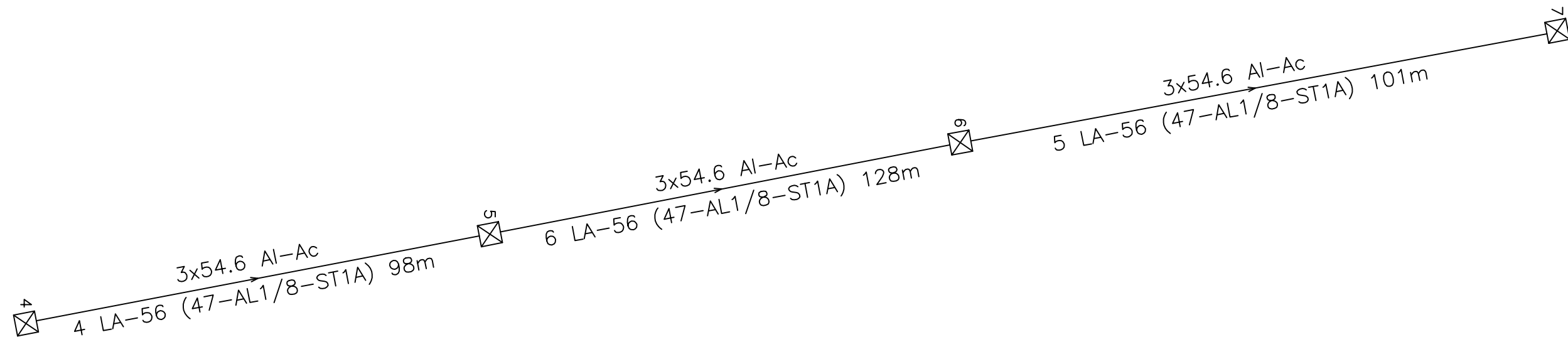
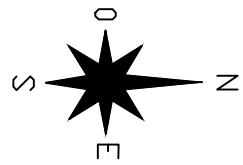


<i>Proyecto</i>	<i>Título</i>	<i>Nº Plano</i>	<i>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</i>
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Esquema unifilar	Nº4/1	Nº Colegiado: 9872534
	<i>Titulación</i>	<i>Nº Expediente:</i> 188	
	G.Ingeniería eléctrica	<i>Solicitante:</i> Ayuntamiento de L'estany	
			<i>Fecha:</i> Enero 2024



- Inicio línea
- ⊠ Apoyo metalico
- ⊞ Seccionador
- ⊥ Aislador
- Arqueta
- ⊞ CT

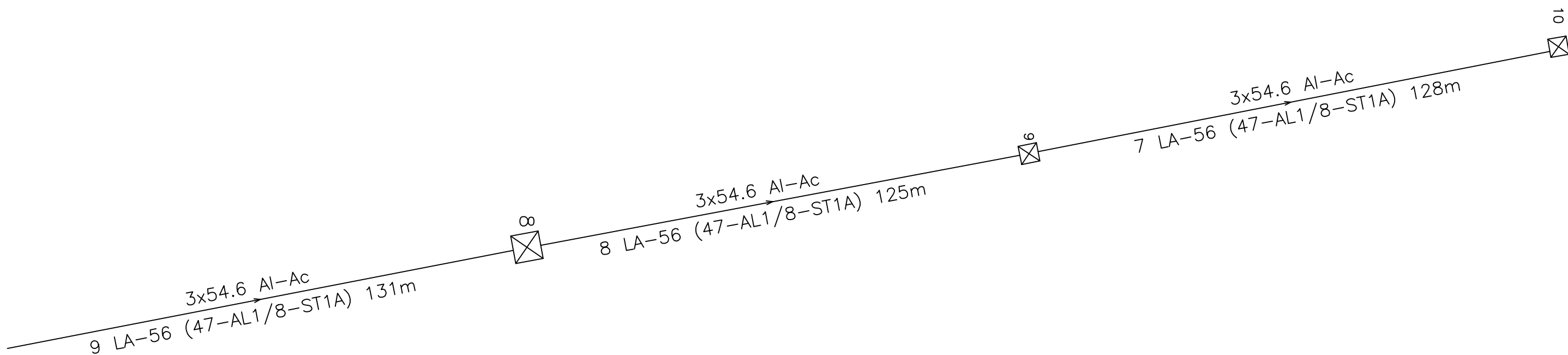
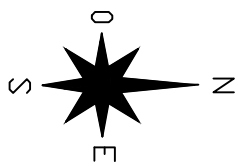
<i>Proyecto</i> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	<i>Título</i> Esquema unifilar	<i>Nº Plano</i> Nº4/2	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud Nº Colegiado: 9872534
	<i>Titulación</i> G.Ingeniería eléctrica	<i>Nº Expediente:</i> 188	
		<i>Solicitante:</i> Ayuntamiento de L'estany	<i>Escala:</i> Fecha: Enero 2024



- Inicio línea
- ⊠ Apoyo metalico
- ⊠ Seccionador
- ⊠ Aislador
- Arqueta
- ⊠ CT

Proyecto DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Título Esquema unifilar	N° Plano N°4/3	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud N° Colegiado: 9872534
	Titulación G.Ingeniería eléctrica	N° Expediente: 188	Escala:
		Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	Fecha: Enero 2024

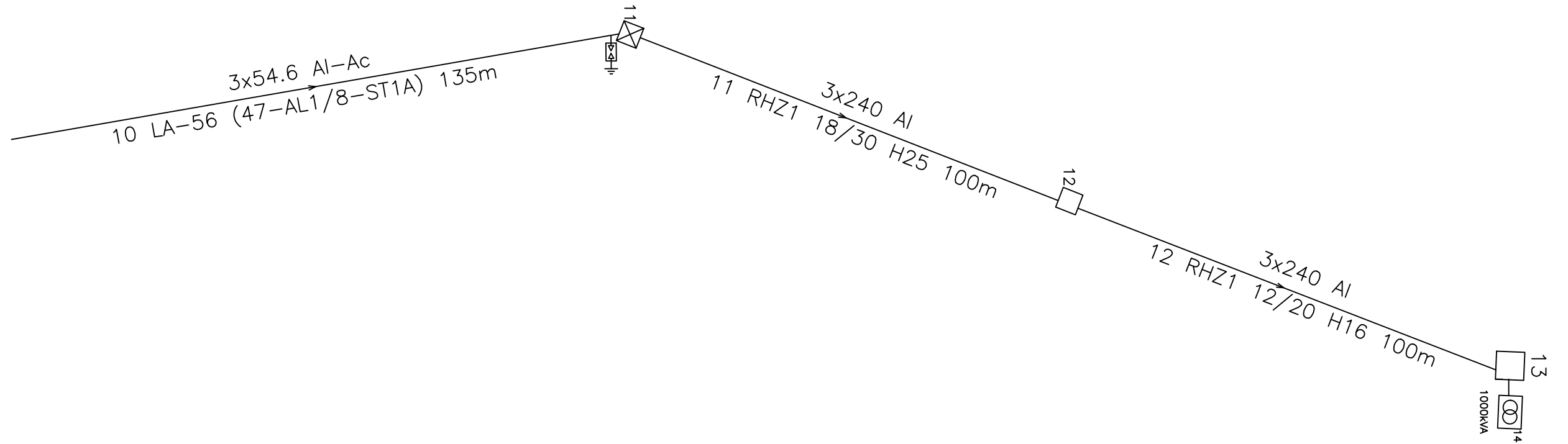
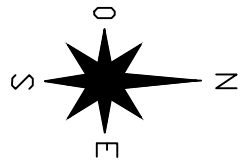




- Inicio línea
- ⊠ Apoyo metalico
- ⊠ Seccionador
- ⊠ Aislador
- Arqueta
- ⊠ CT

<i>Proyecto</i> DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	<i>Título</i> Esquema unifilar	<i>Nº Plano</i> Nº4/4	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud Nº Colegiado: 9872534
	<i>Titulación</i> G.Ingeniería eléctrica	<i>Nº Expediente:</i> 188 <i>Solicitante:</i> Ayuntamiento de L'estany	<i>Escala:</i> Fecha: Enero 2024





- Inicio línea
- ⊠ Apoyo metalico
- ⊞ Seccionador
- ⊞ Aislador
- Arqueta
- ⊞ CT

Proyecto DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Título Esquema unifilar	N° Plano N°4/5	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud N° Colegiado: 9872534
	Titulación G.Ingeniería eléctrica	N° Expediente: 188	Escala:
		Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	Fecha: Enero 2024



F.Línea-C-3000-14
MTg.at-Sc = 1.73 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-3 C.Am.

Alinea.-C-1000-14
MTg.at-Sc = 1.73 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-6 C.Am.

Alinea.-C-1000-14
MTg.at-Sc = 1.73 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-6 C.Am.

PLANO COMPARACION = 862 m

APOYO	1	2	3
COTAS DEL TERRENO (m)	870	870	870
DESNIVEL (m)		0	0
DISTANCIAS PARCIALES (m)		132.19	133.33
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	1.14	133.33	266.67
LONGITUD VANO (m)	132.19	133.33	133.33
ZONA	B		B

Angulo-C-2000-14
MTg.at-Sc = 1.71 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-6 C.Am.

Alinea.-C-500-12
MTg.at-Sc = 1.73 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-6 C.Am.

Alinea.-C-500-12
MTg.at-Sc = 1.73 m
CS 70 AB-170/1150-1 EL.-6 C.Am.

APOYO	4	5	6
COTAS DEL TERRENO (m)	870	868.52	867
DESNIVEL (m)	0	-1.48	-1.52
DISTANCIAS PARCIALES (m)	133.33	97.97	101.16
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	400	497.97	599.13
LONGITUD VANO (m)	133.33	97.97	101.16
ZONA	B	B	B

Proyecto

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA
ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE
25 kV

Título

Perfil trazado aéreo

Titulación

G.Ingeniería eléctrica

Nº Plano

Nº5/1

Nº Expediente: 188

Solicitante:

Ayuntamiento de L'estany

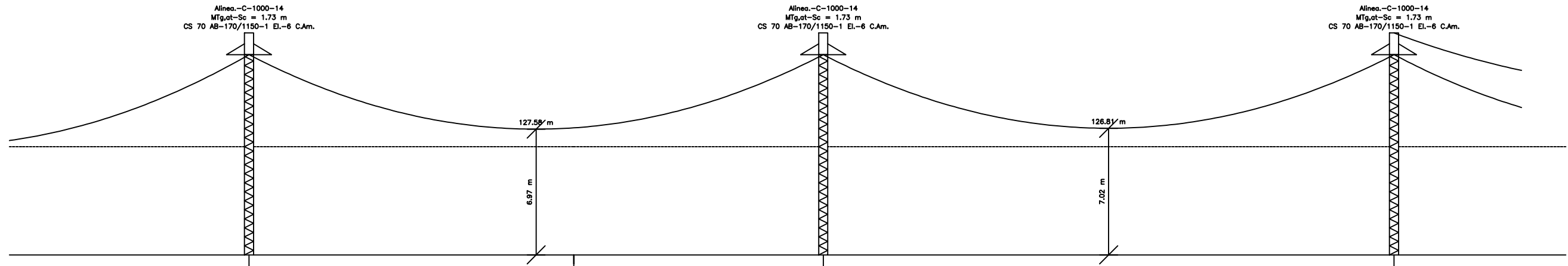
Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud

Nº Colegiado: 9872534

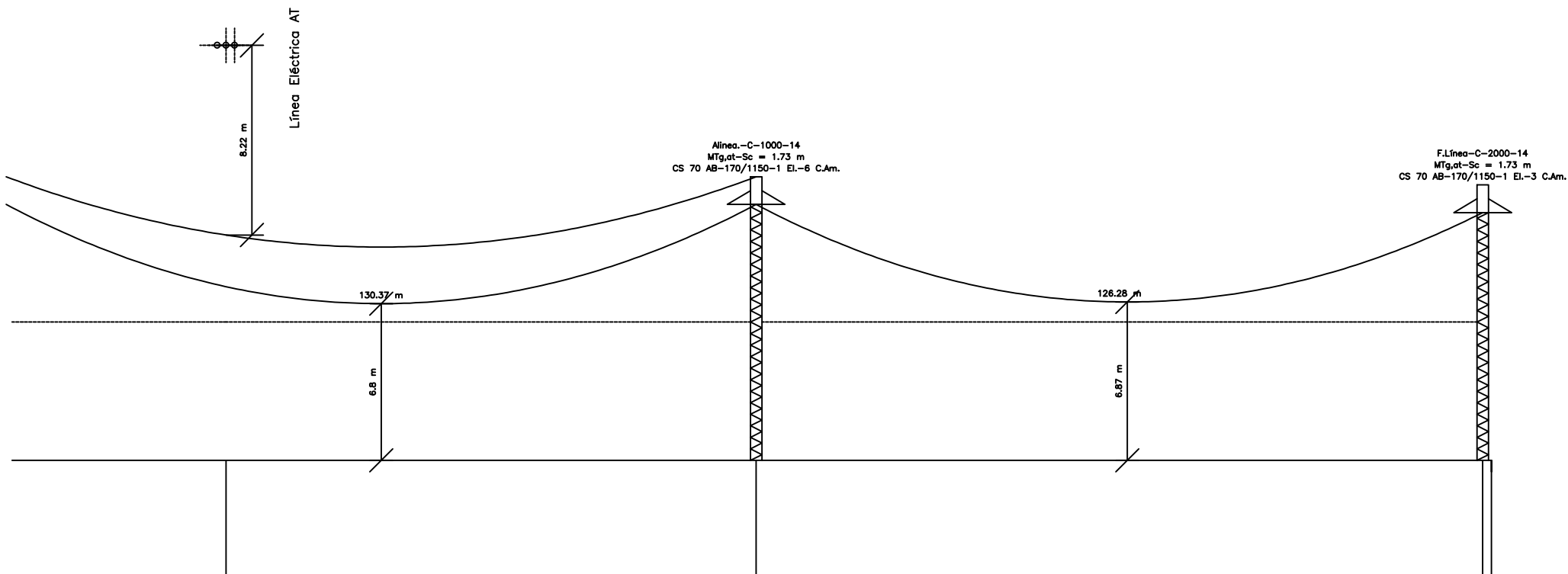


Escala:


