



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



---

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos**

# **TRABAJO FIN DE GRADO**

## **DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA LÍNEA DE ALTA TENSIÓN**

---

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Autor:** Antonio Benítez Naranjo

**Tutor:** D. Juan Franquelo Soler

**Cotutor:** D. Francisco José Soto Lara

Málaga, octubre de 2024

---







## - Título

Diseño y Cálculo de una línea de alta tensión.

## - Resumen

En este Trabajo Fin de Grado titulado “Diseño y cálculo de una línea de alta tensión” se realiza el cálculo y dimensionamiento de una línea de media tensión de 20 kV, que partirá desde la subestación de Alhaurín (Alhaurín de la Torre) para dar servicio a las urbanizaciones de San Jorge de Ardalejos, La Paca y La Chichara, situadas todas ellas en el término municipal de Alhaurín el Grande (Málaga).

Para ello, la línea partirá desde la subestación de Alhaurín (coordenadas UTM: X=359172,85; Y=4057875,28) mediante una línea subterránea, cuyo trazado transcurre por las calzadas y aceras principales de Alhaurín de la Torre, hasta llegar al apoyo de conversión aéreo-subterránea próximo a la venta Vázquez (coordenadas UTM: X=357486,50; Y=4057246,50). En este apoyo tendrá su origen la línea aérea, la cual discurre por la falda de la sierra de Mijas hasta llegar al apoyo de conversión aéreo-subterránea próximo a la urbanización La Paca (coordenadas UTM: X=351642,54; Y=4057155,22), del cual partirá la línea subterránea en anillo para dar servicio a las urbanizaciones mencionadas anteriormente.

## - Palabras clave

Línea eléctrica, media tensión, subestación, tramo subterráneo, puesta a tierra, pantalla, tramo aéreo, apoyo, conductor, aislador, flecha, cimentación, centro de transformación, urbanización.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES





- **Title**

Design and calculation of a high voltage line.

- **Abstract**

In this Final Degree Project entitled "Design and calculation of a high voltage line", the calculation and sizing of a 20 kV medium voltage line is carried out, which will depart from the Alhaurín substation (Alhaurín de la Torre) to provide service to the housing developments of San Jorge de Ardalejos, La Paca and La Chichara, all located in the municipality of Alhaurín el Grande (Málaga).

To do this, the line will start from the Alhaurín substation (UTM coordinates:  $X=359172.85$ ;  $Y=4057875.28$ ) by means of an underground line, the route of which runs along the main roads and pavements of Alhaurín de la Torre, until it reaches the overhead-underground conversion support near the Vázquez sale (UTM coordinates:  $X=357486.50$ ;  $Y=4057246.50$ ). The overhead line originates at this support and runs along the slopes of the Mijas mountain range until it reaches the overhead-underground conversion support near the La Paca housing estate (UTM coordinates:  $X=351642.54$ ;  $Y=4057155.22$ ), from which the underground ring line will start to serve the aforementioned housing estates.

- **Keywords**

Power line, medium voltage, substation, underground section, earthing, screen, overhead section, support, conductor, insulator, shaft, foundation, transformer station, development.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# 1. ÍNDICE



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 1. ÍNDICE.....                                      | V   |
| 2. MEMORIA.....                                     | 9   |
| 3. ANEXOS.....                                      | 72  |
| 3.1. ANEXO I: CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS ..... | 74  |
| 3.2. ANEXO II: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD .....   | 219 |
| 3.3. ANEXO III: ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL.....  | 265 |
| 3.4. ANEXO IV: GESTIÓN DE RESIDUOS .....            | 277 |
| 4. PLANOS .....                                     | 295 |
| 5. PLIEGO DE CONDICIONES .....                      | 337 |
| 6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....                   | 369 |



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## 2. MEMORIA



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES





# Índice

## Página

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Objeto.....                                                                   | 13 |
| 2. Alcance.....                                                                  | 13 |
| 3. Antecedentes.....                                                             | 13 |
| 4. Normas y referencias .....                                                    | 13 |
| 4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....                               | 13 |
| 4.2. Programas de cálculo .....                                                  | 17 |
| 4.3. Bibliografía .....                                                          | 17 |
| 5. Definiciones y abreviaturas .....                                             | 18 |
| 6. Justificación de la necesidad de la línea .....                               | 20 |
| 7. Análisis y elección de las diferentes propuestas de trazado de la línea ..... | 20 |
| 8. Emplazamiento y trazado de la línea .....                                     | 21 |
| 9. Descripción de la línea.....                                                  | 22 |
| 9.1. Tramo línea subterránea.....                                                | 22 |
| 9.1.1. Características del trazado .....                                         | 22 |
| 9.1.2. Conductor .....                                                           | 22 |
| 9.1.3. Pantallas eléctricas.....                                                 | 24 |
| 9.1.4. Empalmes.....                                                             | 25 |
| 9.1.5. Canalización .....                                                        | 26 |
| 9.1.6. Puntos de acceso .....                                                    | 27 |
| 9.1.7. Cruzamientos y paralelismos.....                                          | 28 |
| 9.1.8. Puesta a tierra .....                                                     | 28 |
| 9.1.9. Protecciones .....                                                        | 29 |
| 9.2. Centros de transformación.....                                              | 31 |
| 9.2.1. Características generales de los Centros de Transformación pfu.4/20 ..... | 31 |
| 9.2.2. Ubicación de los Centros de Transformación .....                          | 34 |
| 9.2.3. Características generales de la aparamenta MT .....                       | 34 |
| 9.2.3.1. Celdas cgmcosmos de tipo compacto.....                                  | 34 |