Fecha: Enero 2024



APOYO	7	8	9
COTAS DEL TERRENO (m)	867	867	867
DESNIVEL (m)	0	0	0
DISTANCIAS PARCIALES (m)	128	127.33	126.57
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	727.13	854.46	981.02
LONGITUD VANO (m)		127.33	126.57
ZONA		B	B

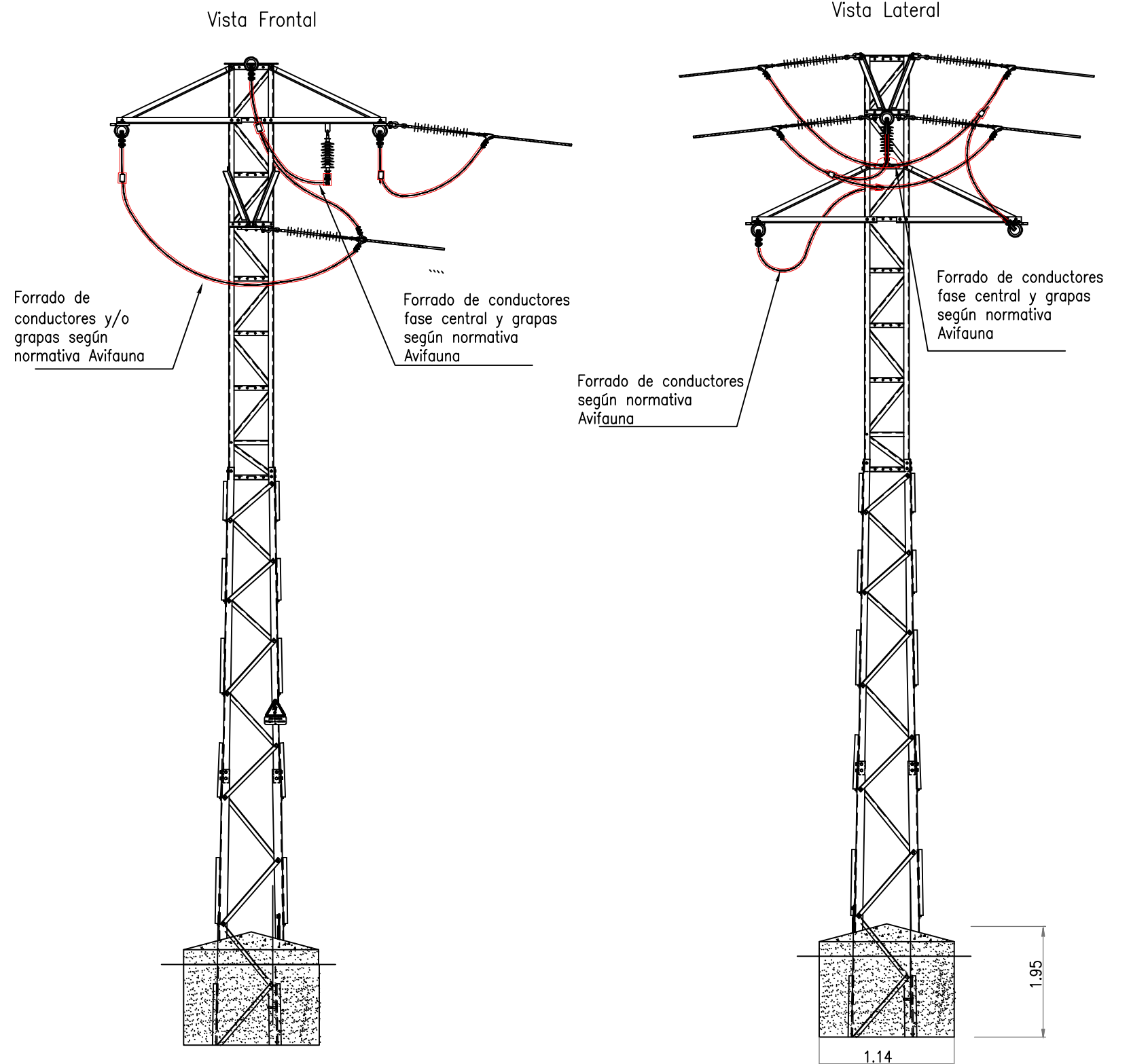
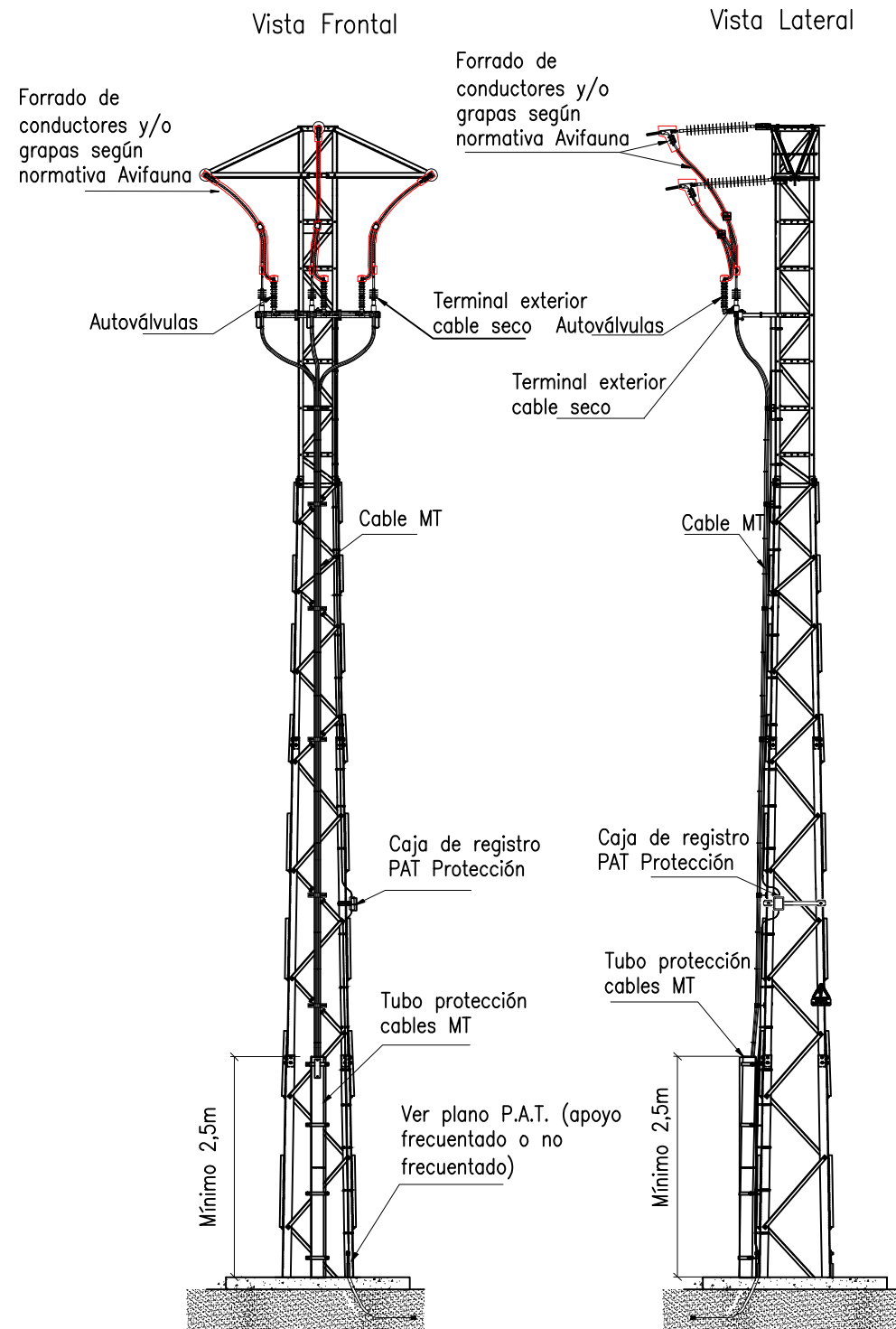



APOYO	10	11
COTAS DEL TERRENO (m)	867	867
DESNIVEL (m)	0	0
DISTANCIAS PARCIALES (m)	130.1	126.04
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	1111.12	1237.15
LONGITUD VANO (m)	130.1	126.04
ZONA	B	B

<p style="text-align: center;"><i>Proyecto</i></p> <p style="text-align: center;">DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p style="text-align: center;"><i>Título</i></p> <p style="text-align: center;">Perfil trazado aéreo</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><i>Titulación</i></p> <p style="text-align: center;">G.Ingeniería eléctrica</p>	<p style="text-align: center;"><i>Nº Plano</i></p> <p style="text-align: center;">Nº5/2</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><i>Nº Expediente:</i> 188</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><i>Solicitante:</i> Ayuntamiento de L'estany</p>	<p style="text-align: center;"><i>Tecnico:</i> Hamza Ouahoud Ouahoud</p> <p style="text-align: center;"><i>Nº Colegiado:</i> 9872534</p> <div style="text-align: center;">  </div> <hr/> <p style="text-align: right;"><i>Escala:</i></p> <hr/> <p style="text-align: right;"><i>Fecha:</i> Enero 2024</p>
--	---	---	---

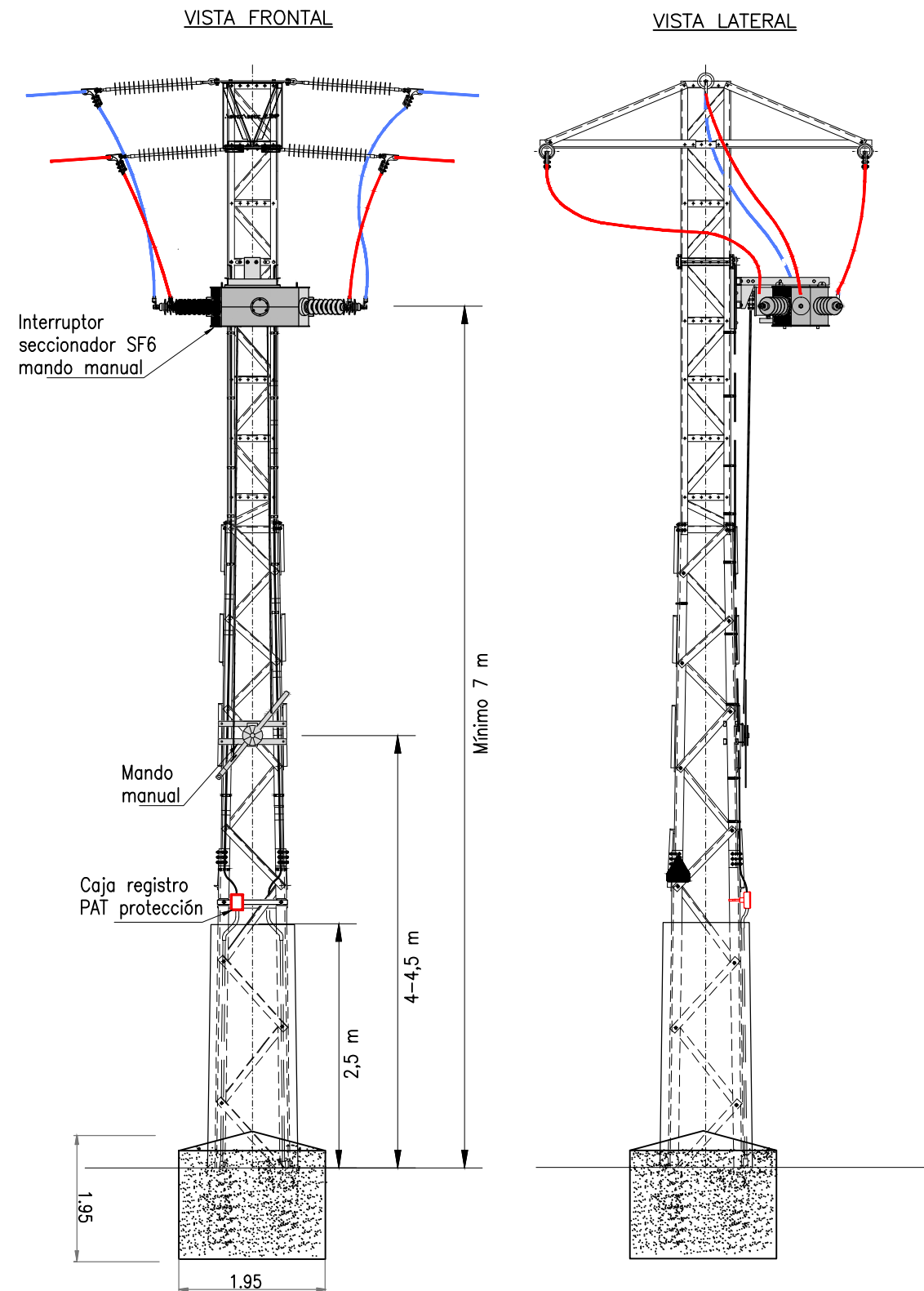
Conversión Aérea/Subterránea

Derivación

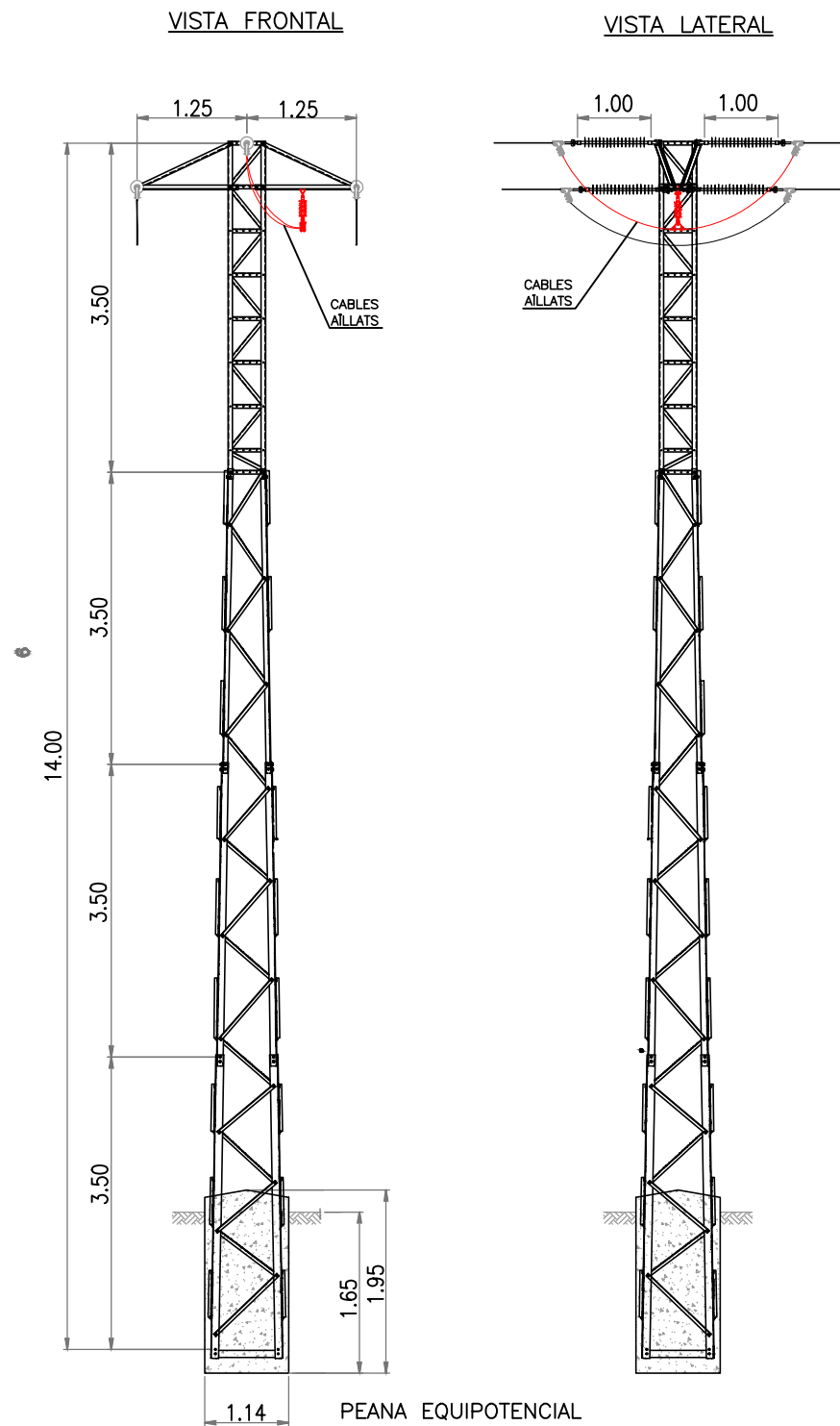


<p>Proyecto</p> <p>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p>Título</p> <p>Conversión Aérea/Subterránea y Derivación</p> <p>Titulación</p> <p>G.Ingeniería eléctrica</p>	<p>Nº Plano</p> <p>Nº6</p> <p>Nº Expediente: 188</p> <p>Solicitante:</p> <p>Ayuntamiento de L'estany</p>	<p>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</p> <p>Nº Colegiado: 9872534</p>  <p>Escala:</p> <p>Fecha: Enero 2024</p>
---	--	---	--

Seccionador



Apoyo Normal

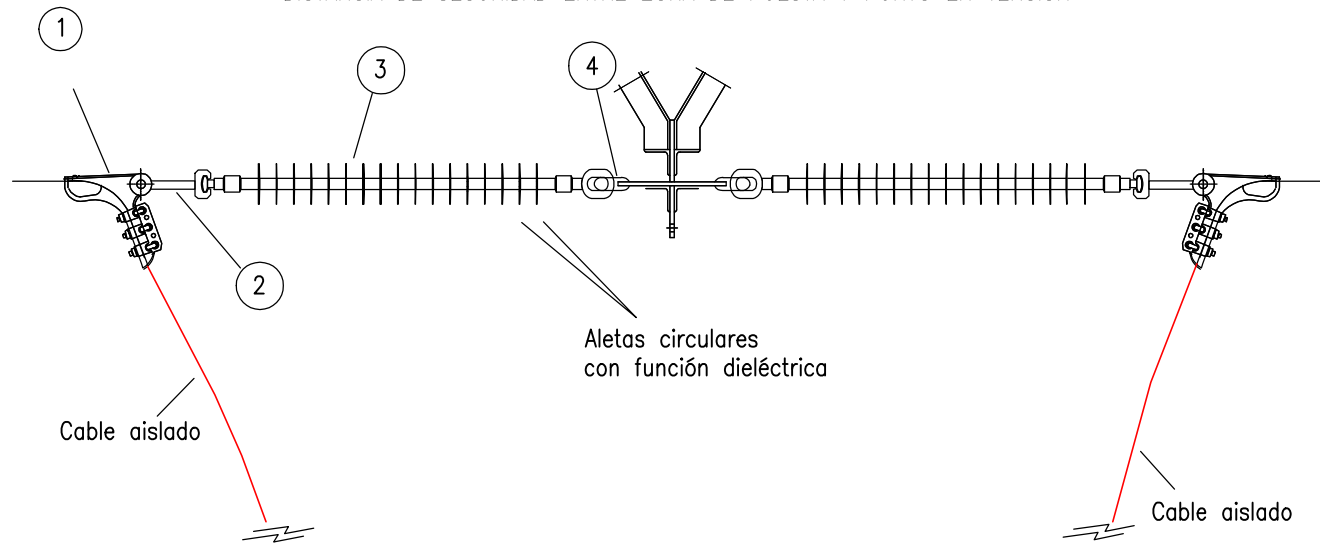


<p>Proyecto</p> <p>DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV</p>	<p>Título</p> <p>Seccionador y apoyo convencional</p>	<p>Nº Plano</p> <p>Nº7</p>	<p>Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud</p> <p>Nº Colegiado: 9872534</p>
	<p>Titulación</p> <p>G.Ingeniería eléctrica</p>	<p>Nº Expediente: 188</p>	<p>Escala:</p>
		<p>Solicitante:</p> <p>Ayuntamiento de L'estany</p>	<p>Fecha: Enero 2024</p>

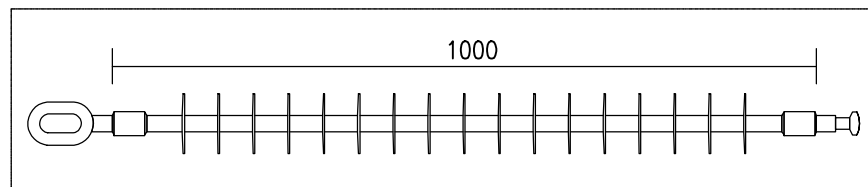
LOS AISLADORES SERÁN POLIMÉRICOS QUE FORMANDO CADENAS DE AMARRE IRÁN SUJETOS A LOS ARMADOS POR MEDIO DE HERRAJES GALVANIZADOS

En los soportes, la distancia mínima de seguridad entre cada conductor y las zonas de puesta sobre las crucetas o la cabecera del soporte será como mínimo de 1 m.

DISTANCIA DE SEGURIDAD ENTRE ZONA DE PUESTA Y PUNTO EN TENSIÓN



FORMACIÓN CADENAS	DISTANCIA MÍNIMA DE SEGURIDAD
Aislador polimérica (36 kV)	> 1000 mm



Detalle Aislador Polimérico 36 kV
CS 70 AB 170/1150

MONTAJE CADENA DE AMARRE COMPLETA CON AISLADOR POLIMÉRICO DEL TIPO ANILLA-ROTULA

1	1+1	GRAPA DE AMARRE
2	1+1	ROTULA LARGA
3	1+1	AISLADOR POLIMÉRICO 36 kV
4	1+1	GRILLO NORMAL
MARCA	Nº PIEZAS	D E N O M I N A C I Ó

Cumplimiento de Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen las medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.

PROTECCIÓN CONTRA LA ELECTROCUCIÓN

Los soportes con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución, de derivación, anclaje, amarre, especiales, ángulo, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicruetas no auxiliares de los soportes.

En cualquier caso, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión.

Los diferentes armados de amarre deben cumplir una distancia mínima de seguridad entre la punta de la cruceta y la grapa de amarre de 1 metro.

Se forrará la cadena de amarre, la Rótula, Grapa y el Conductor hasta llegar a esta distancia

PROTECCIÓ CONTRA LA COL·LISIÓ:

L'instal·lació de salvaocells o senyalizadors visuals es realitzarà als conductors, o cables de terra, d'un diàmetre inferior a 20 mm.

La senyalització es realitzarà de manera que generin un efecte visual equivalent a un senyal cada 10 metres, per la qual cosa es disposaran de forma alterna a cada conductor i amb una distància màxima de 20 metres entre senyals contigus a un mateix conductor.

En aquells trams més perillosos degut a la presència de boira o per visibilitat limitada, l'òrgan competent de la comunitat autònoma podrà reduir les anteriors distàncies.