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.2.3.2. E/S1.E/S2,PT1: cgmcosmos-2lp .....                                       | 37 |
| 9.2.4. Características generales del transformador en aceite de 24 kV .....       | 39 |
| 9.2.5. Unidades de protección, automatismo y control .....                        | 39 |
| 9.2.6. Limitación de campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de AT .. | 40 |
| 9.2.7. Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de AT .....        | 40 |
| 9.2.8. Sistemas contra incendios .....                                            | 40 |
| 9.2.9. Puesta a tierra .....                                                      | 41 |
| 9.3. Tramo línea aérea .....                                                      | 42 |
| 9.3.1. Características del trazado .....                                          | 42 |
| 9.3.2. Conductor .....                                                            | 43 |
| 9.3.3. Apoyos .....                                                               | 44 |
| 9.3.4. Crucetas .....                                                             | 46 |
| 9.3.5. Conversión aéreo-subterránea .....                                         | 46 |
| 9.3.6. Terminales.....                                                            | 47 |
| 9.3.7. Empalmes y conexiones .....                                                | 47 |
| 9.3.8. Cadenas de aisladores .....                                                | 47 |
| 9.3.9. Protecciones .....                                                         | 50 |
| 9.3.10. Señalización de los apoyos .....                                          | 51 |
| 9.3.11. Balizas de señalización.....                                              | 51 |
| 9.3.12. Protección de la avifauna .....                                           | 52 |
| 9.3.13. Estudio efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas .....     | 53 |
| 9.3.14. Distancias mínimas de seguridad .....                                     | 53 |
| 9.3.15. Cruzamientos y paralelismos.....                                          | 58 |
| 9.3.16. Puesta a tierra .....                                                     | 60 |
| 9.3.17. Cimentaciones .....                                                       | 61 |
| 9.3.18. Expropiaciones y compensaciones económicas .....                          | 62 |
| 9.3.19. Tramitación ambiental de la instalación.....                              | 70 |
| 10. Seguridad y salud.....                                                        | 70 |
| 11. Orden de prioridad entre los documentos .....                                 | 70 |

## 1. Objeto

El presente Trabajo de Fin de Grado titulado “Diseño y cálculo de una línea de alta tensión” pretende realizar el dimensionamiento de una línea de media tensión de 20 kV, que partirá desde la subestación de Alhaurín (Alhaurín de la Torre) para dar servicio a las urbanizaciones de San Jorge de Ardalejos, La Paca y La Chichara, situadas todas ellas en el término municipal de Alhaurín el Grande (Málaga). Para ello, se realizará su correspondiente proyecto de ejecución cumpliendo con la normativa vigente.

## 2. Alcance

Este proyecto abarca la ejecución y verificación de la totalidad de la línea eléctrica de 20 kV, incluyendo los centros de transformación correspondientes del tramo subterráneo en anillo.

No se incluye en el mismo ninguna conexión al embarrado de baja tensión de los transformadores, ni la distribución en baja tensión a las diferentes viviendas que constituyen las urbanizaciones.

## 3. Antecedentes

Actualmente se está produciendo un aumento de la demanda de energía eléctrica provocado por el gran crecimiento que están sufriendo las urbanizaciones, esto hace necesaria la instalación de una nueva línea eléctrica de media tensión que permita satisfacer la nueva demanda con suficiente margen para prever esta tendencia en el futuro.

## 4. Normas y referencias

### 4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

El presente proyecto cumple con las siguientes disposiciones legales y normativa vigente:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 330/2016, de 9 de septiembre, relativo a medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- BOJA núm. 209 DECRETO 178/2006, de 10 de octubre, por el que se establecen normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 10/2006, de 28 de abril, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

- Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Guía de Interpretación DYZ10000 Línea Subterránea Media Tensión v1 completa de Endesa.
- Norma UNE 211027 Accesorios de conexión. Empalmes y terminación para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- Norma UNE-EN 61442 Métodos de ensayo para accesorios de cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) a 36 kV ( $U_m = 42$  kV).
- Norma GE DND002 Empalmes para cables unipolares con aislamiento seco para redes de MT hasta 30 kV de Endesa.
- Norma UNE-EN 62262:2002 Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- Norma UNE-EN 62271-202:2015 Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.
- UNE-EN 62271:2019 Aparata de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparata de corriente alterna.
- Guía de Interpretación NRZ102 Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión de Endesa.
- Guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa.
- Documento AND0100 Conductores desnudos para líneas eléctricas aéreas de alta tensión nominal hasta 30 kV de Endesa.
- Norma UNE-EN 50182 Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- Norma UNE 207017 Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.