Proyecto

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV

Título

Detalle Cadena de Aislador y Grapa Amarre

Titulación

G.Ingeniería eléctrica

Nº Plano

Nº8

Nº Expediente: 188

Solicitante:

Ayuntamiento de L'estany

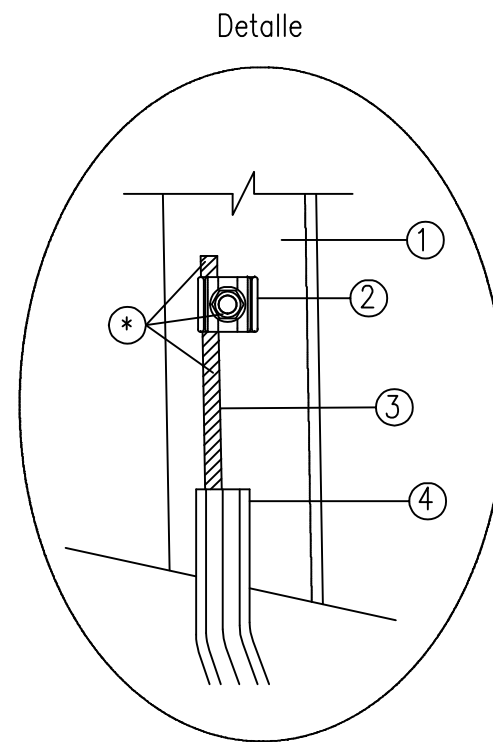
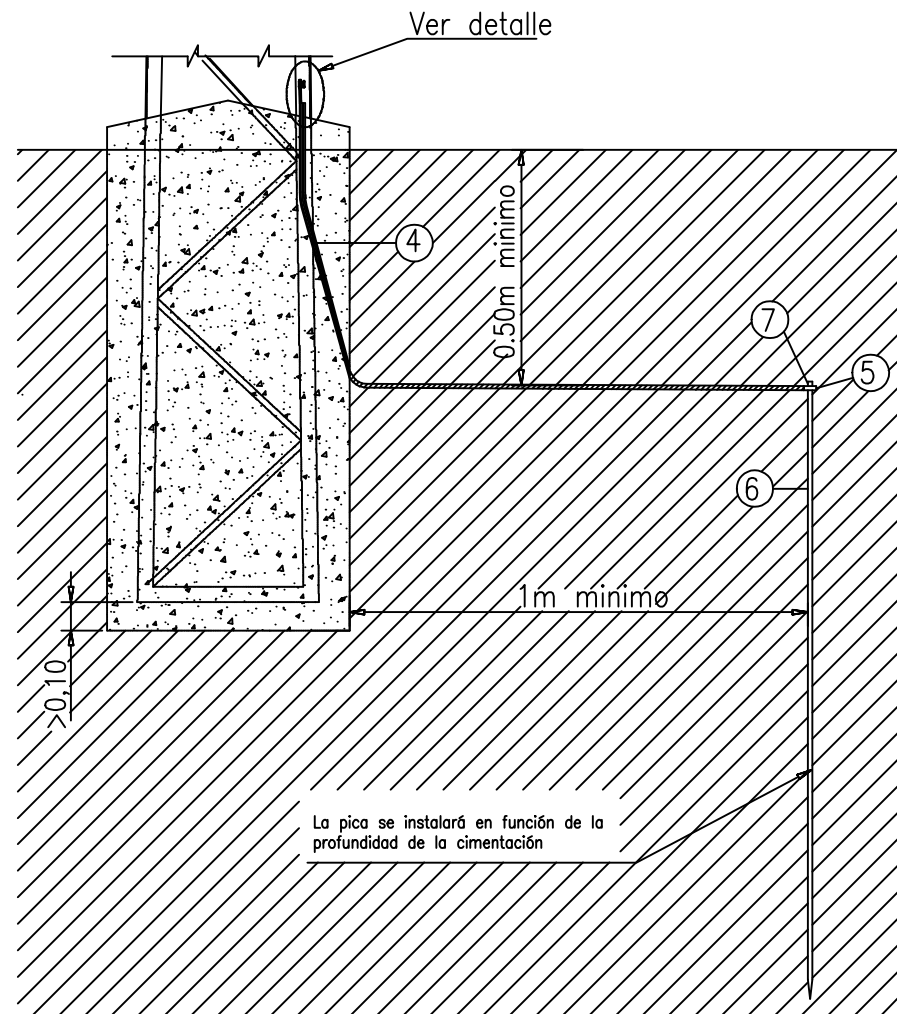
Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud

Nº Colegiado: 9872534



Escala:

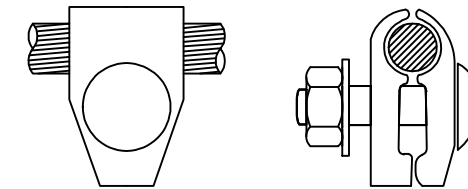
Fecha: Enero 2024



CONECTORES AMPACT PARA UNIONES
Cu/Cu Y Cu/PICA EN PUESTA A TIERRA



GRAPA CONEXIÓN CABLE DE TIERRA A SOPORTE



Nota:

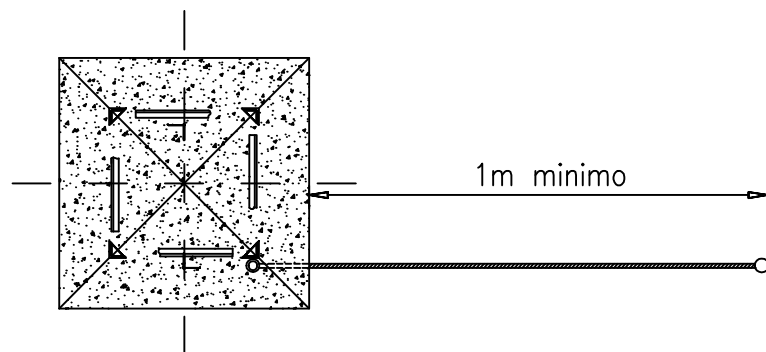
–Las Puestas en Tierra de los soportes cumplirán lo establecido en el Apartado 7 de la ITC–LAT–07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.


- 1 Soporte
- 2 Conector PaT para 2 cables de Cu de 35 a 50 mm²
- 3 Cable desnudo de 50mm² enterrado en una profundidad de 0,5 m
- 4 Tubo PVC M–40
- 5 Conector ampact o grapa
- 6 Pica de acero recubierta de cobre de 2m Ø14,6 mm
- 7 Cinta protección anticorrosiva

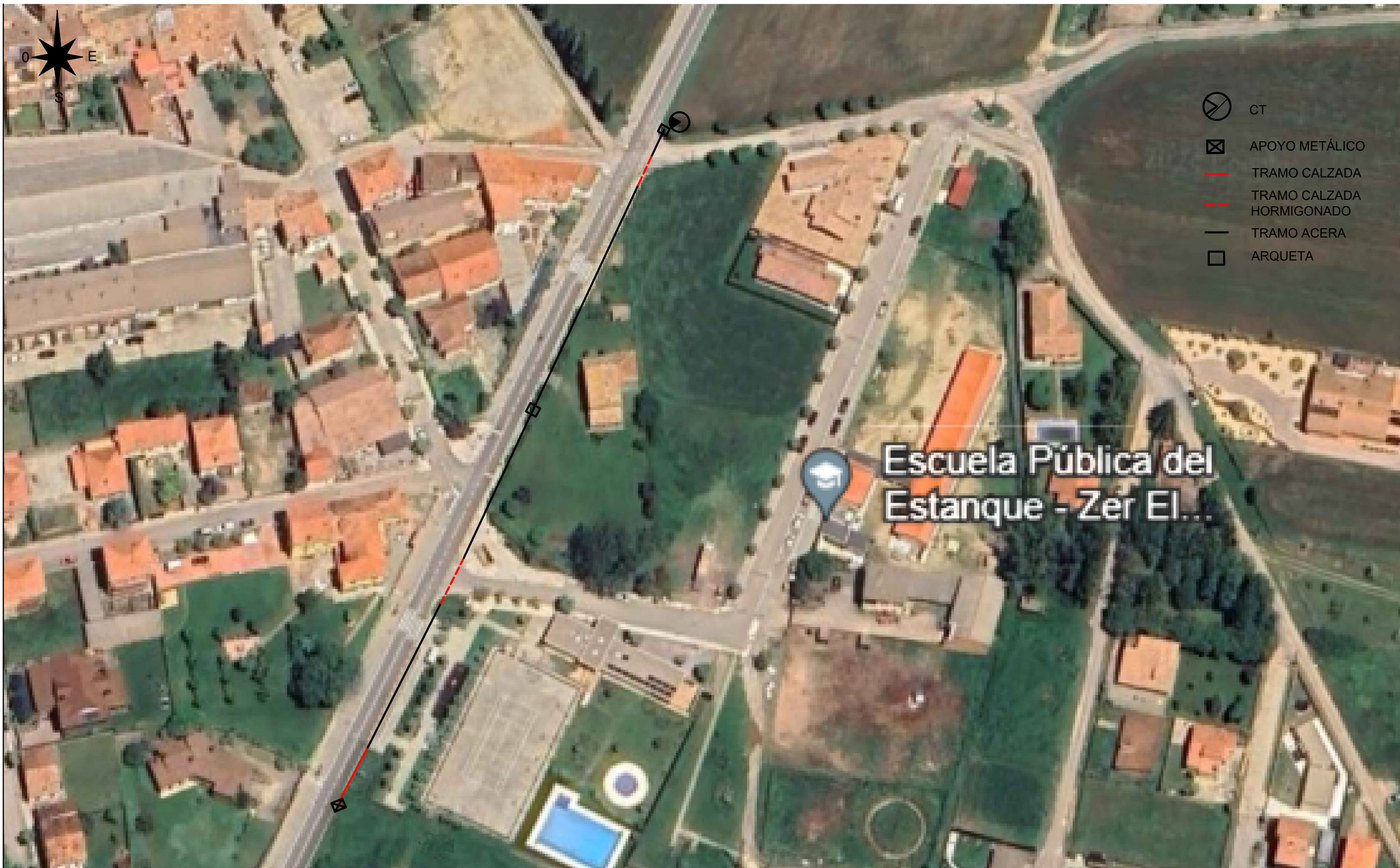
*El conector y el conductor de cobre visible se cubrirán primero con la cinta autovulcanizable y segundo con la cinta adhesiva de PVC







Nota:

La disposición de los fregaderos de puesta a tierra es en función de la resistividad del terreno considerada en proyecto. En caso de una resistividad real diferente el número de picas instaladas puede variar.




Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud Nº Colegiado: 9872534
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Puesta a tierra del apoyo	Nº9	
	Titulación	Nº Expediente: 188	
	G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	

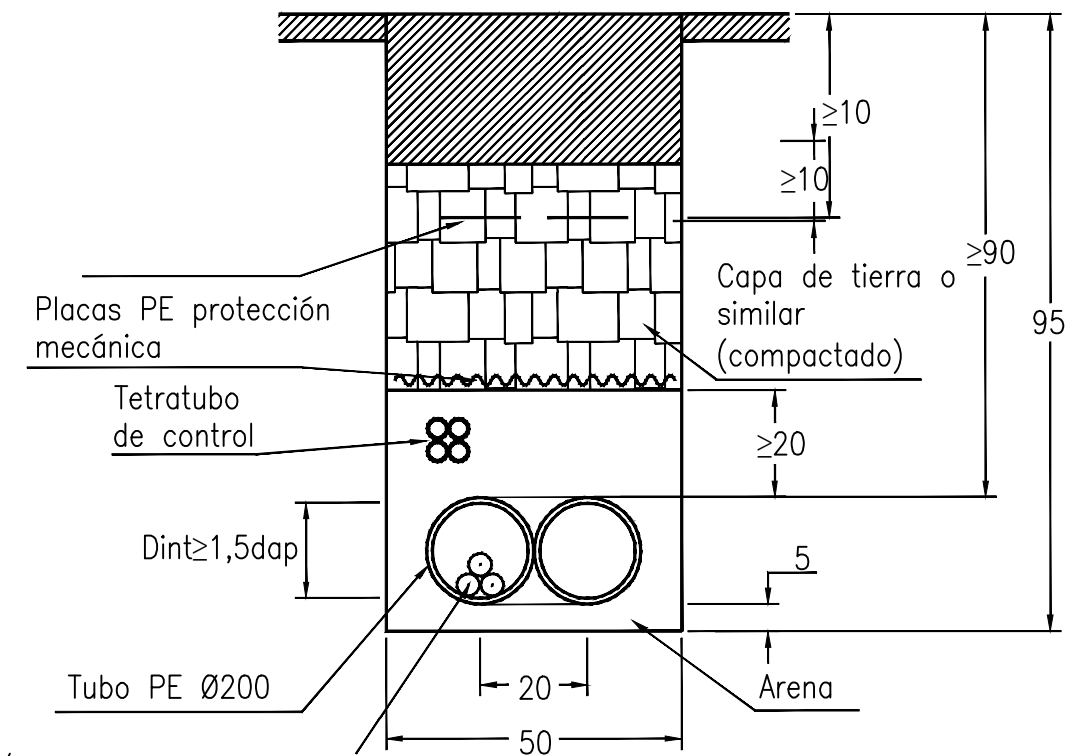


-  CT
-  APOYO METÁLICO
-  TRAMO CALZADA
-  TRAMO CALZADA HORMIGONADO
-  TRAMO ACERA
-  ARQUETA

Escuela Pública del Estanque - Zer El...