- Norma UNE EN 10025-1-2006 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro.
- Norma UNE-EN 10056-2:1994 Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 2: tolerancias dimensionales y de forma.
- Norma UNE-EN 10056-1:2017 Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 1: Medidas.
- Norma GE AND001 Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de M.T. hasta 30 kV.
- Norma GE AND012 Aisladores compuestos para cadenas de líneas aéreas de M.T., hasta 30 kV.
- Ley de 16 de diciembre de 1954 sobre expropiación forzosa.
- Guía NRZ001 Especificaciones Particulares instalaciones de distribución MT\_28122021 de Endesa.
- Documento NDZ00100 Estándar de Conversiones Aéreo Subterráneas de Endesa.
- Norma UNE 157001 Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- Norma UNE 21-192-92 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría. Método UNESA.
- Norma UNE-EN 61284:1999 Líneas eléctricas aéreas. Requisitos y ensayos para herrajes.
- Norma GE AND009 Herrajes y accesorios para conductores desnudos de líneas aéreas de A.T. hasta 36 kV de Endesa.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

## 4.2. Programas de cálculo

Los programas utilizados para la realización del proyecto son:

- Andelec v.22, para la creación y cálculo de la línea aérea.
- AutoCAD 2019, para la creación de los planos.
- AmiKIT 4.0, para la creación de los centros de transformación.
- Google Earth Pro, para la obtención de ortofotos.
- Microsoft Excel, para la realización de cálculos.
- Pages, para la redacción del proyecto.

## 4.3. Bibliografía

- Sede Electrónica del Catastro: <https://www.sedecatastro.gob.es>
- Iberpix: <https://www.ign.es/iberpix/visor/>
- Instituto Geográfico Nacional: <https://www.ign.es/web/ign/portal>
- Bombilla LED alumbrado público: <https://www.efectoled.com/es/comprar-lamparas-led-e40/398-bombilla-led-e40-54w-alumbrado-publico-corn-ip64.html>
- Documentación de Referencia Andelec: <https://www.andelec.es/documentos/>
- Zonas de Monte Público Junta de Andalucía: [https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F07\\_PATRIMONIO\\_NATURAL%2F02\\_MONTES%2FMontes\\_Publicos\\_Andalucia\\_2024%2FInfGeografica%2FInfVectorial](https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F07_PATRIMONIO_NATURAL%2F02_MONTES%2FMontes_Publicos_Andalucia_2024%2FInfGeografica%2FInfVectorial)
- Anuncio 1 Expropiaciones: <https://www.idealista.com/inmueble/103638640/>
- Anuncio 2 Expropiaciones: <https://www.idealista.com/inmueble/88193090/>
- Anuncio 3 Expropiaciones: <https://www.idealista.com/inmueble/100331546/>
- Anuncio 4 Expropiaciones: <https://www.yaencontre.com/venta/terreno/inmueble-56015-104567041>
- Anuncio 5 Expropiaciones: <https://www.fotocasa.es/es/comprar/terreno/alhaurin-de-la-torre/buenavista-lauro-golf/164905647/d>



## 5. Definiciones y abreviaturas

- Alta tensión (A.T.): toda tensión nominal superior a 1 kV.
- Media tensión (M.T.): término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas con una tensión nominal de entre 1 y 36 kV.
- Baja tensión (B.T.): toda tensión nominal inferior o igual a 1 kV.
- Embarrado: conductor de gran sección que permite que se conecten a este multitud de líneas.
- Pantalla: capa o capas conductoras cuya función es la de configurar el campo eléctrico en el interior del aislamiento y conducir las corrientes de defecto que circulan por esta a tierra.
- Empalme: unión de conductores que asegura su continuidad eléctrica y mecánica.
- Conexiones: unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.
- Cantón: conjunto de vanos de una línea eléctrica entre dos apoyos de amarre.
- Seccionador: aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierto asegura una distancia de seccionamiento que satisface unas condiciones específicas de aislamiento. Este es capaz de abrir o cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o a establecer, o bien cuando no se produce un cambio apreciable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador. También, es capaz de soportar corrientes de paso, en las condiciones normales del circuito, así como durante un tiempo especificado en condiciones anormales, tales como las de cortocircuito.
- Corriente de defecto o de falta: corriente que circula debido a un defecto de aislamiento.
- Centro de transformación: instalación provista de uno o varios transformadores reductores de A.T. a B.T. con la aparamenta y obra complementaria precisas.
- Empalme de un conductor: accesorio que garantiza la conexión entre dos conductores para formar un circuito continuo.
- Electrodo de tierra: conductor, o conjunto de conductores, enterrados que sirven para establecer una conexión con tierra. Los conductores no aislados, colocados en contacto con tierra para la conexión al electrodo, se considerarán parte de este.



- Impedancia: cociente de la tensión en los bornes de un circuito entre la corriente que fluye por ellos. Esta definición solo es aplicable a corrientes sinusoidales.
- Sobretensión: tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior al valor máximo que puede existir entre ellos en servicio normal.
- Tensión de contacto: es la fracción de la tensión de puesta a tierra que puede ser punteada por una persona entre la mano y un punto del terreno situado a un metro de separación o entre ambas manos.
- Tensión de defecto: tensión que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor, o entre una masa y tierra.
- Tensión de paso: es la parte de la tensión a tierra que aparece en caso de un defecto a tierra entre dos puntos del terreno separados a un metro.
- Vano de una línea: distancia entre dos apoyos consecutivos de una línea eléctrica.
- Apoyo de suspensión: apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
- Apoyo de amarre: apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
- Apoyo de anclaje: apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.
- UTM: Universal Transverse Mercator (coordenas).
- ITC: Instrucciones Técnicas Complementarias.
- LAT: Líneas de Alta Tensión.
- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- BOJA: Boletín Oficial de la Junta de Andalucía.
- UNE: Una Norma Española.
- LSMT: Línea Subterránea de Media Tensión.
- LAMT: Línea Aérea de Media Tensión.
- ZEPA: Zonas de Especial Protección para las Aves.
- LIC: Lugares de Importancia Comunitaria.

- CT: Centro de transformación.

## 6. Justificación de la necesidad de la línea

Debido a que la línea eléctrica ya existente no es capaz de abastecer la creciente demanda de energía eléctrica por parte de las urbanizaciones, se hace necesaria la instalación de una nueva línea eléctrica de media tensión que permita satisfacerla teniendo en cuenta su tendencia al alza en el futuro.

## 7. Análisis y elección de las diferentes propuestas de trazado de la línea

Respecto al trazado de la línea, se van a analizar dos posibles trazados, para ello se tendrán en cuenta las ventajas y desventajas de ambos y se elegirá el más conveniente.

En la siguiente imagen se pueden ver ambos trazados:



A continuación se muestra el perfil de elevación del tramo aéreo del trazado de color verde:



Y en la siguiente imagen se muestra el perfil de elevación del tramo aéreo del trazado de color rojo:



El tramo aéreo del trazado de color verde presenta una longitud de 7,98 km, mientras que el tramo aéreo del trazado de color rojo presenta una longitud de 7,25 km. Sin embargo, el primer trazado presenta unos desniveles menos abruptos en sus primeros 3 km que el segundo.

En cuanto a la línea subterránea, el trazado de color verde presenta una longitud de 1,95 km, mientras que el trazado de color rojo presenta una longitud de 3,21 km. Dado que el coste unitario de ejecución de una línea subterránea es entre 10 y 20 veces superior al de una línea aérea aproximadamente, y como el tramo aéreo del trazado de color verde es 0,73 km mayor que el trazado de color rojo en su tramo aéreo pero 1,24 km menor que el trazado de color rojo en su tramo subterráneo, finalmente se va a elegir el trazado de color verde porque su presupuesto resultará mucho más económico.

## 8. Emplazamiento y trazado de la línea

La nueva línea a ejecutar parte con un tramo en subterráneo desde la subestación de Alhaurín, que se encuentra en el término municipal de Alhaurín de la Torre (coordenadas UTM: X=359172,85; Y=4057875,28), discurriendo su trazado por viales públicos de este municipio hasta llegar al apoyo de conversión aéreo-subterráneo próximo a la Venta Vázquez (coordenadas UTM: X=357486,50; Y=4057246,50). En este apoyo se inicia el tramo aéreo, discurriendo principalmente por la falda de la Sierra de Mijas, concretamente por las zonas conocidas como “El Montañés”, “Llanos de Peñaprieta”, “Loma de las Mezquitas”, “Las Minas” y “El Mezto” (ya situado en el término municipal de Alhaurín el Grande), hasta llegar al apoyo de conversión aéreo-subterráneo (coordenadas UTM: X=351642,54; Y=4057155,22), próximo a las urbanizaciones de San Jorge de Ardalejos (coordenadas UTM: X=351928,00; Y=4056879,29), La Paca (coordenadas UTM: X=351558,90; Y=4057364,67) y La Chichara (coordenadas UTM: X=351028,96; Y=4056894,51). A partir de este apoyo inicia el tramo subterráneo en anillo que permitirá dar servicio a las urbanizaciones.