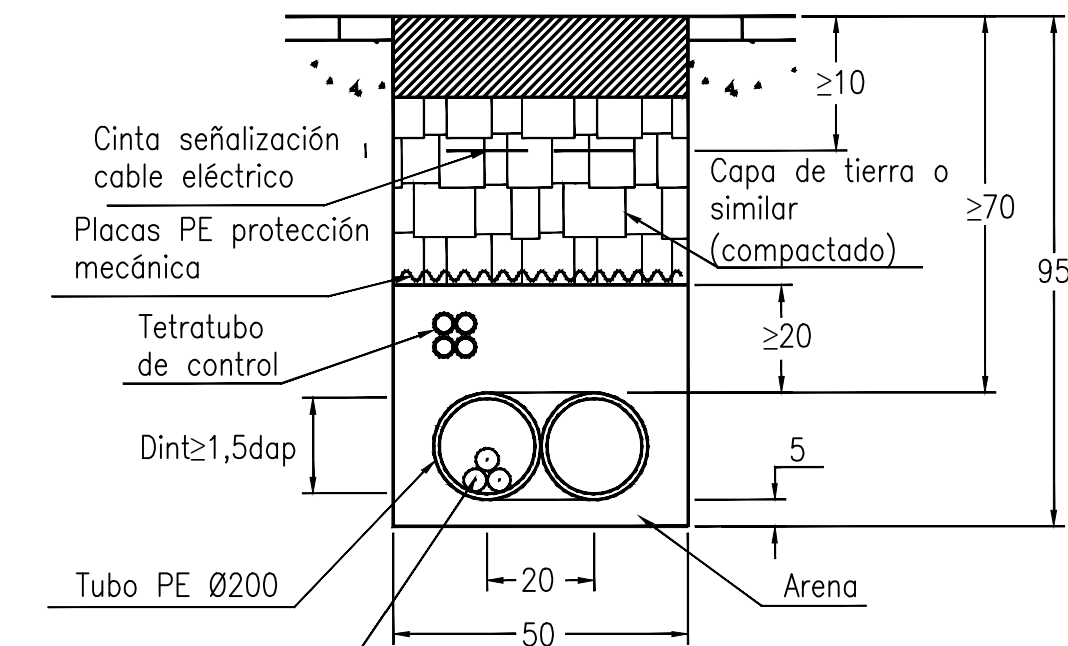
Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Línea Subterránea	Nº10	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	Escala: 1:1000	
			Fecha: Enero 2024

(EN CALZADA TUBO SECO)



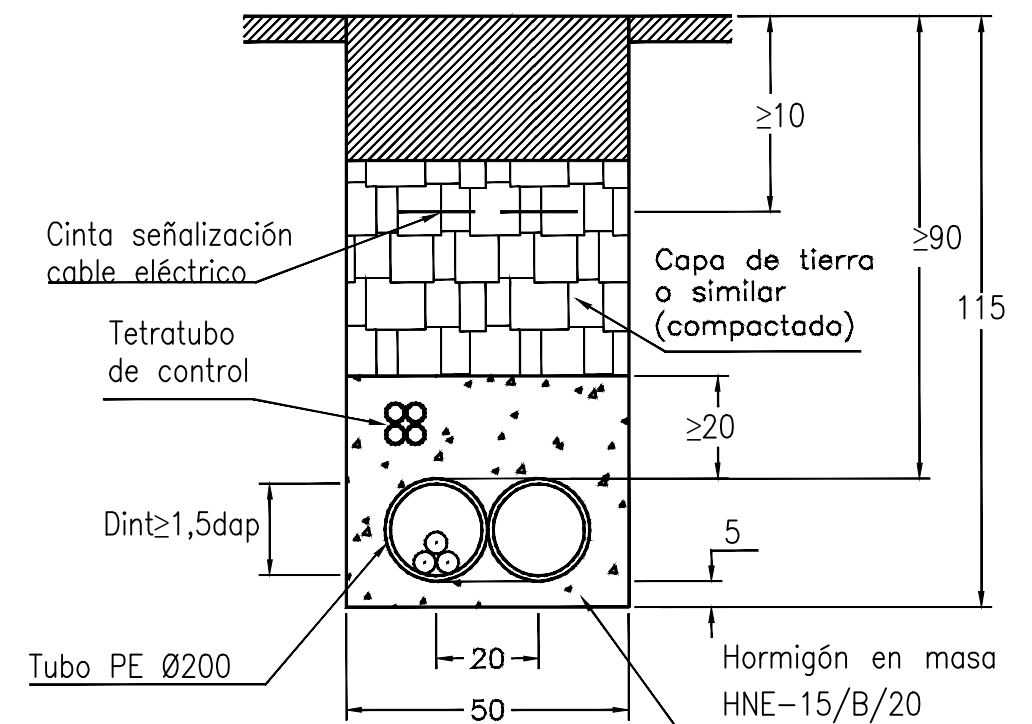
AL RH5Z1-OL 18/30 kV 1x240 mm² AL


(EN ACERA TUBO SECO)



AL RH5Z1-OL 18/30 kV 1x240 mm² AL

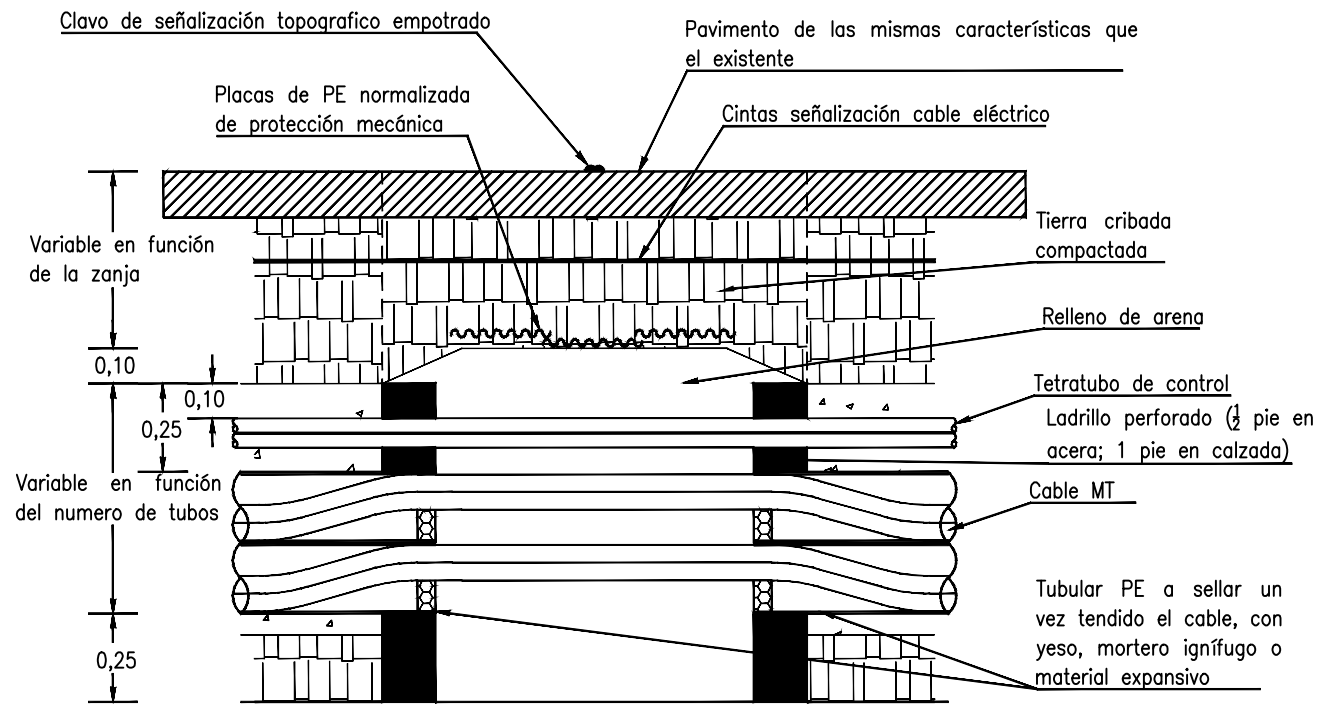
(EN CALZADA TUBO HORMIGONADO CRUZE)



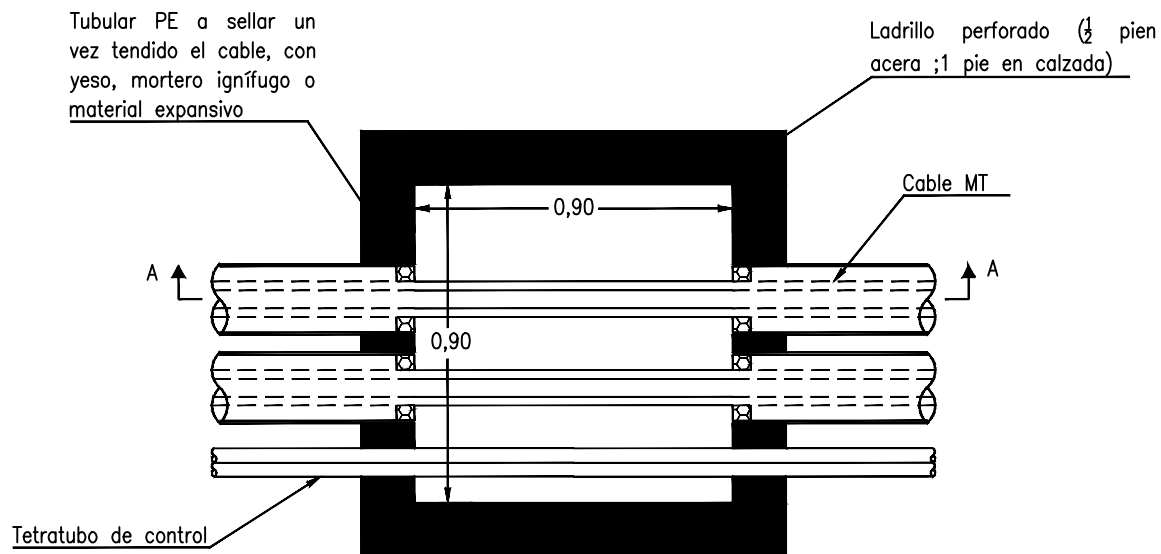
Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Zanjas en acera y calzada	Nº11	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	Escala:	
			Fecha: Enero 2024

ARQUETA EN ALINEACIÓN

Sección A-A'