## 9. Descripción de la línea

### 9.1. Tramo línea subterránea

#### 9.1.1. Características del trazado

Las principales características de la línea subterránea son las siguientes:

|                                                                                    |                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de corriente</b>                                                           | Alterna trifásica                                         |
| <b>Tensión nominal (kV)</b>                                                        | 20                                                        |
| <b>Tensión máxima de servicio (kV)</b>                                             | 24                                                        |
| <b>Tensión de choque soportada nominal (tipo rayo) (kV de cresta)</b>              | 125                                                       |
| <b>Frecuencia (Hz)</b>                                                             | 50                                                        |
| <b>Factor de potencia</b>                                                          | 0,9                                                       |
| <b>Tipo de línea</b>                                                               | Simple circuito                                           |
| <b>Tipo de conductor</b>                                                           | Unipolar RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> |
| <b>Tipo de montaje</b>                                                             | Terna de cables unipolares al tresbolillo                 |
| <b>Longitud tramo inicial (m)</b>                                                  | 1950                                                      |
| <b>Longitud tramo en anillo (m)</b>                                                | 3848                                                      |
| <b>Temperatura máxima admisible del conductor en régimen permanente (°C)</b>       | 90                                                        |
| <b>Temperatura máxima admisible del conductor en régimen de cortocircuito (°C)</b> | 250                                                       |

#### 9.1.2. Conductor

Tal como se indica en el apartado 3.1 del anexo de Líneas Subterráneas de Media Tensión de la Guía NRZ001 Especificaciones Particulares instalaciones de distribución MT\_28122021 de Endesa, los cables a utilizar en las redes subterráneas de MT serán cables subterráneos unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de cobre o aluminio, siendo el nivel de aislamiento del cable en redes con tensión nominal hasta 20 kV de 12/20 kV y en redes con tensión superior a 20 kV de 18/30 kV.



Por tanto, el conductor que se ha seleccionado finalmente, tal y como se indica en el apartado 1. Previsión de potencia del ANEXO I: CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS, ha sido un **conductor unipolar RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm<sup>2</sup> de Hersatene**:

## HERSATENE® Class

### RH5Z1-OL AL

### 12/20 (24) kV y 18/30 (36) kV



HERSATENE<sup>class</sup>

---

**NORMAS**

**CONSTRUCCIÓN**  
ENDESA GSC001  
UNE 211620

**REACCIÓN AL FUEGO**  
UNE-EN 60754-1; IEC 60754-1  
UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2

**CLASIFICACIÓN CPR**  
DCP 000018  
Clase F<sub>14</sub>

**CONSTRUCCIÓN**

- 1. CONDUCTOR**  
Aluminio clase 2 según UNE-EN 60228.
- 2. PANTALLA SOBRE CONDUCTOR**  
Semicondutor extruido separable en frío.
- 3. AISLAMIENTO**  
Polietileno reticulado (XLPE).
- 4. PANTALLA SOBRE AISLAMIENTO**  
Semicondutor extruido.

**5. PROTECCIÓN CONTRA EL AGUA**  
Obturación longitudinal con cinta hinchante.

**6. PANTALLA METÁLICA**  
Cinta de aluminio.

**7. CUBIERTA EXTERNA**  
Polietileno (PE) tipo DMZ1.

**APLICACIONES**

Puede instalarse al aire, en bandejas o enterrado directamente o bajo tubo.

Cubierta resistente a la abrasión y al desgarro.

Fácil deslizamiento.

Libre de halógenos con pantalla metálica obturada longitudinalmente.

Temperatura máxima del conductor: 90°C.  
Temperatura ambiente mínima de servicio: -25 °C.

**CERTIFICACIONES**



**NORMALIZADO POR**  
GRUPO ENDESA












Class RH5Z1-OL AL F<sub>14</sub>

### Conductor unipolar RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm<sup>2</sup>

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| Sección conductor Al (mm <sup>2</sup> ) | 1x240 |
| Diámetro nominal sobre aislamiento (mm) | 28,0  |

**Conductor unipolar RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm<sup>2</sup>**

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| Diámetro nominal exterior (mm)                           | 35,6  |
| Peso (kg/km)                                             | 1460  |
| Radio mínimo de curvatura (mm)                           | 534   |
| Intensidad máxima admisible al aire (A)                  | 455   |
| Intensidad máxima admisible directamente enterrado (A)   | 345   |
| Intensidad máxima admisible bajo tubo enterrado (A)      | 320   |
| Resistencia en corriente continua a 20°C ( $\Omega$ /km) | 0,125 |
| Resistencia en corriente alterna a 90°C ( $\Omega$ /km)  | 0,161 |
| Reactancia a 50 Hz ( $\Omega$ /km)                       | 0,102 |
| Capacidad ( $\mu$ F/km)                                  | 0,358 |

### 9.1.3. Pantallas eléctricas

Tal como se puede ver en la imagen del apartado anterior, en la que se muestran las diferentes capas del conductor unipolar seleccionado, este consta de una serie de pantallas, las cuales se describen a continuación:

- **Pantalla sobre conductor**

Fabricada de material semiconductor extruido separable en frío, se encarga de confinar y distribuir de manera homogénea el campo eléctrico alrededor del conductor, integrándose en la capa interna del aislamiento.

- **Pantalla sobre aislamiento**

Hecha de semiconductor extruido, permite una distribución uniforme del campo eléctrico alrededor del aislamiento, ubicándose en la capa externa de este.