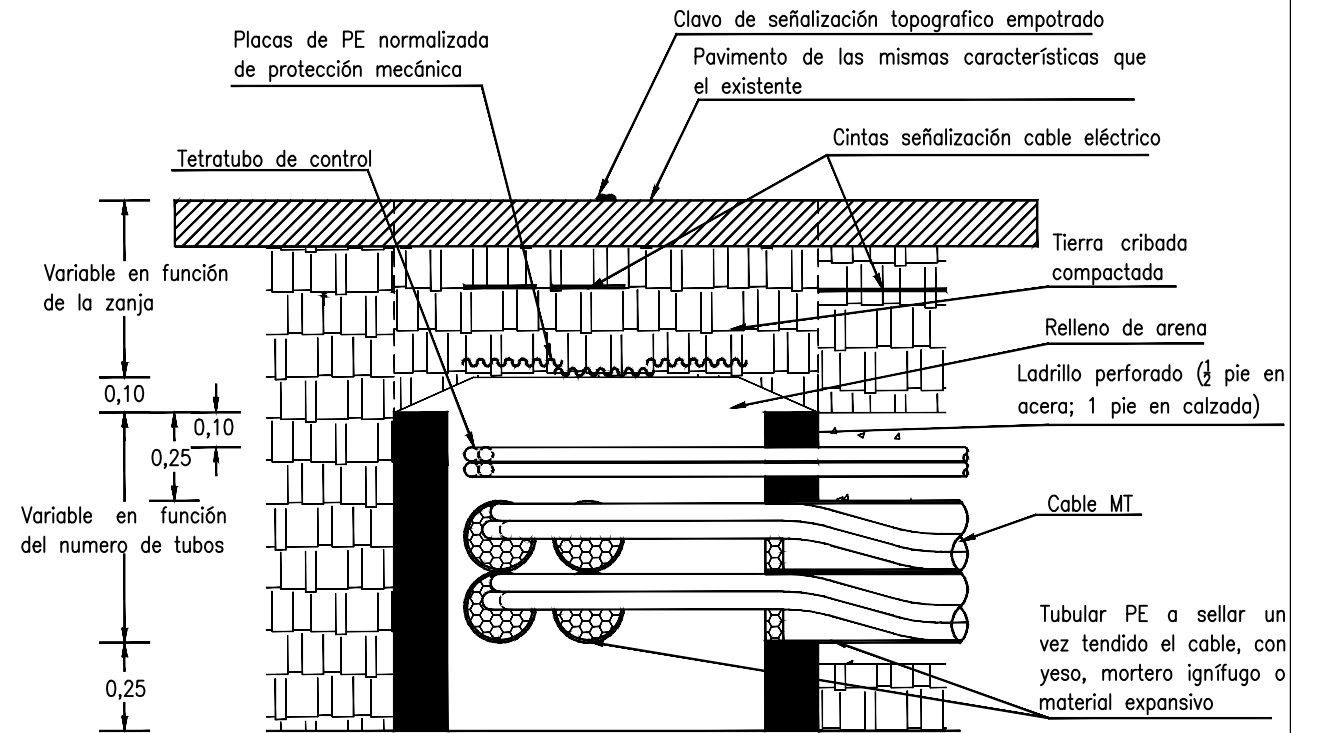


Planta

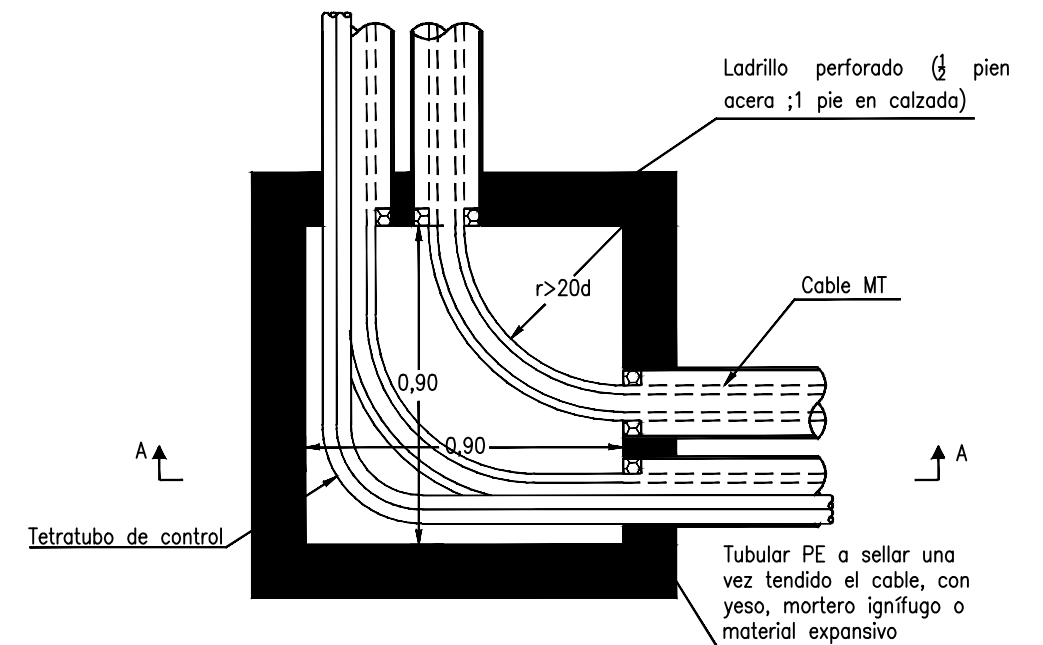


ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO

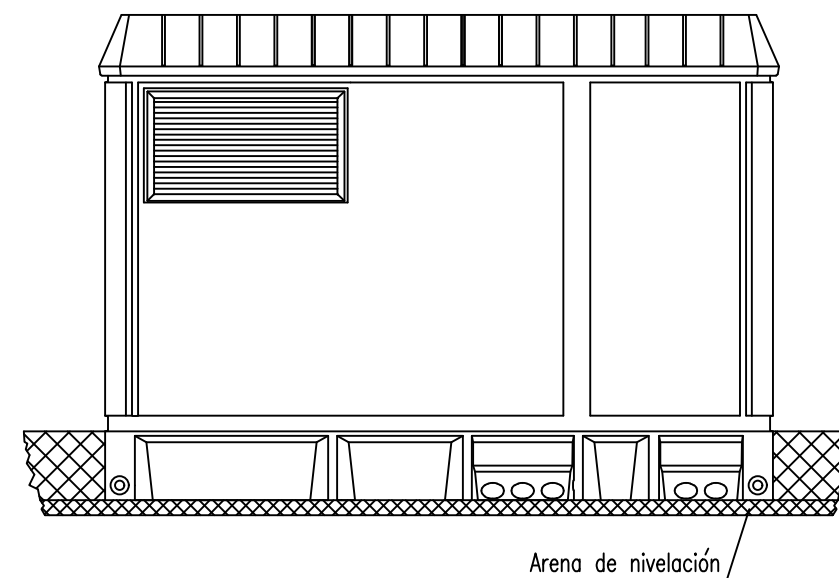
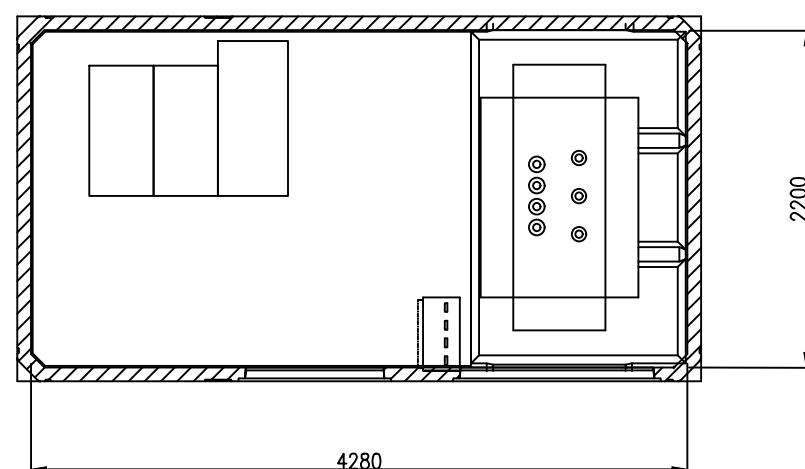
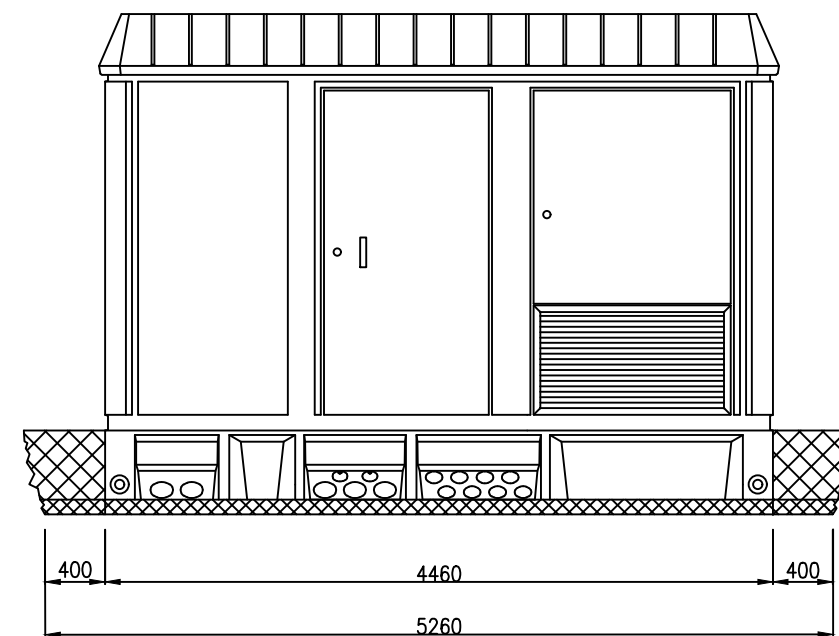
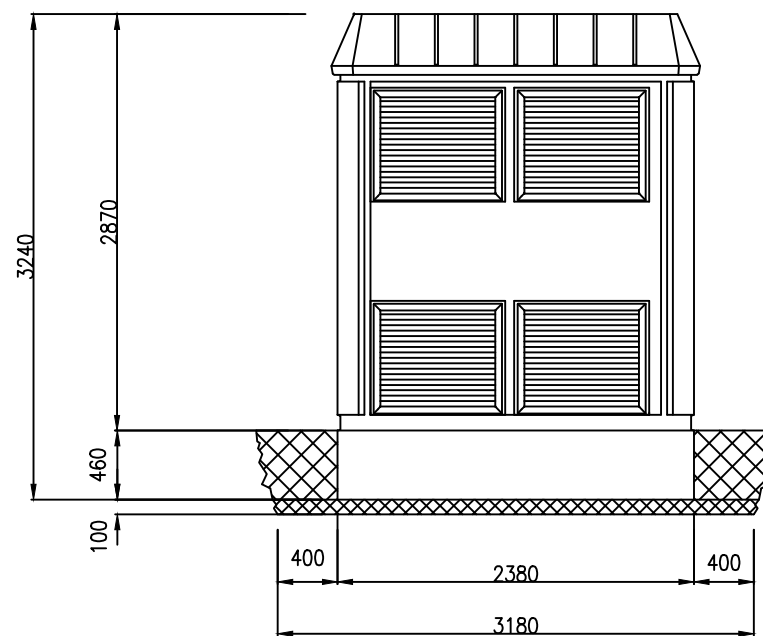
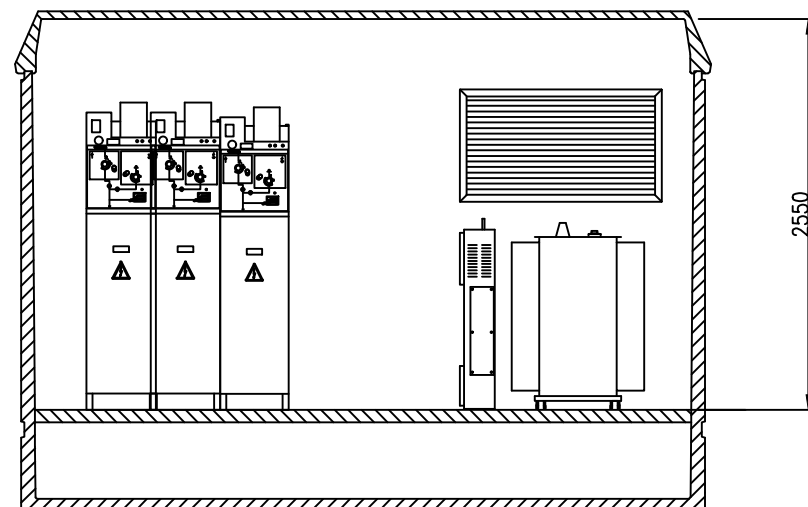
Sección A-A'



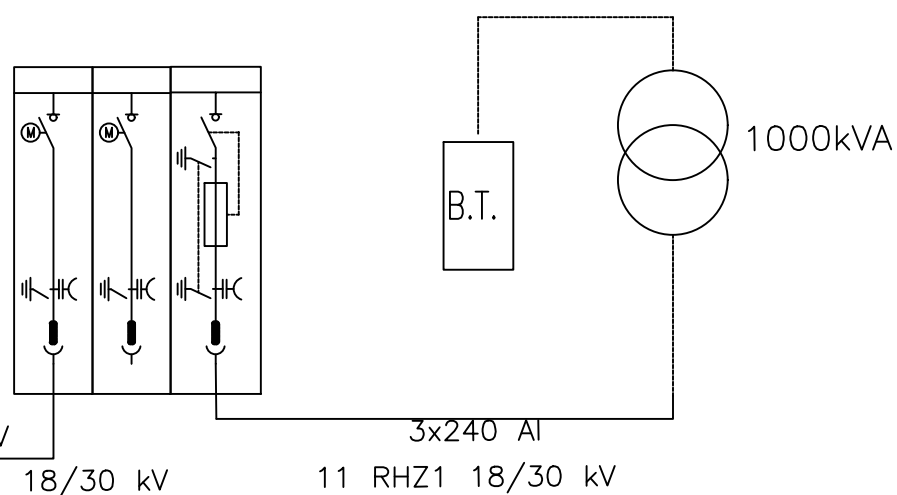
Planta



Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Arquetas	Nº12	Nº Colegiado: 9872534
		Titulación	Nº Expediente: 188
		G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany
		Escala:	
		Fecha: Enero 2024	




DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
5.26 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.

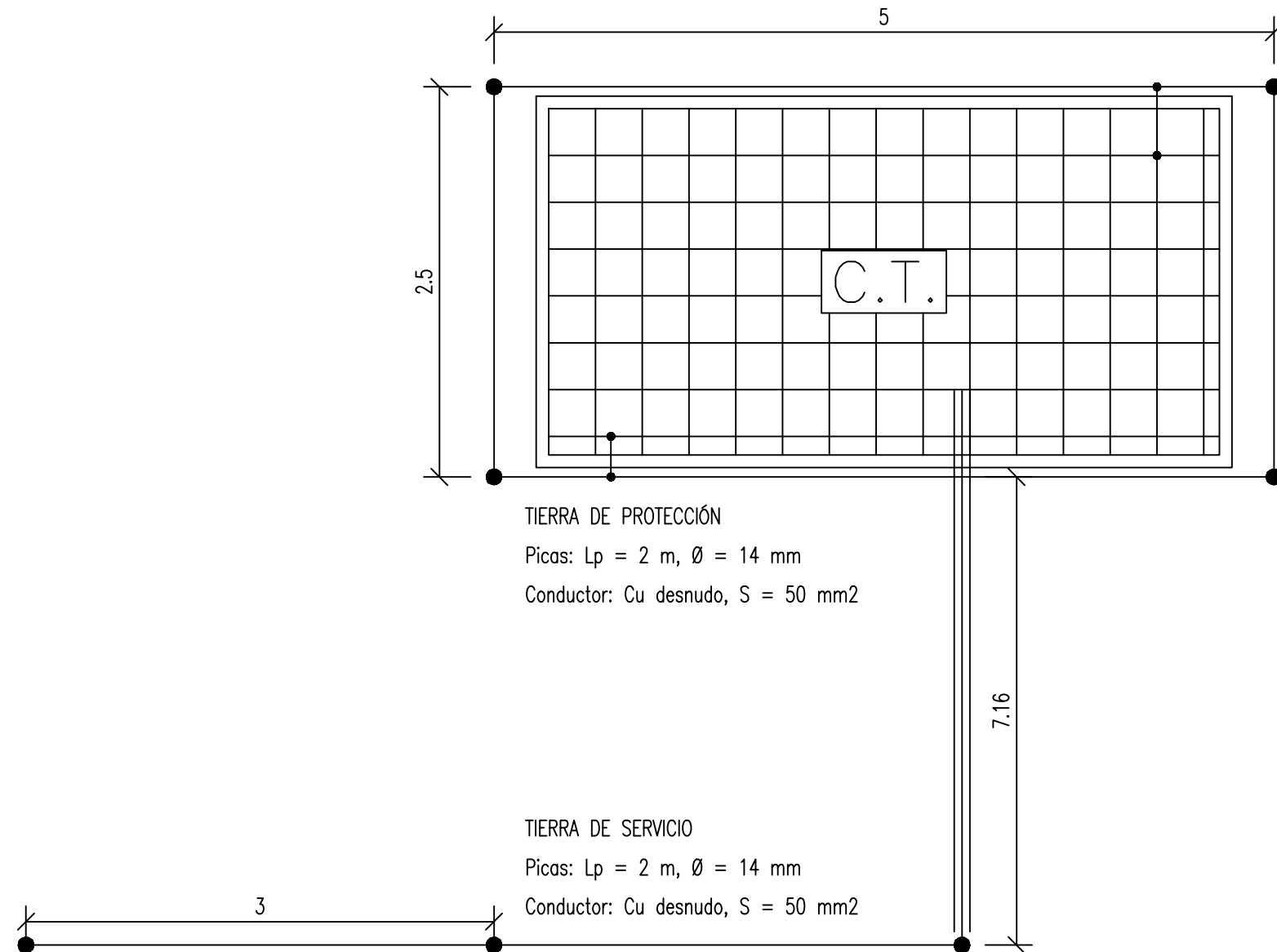


Línea de 25 kV
3x240 Al 11 RHZ1 18/30 kV

3x240 Al
11 RHZ1 18/30 kV

Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Detalles del CT	Nº13	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
G.Ingeniería eléctrica	Solicitante:	Escala:	
	Ayuntamiento de L'estany	Fecha: Enero 2024	

PUESTAS A TIERRA




TIERRA DE PROTECCIÓN
 Configuración: 50-25/5/42
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Número de picas: 4
 Longitud picas: 2

NOTA: En el piso del Centro de Transformación se instalará un mallazo electrosoldado, con redondos de diámetro no inferior a 4 mm. formando una retícula no superior a 0,30x0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos opuestos de la puesta a tierra de protección del Centro. Dicho mallazo estará cubierto por una capa de hormigón de 10 cm. como mínimo. Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

TIERRA DE SERVICIO
 Configuración: 5/32.
 Profundidad electrodo: 0.5 m
 Separación picas: 3 m
 3 picas en hilera unidas por conductor horizontal
 Sección conductor: 50 mm²
 Diámetro picas: 14 mm
 Longitud picas: 2

NOTA: El conductor de conexión entre el neutro del transformador y el electrodo de la tierra de servicio será de cable aislado 0,6/1kV de 50 mm² en Cu, bajo tubo de PVC con grado al impacto 7 (mínimo)

Proyecto	Título	Nº Plano	Tecnico: Hamza Ouahoud Ouahoud
DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN DE 25 kV	Puesta a tierra	Nº14	Nº Colegiado: 9872534
	Titulación	Nº Expediente: 188	
	G.Ingeniería eléctrica	Solicitante: Ayuntamiento de L'estany	
			Fecha: Agosto 2020

5 Presupuesto

5.1 Línea Aérea MT

APOYOS

Nº Apoyo	Denominación	Armado	Peso (Kg)	Importe (€)
1	C-3000-14	T	840	1680
2	C-1000-14	T	447	894
3	C-1000-14	T	447	894
4	C-2000-14	T	682	1364
5	C-500-12	T	358	716
6	C-500-12	T	358	716
7	C-1000-14	T	447	894
8	C-1000-14	T	447	894
9	C-1000-14	T	447	894
10	C-1000-14	T	447	894
11	C-2000-14	T	682	1364
TOTAL				11204 €

Tabla 27: Apoyos.

CIMENTACIONES

Nº Apoyo	Tipo de cimentación	Volumen hormigón (m3)	Importe (€)
1	Monobloque	3,62	228
2	Monobloque	2,53	159
3	Monobloque	2,53	159
4	Monobloque	3,24	204
5	Monobloque	2,09	132
6	Monobloque	2,09	132
7	Monobloque	2,53	159
8	Monobloque	2,09	132
9	Monobloque	2,53	159
10	Monobloque	2,53	159
11	Monobloque	3,07	194
TOTAL			1819 €

Tabla 28: Cimentaciones.

CONDUCTORES

Conductor	Tipo	Longitud (Km)	Importe (€)
Conductor de fase	LA-56	3,71	12357
TOTAL			12357 €

*Tabla 29: Conductores.***AISLADORES, PAT, SECCIONADOR Y PARARRAYOS**

Elemento	Unidades (Ud.)	Importe (€)
Aislador cadena amarre CS 70 AB170/1150	60	3854
Pat apoyo MT/BT zona normal + MDO	11	1078
Seccionador SF6	1	3572
Pararrayos de 10kV	1	717
TOTAL		9221 €

*Tabla 30: Elementos de la línea.***ELEMENTOS DE PROTECCIÓN AVIFAUNA**

Elemento	Unidades (Ud.)	Importe (€)
Forado avifauna apoyo singular + MDO	11	2215
Prot avifauna kit ais amarre + MDO	60	7250
TOTAL		9466 €

*Tabla 31: Avifauna.***MANO DE OBRA**

Elemento	Unidades	Importe (€)
Montaje, armado e izado de apoyos	5062 Kg.	5208
Excavación y hormigonado	25 m3	3080
Tendido, tensado y engrapado del conductor de fase	3,72 Km.	4785
Colocación de dispositivos anticolidión en fase.	186 Ud.	1488
TOTAL		11204 €

Tabla 32: MDO.

5.2 Línea Subterránea

Elemento	Unidades	Importe (€)
Línea subterránea RHZ1-OL, 18/30 kV, 3x240 mm ²	200	13354
Tubo polietileno ϕ 200 corrugado	200	4900
Arqueta tipo A-1	1	123
Arqueta tipo A-2	1	200
Excavación de zanja en acera	180	14400
Excavación de zanja en calzada	30	1800
Placa de protecció/senyalització	200	214
TOTAL		34991 €

Tabla 33: Línea subterránea.

5.3 Centro de Transformación OBRA CIVIL

Elemento	Unidades	Importe (€)
Edificio de Transformación: Edificio prefabricado constituido por una envolvente	1	10270
TOTAL		10270 €

Tabla 34: Obra civil.

EQUIPO DE MT

Elemento	Unidades	Importe (€)
cgm.3-1 (Celda de línea): Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas.	2	10112
cgm.3-p (Celda de protección): Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas	1	5727
Puentes MT Transformador 1: Cables MT 18/30 kV	1	1481
TOTAL		17320 €

Tabla 35: Equipo de MT.

EQUIPO DE POTENCIA

Elemento	Unidades	Importe (€)
Transforma aceite 36 kV: Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL	1	30767
TOTAL		30767 €

*Tabla 36: Transformador.***SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

Elemento	Unidades	Importe (€)
Tierras Exteriores Prot Transformación: Anillo rectangular	1	1285
Tierras Exteriores Serv Transformación: Picas alineadas	1	630
Tierras Interiores Prot Transformación: Instalación interior tierras	1	925
Tierras Interiores Serv Transformación: Instalación interior tierras	1	925
TOTAL		3765 €

*Tabla 37: PAT.***5.4 Resumen**

Zona	Importe (€)
Línea aérea	55271 €
Línea subterránea	34991 €
Centro de transformación	62122 €
PEM	152384 €
Gastos generales 13%	19809,92 €
Beneficio industrial 6%	9143,04 €
IVA 21%	32000,64 €
TOTAL	213337,6 €

Tabla 38: Resumen.

6 Pliego de Condiciones

6.1 Objetivo

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones para la distribución de energía eléctrica, cuyas características técnicas estarán especificadas en el presente pliego y correspondiente proyecto.

6.2 Disposiciones Generales

La obra deberá ajustarse a la descripción realizada en la memoria, planos y presupuesto del presente proyecto.

Las calidades de los materiales deberán respetar las especificaciones mínimas.

El director técnico de la obra será la única persona capacitada para juzgar, en caso de duda y omisiones del proyecto. Lo mismo que en caso de variación de parte o del total de la obra, si no estuviese bien realizada.

El contratista está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten.

En particular deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 "contratación de obras, condiciones generales", siempre que no modifiquen el presente pliego de condiciones.

El contratista deberá estar clasificado, según orden del ministerio de hacienda de 28 de marzo de 1968 en el grupo, subgrupo y categoría correspondientes al proyecto y que se fijará en el pliego de condiciones particulares, en caso de que proceda.

6.3 Organización del Trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de estos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del director de obra, al amparo de las condiciones siguientes:

6.3.1 Datos de la Obra:

Se entregará al contratista una copia de los planos y pliego de condiciones del proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de

acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el contratista alteraciones, correcciones, ni adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de obra.

6.3.2 Replanteo de la Obra

El director de obra, una vez que el contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención a los puntos singulares, entregando al contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de las mismas.

Se levantará por duplicado un acta, en la que constarán, muy bien los datos entregados, firmados por el director de obra y por el representante del contratista.

Los gastos de replanteo serán por cuenta del contratista.

6.3.3 Mejoras y Variaciones del Proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

6.3.4 Recepción del Material

El director de obra, de acuerdo con el contratista, dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del contratista.

6.3.5 Organización

El contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el pliego de condiciones, la organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El contratista deberá, sin embargo, informar al director de obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas ordenes le dé éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el contratista deberá dar cuenta diaria al director de obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar.

Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del director de obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

6.3.6 Ejecución de las Obras

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto y a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y en el pliego particular si lo hubiera, y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de condiciones técnicas.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de la obra en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas especificadas.

El Contratista no podrá utilizar, en los trabajos, personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

6.3.7 Subcontratación de las Obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá este concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) A que se dé conocimiento por escrito al director de obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquel lo autorice previamente.
- b) A que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratante no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al contratista de ninguna de sus obligaciones con respecto al contratante.

6.3.8 Plazo de Ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el director de obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa, ajena por completo al contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el director de obra, la prórroga estrictamente necesaria.

6.3.9 Recepción Provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el contratante, requiriendo para ello la presencia del director de obra y del representante del contratista levantándose las actas que correspondan en las que se harán constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso.

Dichas actas serán firmadas por el director de obra y el representante del contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el pliego de condiciones técnicas y en el proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el acta y se darán al contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución.

Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del contratista.

Si el contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

6.3.10 Periodos de Garantía

El periodo de garantía será señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del acta de recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el contratista es responsable de la conservación de la obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el contratista garantizará al contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la obra.

6.3.11 Recepción Definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del director de obra y del representante del contratista levantándose el acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el director de obra y el representante del contratista y ratificada por el contratante y el contratista.

6.3.12 Pago de Obras

El pago de las obras realizadas se hará sobre certificaciones parciales, que se practicarán mensualmente. Dichas certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran.

La relación valorada que figure en las certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, y con la ubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

El director de obra expedirá las certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documento provisional a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por las certificaciones siguientes.

6.3.13 Abono de Materiales Acopiados:

Cuando a juicio del director de obra no haya peligro de que desaparezcan o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación.

Dicho material será indicado por el director de obra e indicado en el Acta de recepción de Obra.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían.

6.4 Condiciones Técnicas en la Ejecución

El director técnico de la obra será la única persona capacitada para juzgar, en caso de duda y omisiones del proyecto, lo mismo que en caso de variación de parte o del total de la obra, si no estuviese bien realizada.

6.4.1 Línea Aérea

6.4.1.1 Excavaciones

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por el director de obra.

Las paredes de los hoyos serán verticales. Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el director de obra.

El contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno.

En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos.

Cuando deban emplearse explosivos, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones de este.

6.4.1.2 Hormigonado

Este se deberá dosificar a 250 kgrs de cemento por cada metro cúbico.

Si la excavación superara el 10 % del volumen técnico, por conveniencia del contratista, siempre de acuerdo con el director técnico de las obras, o el empleo de explosivos, la dosificación del hormigón será siempre la misma.

El cemento empleado será Portland, de fraguado lento, o bien de otra marca similar, de primera calidad.

Los áridos empleados para las cimentaciones de los apoyos deberán ser de buena calidad, limpios y no heladizos, estando exentos de materiales orgánicos y de arcillas.