Ambas pantallas semiconductoras también cumplen la función de proteger el aislamiento del cable, ya que previenen la aparición de cavidades llenas de aire entre este y el conductor, las cuales podrían provocar pequeñas descargas eléctricas.

- **Pantalla metálica**

En este caso, se trata de una cinta de aluminio que permite derivar las pérdidas de corriente a tierra en caso necesario.

#### 9.1.4. Empalmes

Los empalmes deberán ser adecuados para el conductor unipolar seleccionado y la tensión nominal de la línea subterránea.

Cuando sea precisa su instalación, se seguirán en todo momento los procedimientos establecidos por el fabricante, debiendo realizarse estos en tramos rectos, nunca en cambios de dirección ni en lazos. También se realizará la puesta a tierra de las pantallas metálicas de los cables por ambos extremos.

Todos los empalmes llevarán placas de protección antideflagración como medida de protección ante el fallo de uno de ellos con respecto a los empalmes del resto de fases o de los propios cables.

En función del empalme a realizar, de la ubicación donde se encuentre y para facilitar la ejecución de este, estos se dispondrán en calas, arquetas o zanjas abiertas; tal y como se indica en el apartado 3.4.1 Empalmes del anexo de Líneas Subterráneas de Media Tensión de la Guía NRZ001 Especificaciones Particulares instalaciones de distribución MT\_28122021 de Endesa:

- **Calas**

Su longitud será, como mínimo, tres veces la longitud del empalme, el cual se ejecutará en paralelo para cada fase manteniendo una distancia transversal de al menos 0,5 m entre ellas y ubicándose en el centro de la cala.

- **Arquetas**

Su longitud será, como mínimo, tres veces la longitud del empalme. Si esto fuese inviable se optaría por la ejecución de una cala.

Los empalmes de las tres fases se ejecutarán en paralelo, centrados tanto transversal como longitudinalmente en el centro de la arqueta para facilitar las labores de montaje.

- **Zanjas abiertas**

Se adoptará esta solución solamente en caso de que, por problemas de disponibilidad de espacio, no sea viable la ejecución de calas o arquetas. Estas deberán estar debidamente protegidas mediante vallas rígidas y entubadas o ataluzadas según sea necesario.

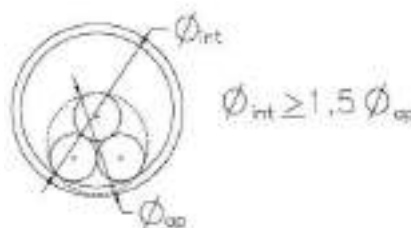
Los empalmes de las tres fases se ejecutarán en secuencia.

Se tomarán como referencia las normas UNE: UNE211027 y UNE-EN 61442, así como la Norma GE DND002 Empalmes para cables unipolares con aislamiento seco para redes de MT hasta 30 kV de Endesa.

### 9.1.5. Canalización

Tal y como se indica en el apartado 8 Canalización subterránea de la memoria de la Guía de Interpretación DYZ10000 Línea Subterránea Media Tensión v1 completa de Endesa, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones generales en cuanto a su diseño:

- Las canalizaciones se ejecutarán preferentemente por terrenos de dominio público, soterradas bajo las aceras o calzadas y evitando ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible, paralelo en toda su longitud a bordillos o fachadas de los edificios principales.
- Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura del conductor establecido por el fabricante.
- Las líneas se enterrarán bajo tubo de polietileno de 200 mm de diámetro exterior, a una profundidad mínima de 70 cm en aceras y 90 cm en calzadas, medidos desde la parte superior del tubo al pavimento. Estos deberán tener una resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos a los que se verán sometidos.
- En calzadas y cruces de calzada con presencia de tráfico rodado, así como en entradas de acceso a garajes, los cables se instalarán bajo canalización entubada hormigonada.
- Se instalarán en la canalización tubos de control para telecomunicaciones, con el fin de facilitar el acceso de operadores de comunicaciones a la red de distribución, y en cumplimiento de lo exigido en el RD 330/2016. De este modo, los cables de comunicaciones disponen de un tubo propio, garantizando la seguridad en su instalación posterior y en las futuras operaciones de mantenimiento.
- El diámetro interior del tubo no será inferior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores.





- El número de tubos de una canalización dependerá del número de líneas proyectadas y, con carácter general, será de 4 como máximo. No se instalará más de una línea por tubo (3 cables unipolares como máximo) y se deberá prever siempre, al menos, un tubo de reserva en cada zanja.
- Cuando excepcionalmente existan tramos de la canalización con impedimentos que no permitan alcanzar las profundidades reglamentarias, éstas podrán reducirse colocando protecciones mecánicas suficientes tales como una plancha de acero (de al menos 3 mm de espesor).

Los esquemas empleados para la canalización subterránea se pueden ver en los apartados 5, 6 y 37 de los PLANOS del presente proyecto.

### 9.1.6. Puntos de acceso

Se deberán disponer puntos de acceso tales como calas de tendido, arquetas ciegas y/o arquetas registrables ocultas a lo largo de la canalización subterránea, para facilitar las labores de tendido y las posibles reparaciones o sustituciones del conductor en caso de avería, así como para la ejecución de empalmes.

Se deberá estudiar en todo momento el número de puntos de acceso y su distribución, en base a las características del cable, a su trazado, a los cruzamientos y paralelismos existentes, a los cambios de dirección, etc., para facilitar las posteriores labores de tendido del conductor.

Los aspectos principales a tener en cuenta en el diseño son los siguientes:

- En tramos rectos el número de puntos de acceso se dispondrá en función de la máxima tensión de tiro indicada por el fabricante del conductor.
- En los cambios de dirección se tendrá en cuenta que el radio de curvatura de tendido no sea inferior a 20 veces el diámetro del cable.
- Cuando las canalizaciones se realicen por zonas de tráfico rodado nunca se harán con tapa practicable.
- Las arquetas se construirán de forma que sean inaccesibles con objeto de reducir el vandalismo y la accidentabilidad, para ello la tapa de la arqueta se ubicará bajo el nivel del suelo quedando cubierta con el mismo acabado superficial del pavimento anexo. En este caso, se emplearán preferentemente arquetas ciegas o arquetas registrables ocultas, marcando su ubicación en el pavimento mediante dispositivo de señalización normalizado.

- En caso de utilizar arquetas, 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.
- 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.
- A la entrada y salida de los puntos de acceso, los tubos en uso y los de reserva deben quedar sellados.

### 9.1.7. Cruzamientos y paralelismos

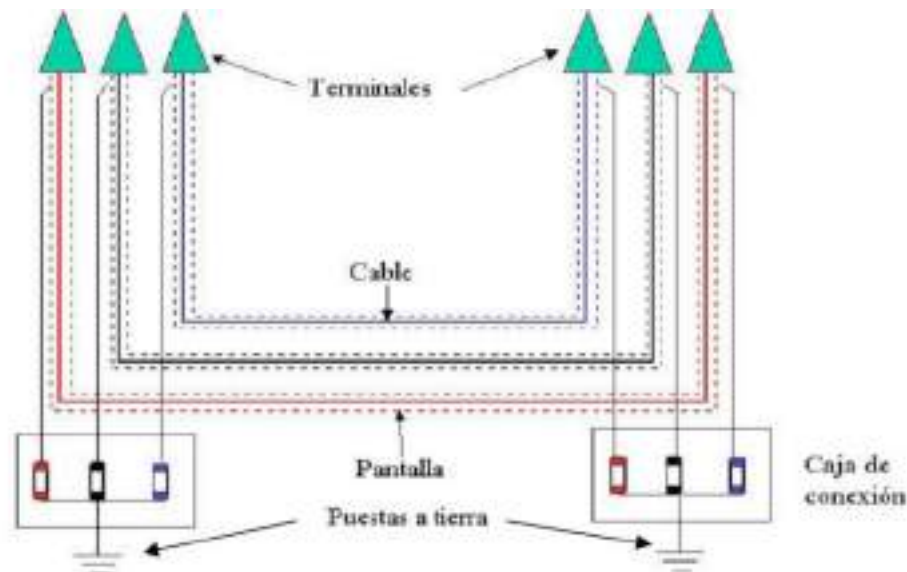
Se deberá cumplir en todo momento lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del Real Decreto 223/2008, así como las correspondientes Especificaciones Particulares de Endesa.

En la tabla 3 del apartado 9 Cruzamientos, proximidades y paralelismos de la memoria de la Guía de Interpretación DYZ10000 Línea Subterránea Media Tensión v1 completa de Endesa se muestran, a modo de resumen, los requisitos que ha de cumplir la canalización subterránea empleada para realizar una ejecución adecuada del cruzamiento o paralelismo dependiendo de la instalación subterránea u obstáculo en cuestión.

En el caso de que se produzcan cruzamientos o paralelismos con instalaciones que sean propiedad de la Administración o de empresas externas, también se deberán tener en cuenta las condiciones particulares que estas puedan establecer.

### 9.1.8. Puesta a tierra

La puesta a tierra se realizará mediante el método Solid Bonding (conexión rígida a tierra). En este tipo de conexión, las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electromagnéticamente con el circuito formado por los conductores.



En este tipo de conexión, se inducen corrientes de circulación en las pantallas de los cables, provocando pérdidas por calor y consecuentemente pérdidas en la intensidad admisible del cable. Estas pérdidas pueden minimizarse cuando los cables están dispuestos en formación tresbolillo, sin embargo, se incrementan con la separación de estos.

### 9.1.9. Protecciones

Según la ITC-LAT-06, se han de implementar las protecciones necesarias en la línea subterránea de alta tensión, siendo estas las siguientes:

- **Protección contra sobretensiones**

Los cables deberán protegerse contra las sobretensiones peligrosas, tanto de origen interno como de origen atmosférico, cuando la importancia de la instalación, el valor de las sobretensiones y su frecuencia de ocurrencia así lo aconsejen.