Será preferible la piedra con aristas y superficies rugosas y ásperas, por su mayor adherencia al mortero.

La arena puede proceder de minas o canteras, ríos, o bien, de machaqueo.

La dimensión de los granos de arena no será superior al 6 % (ensayo de granulometría).

El agua empleada para la ejecución del hormigón será limpia y exenta de elementos orgánicos, arcillas, etc.

6.4.1.3 Armado e Izado de Apoyos Metálicos

El transporte de todos los materiales a la obra se realizará con el mayor cuidado, e intentando evitar al máximo los posibles desperfectos que pudieran acontecer.

En caso de dobleces de barras, estas se enderezarán en caliente. Los taladros que se tengan que realizar, se harán con punzón o carraca, nunca por sopletes. Los taladros que no se usen, se cerrarán por medio de soldadura. En caso de que haya que aumentar el diámetro de estos, se hará por mediación del escariador. Se deberán eliminar las rebabas de estos.

Para el armado se empleará puntero y martillo para que coincidan las piezas que se unen, pero con cuidado para no agrandar el taladro.

Se aconseja armar en tierra el mayor número posible de piezas.

El izado deberá hacerse sin originar deformaciones permanentes sobre elementos que componen el apoyo.

Cuando la torre está izada, se hará un repaso general del ajuste de los componentes.

Los postes de hormigón se transportarán en vehículos preparados al efecto y al depositarlos se hará en un lugar llano y con sumo cuidado en evitación de deformaciones de estos.

Todas las piezas deberán estar recubiertas de material blando y flexible (gomas naturales o sintéticas).

6.4.1.4 Tendido, Tensado y Regulado de los Conductores

Los cables deberán tratarse con el mayor cuidado para evitar deterioros, lo mismo que las bobinas donde se transportan.

En la hora de desenrollar los cables se debe cuidar que no rocen con el suelo.

Para ejercer la tracción se pueden emplear cuerdas pilotos, pero deben ser las mismas del tipo flexible y antigiratorias, montando bulones de rotación para compensar los defectos de la torsión. Si se produce alguna rotura en los hilos de los cables, por cualquier causa, se deberán colocar manguitos separatorios.

Todo el tendido y tensado de los conductores se realizará conforme a la tabla de tendido proporcionada por el proyectista, y conforme a las características climatológicas a las que se va a realizar la operación.

- Poleas de tendido: Para cables de aluminio, estas serán de aleación de aluminio. El diámetro será entre 25 y 30 veces el diámetro del cable que se extienda. Esta polea estará calculada para aguantar esfuerzos a que deba ser sometida.
- Tensado: Este deberá realizarse arriostrando las torres de amarre a los apoyos de hormigón de anclajes en sentido longitudinal. El tensado de los cables se hará por medio de un cable piloto de acero en evitación de flexiones exageradas. Todos los aparatos para el tensado deberán colocarse a distancia conveniente de la torre se tense, para que el ángulo formado por las tangentes del piloto al paso por la polea no sea inferior a los 150 grados.
- Regulado: Toda línea se divide en trozos de longitudes variables según situación de vértices. En el perfil longitudinal se definen los vanos y en los cálculos las flechas de cada uno de ellos, y al mismo se deberá adaptar.

6.4.1.5 Cadena de Aisladores

Estos se limpiarán cuidadosamente antes de ser montados. Se tendrá especial cuidado en su traslado y colocación para que no sufran desperfectos los herrajes que unen las cadenas.

6.4.1.6 Empalmes

Serán de tal calidad que garanticen la resistencia mecánica exigida por los Reglamentos y no exista aumento de la resistencia del conductor.

Los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente, tanto interior como exteriormente, con cepillo y baquetas especiales.

6.4.1.7 Engrapado

Para el mismo se deberá tomar medida para conseguir un buen aplomo de las cadenas de aisladores.

El apretado de los tornillos de las grapas se debe hacer alternativamente para asegurar un buen apriete.

6.4.2 Línea Subterránea

6.4.2.1 Trazado

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se vayan a abrir las zanjas, señalando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen puentes o llaves para la contención del terreno. Si se conocen las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones necesarias.

Se realizará la señalización de los trabajos de acuerdo con la normativa vigente y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos y personal.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en las curvas según a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar.

6.4.2.2 Demolición de Pavimentos

Se efectuará con medios manuales o mecánicos, trasladando a vertedero autorizado los cascotes y tierras sobrantes.

Para dar cumplimiento a la normativa sobre emisiones de ruido en la vía pública, las herramientas neumáticas que hayan de utilizarse, así como los compresores, serán del tipo insonorizados.

Cuando se trate de calzadas con mortero asfáltico u hormigón en masa se efectuará previamente un corte rectilíneo de una anchura 5-10 cm superior a la anchura de la zanja tipo.

6.4.2.3 Apertura de Zanjas

Antes del inicio de la obra se obtendrá de las empresas de servicios la afectación que la traza indicada en el plano de obra tiene sobre sus instalaciones.

Se iniciará la obra efectuando catas de prueba con objeto de comprobar los servicios existentes y determinar la mejor ubicación para el tendido.

Al marcar el trazado de zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura que hay que respetar en los cambios de dirección.

Las paredes de las zanjas serán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

En el caso de que exista o se prevea la instalación de nuevos servicios y estos comprometan la seguridad del tendido de la red subterránea de MT, se aumentará la profundidad de la zanja, para cumplir las prescripciones reglamentarias.

Se procurará dejar un espacio mínimo de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deberán tomar las precauciones precisas para no tapar con tierra los registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Si existen árboles en las inmediaciones de la ubicación de la canalización, se definirán con el servicio de conservación de parques y jardines del ayuntamiento, o con el organismo que corresponda las distancias a mantener.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública, se dejarán los pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación, se precisará una autorización especial del organismo competente.

En el caso de construcción de nuevos tubulares para cruces, se procederá a la realización de las mismas por carriles de circulación, abriendo y tapando sucesivamente hasta el último carril en que se colocarán los tubos, se hormigonarán y se continuará con los tramos anteriores.

Cuando la naturaleza del tráfico rodado permita la colocación de planchas de hierro adecuadas, no se tapaná la zanja abierta, teniendo la precaución de fijarlas sobre el piso mediante elementos apropiados.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las indicadas en el proyecto. El fondo de la zanja deberá estar en terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que pudieran someter a los cables a esfuerzos por estiramiento.

6.4.2.4 Canalizaciones

Las zanjas a construir deberán ser paralelas a la línea de bordillo a una distancia tal que permita salvar los albañales de recogida de aguas y futuras construcciones de estos.

En el caso de tubulares directamente enterrados estos se instalarán sobre un lecho de arena y posteriormente serán cubiertos también con arena. Las dimensiones serán las indicadas en el proyecto.

En los casos de dificultad en el acopio de arena, el técnico encargado de la obra podrá autorizar el cambio por otro material de similares características.

Para tubos en dado de hormigón las embocaduras se dispondrán para que eviten la posibilidad de rozamientos internos contra los bordes durante el tendido. Además, se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro de los cables.

Previamente a la instalación del tubo, el fondo de la zanja se cubrirá con una lechada de hormigón HNE-15/B/20 de 6 cm de espesor.

El bloqueo de los tubos se llevará a cabo con hormigón de resistencia HNE-15/B/20 cuando provenga de planta o con una dosificación del cemento de 200 kg/m³ cuando se realice a pie de obra, evitando que la lechada se introduzca en el interior de los tubos por los ensambles. Para permitir el paso del hormigón se utilizarán separadores de tubos.

Terminada la tubular, se procederá a su limpieza interior.

El hormigón de la tubular no debe llegar hasta el pavimento de rodadura, pues facilita la transmisión de vibraciones. Cuando sea inevitable, debe intercalarse una capa de tierra o arena que actúe de amortiguador.

Los tubos quedarán sellados con espumas expandibles impermeables, yeso o mortero ignífugo.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán preferentemente a distinta profundidad los tubos previstos para la MT y para la BT, procurando que la canalización de MT discorra por debajo de la de BT.

En tramos largos se evitará la posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape con relación al perfil altimétrico.

6.4.2.5 Tendido de Cables

Cuando el cable se tienda a mano o con cabrestantes y dinamómetro, y haya que pasar el mismo por un tubo, se facilitará esta operación mediante una cuerda, unida a la extremidad del cable, que llevará incorporado un dispositivo de manga tiracables, teniendo cuidado de que el esfuerzo de tracción sea lo más débil posible, con el fin de evitar alargamiento de la funda de plomo, según se ha indicado anteriormente.

Se situará una persona en la embocadura de cada cruce de tubo, para guiar el cable y evitar el deterioro de este o rozaduras en el tramo del cruce.

Los cables de media tensión unipolares de un mismo circuito, pasarán todos juntos por un mismo tubo, dejándolos sin encintar dentro del mismo.

En aquellos casos especiales que a juicio del supervisor de la obra se instalen los cables unipolares por separado, cada fase pasará por un tubo y en estas circunstancias los tubos no podrán ser nunca metálicos.

Se evitarán en lo posible las canalizaciones con grandes tramos entubados y si esto no fuera posible se construirán arquetas intermedias en los lugares marcados en el proyecto, o en su defecto donde indique el supervisor de obra.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán perfectamente con cinta de yute Pirelli Tupir o similar, para evitar el arrastre de tierras, roedores, etc., por su interior y servir a la vez de almohadilla del cable. Para ello se cierra el rollo de cinta en sentido radial y se ajusta a los diámetros del cable y del tubo quitando las vueltas que sobren.

6.4.2.6 Protección Mecánica y Señalización

El cable se protegerá mecánicamente mediante placa de polietileno normalizada, según se indica en los planos correspondientes y solamente para cable en tubo directamente enterrado.

Adicionalmente, todo conjunto de cables deberá estar señalado por una cinta de advertencia de riesgo eléctrico colocada a la distancia indicada en el correspondiente plano.

6.4.2.7 Cierre de Zanjas

Se deberá seguir las indicaciones del plano relacionado con las zanjas para su cierre.

En las zonas donde se requiera efectuar reposición de pavimentos, se rellenará hasta la altura conveniente que permita la colocación de estos.

Finalmente, se reconstruirá el pavimento, si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura. Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de estos.

Deberá lograrse una homogeneidad, de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción con piezas nuevas si está compuesto por losas, losetas, etc. En general serán utilizados materiales nuevos salvo las losas, bordillo de granito y otros similares.

6.4.3 Centro de Transformación

6.4.3.1 Obra Civil

La envolvente empleada en la ejecución de este proyecto cumplirá las condiciones generales prescritas en el MIE-RAT 14, instrucción primera del reglamento de seguridad en centrales eléctricas, en lo referente a su inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. Señalización, sistemas contra incendios, alumbrados, primeros auxilios, pasillos de servicio y zonas de protección y documentación.

6.4.3.2 Aparamenta de Media Tensión

Las celdas empleadas serán prefabricadas, con envolvente metálica, y que utilicen gas para cumplir dos misiones:

Aislamiento: El aislamiento integral en gas confiere a la aparamenta sus características de resistencia al medio ambiente, bien sea a la polución del aire, a la humedad, o incluso a la eventual sumersión del centro por efecto de riadas.

Por ello, esta característica es esencial especialmente en las zonas con alta polución, en las zonas con clima agresivo (costas marítimas y zonas húmedas) y en las zonas más expuestas a riadas o entradas de agua en el centro.

Corte: El corte en gas resulta más seguro que el aire, debido a lo explicado para el aislamiento.

Igualmente, las celdas empleadas habrán de permitir la extensibilidad "in situ" del centro, de forma que sea posible añadir más líneas o cualquier otro tipo de función, sin necesidad de cambiar la aparamenta previamente existente en el centro.

6.4.3.3 Transformadores de Potencia

El transformador instalado en este Centro de Transformación será trifásico, con neutro accesible en el secundario y demás características según lo indicado en la memoria en los apartados correspondientes a potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias del transformador.

Los transformadores, para mejor ventilación, estarán situados en la zona de flujo natural de aire, de forma que la entrada de aire esté situada en la parte inferior de las paredes adyacentes al mismo y las salidas de aire en la zona superior de esas paredes.

6.4.3.4 Equipos de Medida

Al tratarse de un Centro para distribución pública, no se incorpora medida de energía en MT, por lo que esta se efectuará en las condiciones establecidas en cada uno de los ramales en el punto de derivación hacia cada cliente en BT, atendiendo a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Puesta en servicio

El personal encargado de realizar las maniobras debe estar debidamente autorizado y adiestrado.

Las maniobras se deben realizar en el siguiente orden: primero se conecta el interruptor/seccionador de entrada, si lo hubiere. A continuación, se conecta la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a este trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

Una vez realizadas las maniobras de MT, procederemos a conectar la red de BT.

Separación de servicio

Estas maniobras se deben ejecutar en sentido inverso a las realizadas en la puesta en servicio y no se darán por finalizadas mientras no esté conectado el seccionador de puesta a tierra.