Para ello se utilizarán pararrayos de resistencia variable o pararrayos de óxidos metálicos, cuyas características dependerán de las intensidades de corriente a tierra que puedan preverse en caso de sobretensión.

- **Protección contra sobreintensidades**

Las líneas deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos que puedan originar las sobreintensidades susceptibles de producirse en la instalación, cuando estas puedan dar lugar a averías y daños en las citadas instalaciones.

Las salidas de línea deberán estar protegidas contra cortocircuitos y, cuando proceda, contra sobrecargas. Para ello se colocarán en el inicio de las líneas cortacircuitos fusibles o interruptores automáticos.

Las características de funcionamiento de dichos elementos corresponderán a las exigencias del conjunto de la instalación de la que el cable forme parte integrante, considerando las limitaciones propias de este.

Los dispositivos de protección utilizados no deberán producir, durante su actuación, proyecciones peligrosas de materiales ni explosiones que puedan ocasionar daños a personas o cosas.

Entre los diferentes dispositivos de protección contra las sobreintensidades pertenecientes a la misma instalación, o en relación con otros exteriores a ésta, se establecerá una adecuada coordinación de actuación para que la parte desconectada en caso de cortocircuito o sobrecarga sea la menor posible.

- Protección contra cortocircuitos

La protección contra cortocircuito por medio de fusibles o interruptores automáticos se establecerá de forma que la falta sea despejada en un tiempo tal que la temperatura alcanzada por el conductor durante el cortocircuito no exceda de la máxima admisible asignada en cortocircuito.

Las intensidades máximas admisibles de cortocircuito en los conductores y pantallas, correspondientes a tiempos de desconexión comprendidos entre 0,1 y 3 segundos, serán las indicadas en el capítulo 6 de la ITC-LAT-06. Podrán admitirse intensidades de cortocircuito mayores a las indicadas, y a estos efectos el fabricante del cable deberá aportar la documentación justificativa correspondiente.

- Protección contra sobrecargas

En general, no será obligatorio establecer protecciones contra sobrecargas, si bien es necesario controlar la carga en el origen de la línea o del cable mediante el empleo de aparatos de medida, mediciones periódicas o bien por estimaciones estadísticas a partir de las cargas conectadas al mismo, con objeto de asegurar que la temperatura del cable no supere la máxima admisible en servicio permanente.

## 9.2. Centros de transformación

### 9.2.1. Características generales de los Centros de Transformación

Los Centros de Transformación del presente proyecto deberán cumplir con las normas UNE-EN 62271-202:2015 Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión, y UNE-EN 62271:2019 Aparata de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes para aparata de corriente alterna.

Constan de una única envolvente, en la que se encuentra toda la aparata eléctrica, máquinas y demás equipos, incluyendo un armario de primeros auxilios.

Se emplearán, fundamentalmente, equipos compactos cgmcosmos de 3 funciones, con aislamiento y corte en gas, opcionalmente extensibles "in situ" a derecha e izquierda, sin necesidad de reponer gas.

#### - 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 aparata de MT, hasta los cuadros de BT, incluyendo los transformadores, dispositivos de control e interconexiones entre los diversos elementos.

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/cm<sup>2</sup>. 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 180º) 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 ancla 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.

- **Calidad**

Estos edificios prefabricados han sido acreditados con el Certificado de Calidad ISO 9001.

- **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, permitiendo la suficiente visibilidad para ejecutar las maniobras y revisiones necesarias.

- **Equipos de iluminación de emergencia**

Equipo autónomo de alumbrado de emergencia y señalización de la salida del local.

- **Varios**

Sobrecargas admisibles y condiciones ambientales de funcionamiento cumpliendo la normativa vigente.

- **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**

|                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| <b>Nº de transformadores</b>    | 1                  |
| <b>Nº reserva de celdas</b>     | 1                  |
| <b>Tipo de ventilación</b>      | Doble              |
| <b>Puertas de acceso peatón</b> | 1 puerta de acceso |
| <b>Dimensiones exteriores</b>   |                    |
| <b>Longitud (mm)</b>            | 4460               |
| <b>Fondo (mm)</b>               | 2380               |
| <b>Altura (mm)</b>              | 3045               |



|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| Altura vista (mm)                        | 2585  |
| Peso (kg)                                | 13465 |
| Dimensiones interiores                   |       |
| Longitud (mm)                            | 4280  |
| Fondo (mm)                               | 2200  |
| Altura (mm)                              | 2355  |
| Dimensiones aproximadas de la excavación |       |
| Longitud (mm)                            | 5260  |
| Fondo (mm)                               | 3180  |
| Altura (mm)                              | 560   |

### 9.2.2. Ubicación de los Centros de Transformación

En la siguiente tabla se muestra la ubicación de los 5 Centros de Transformación empleados en el presente proyecto, en coordenadas UTM:

| CT | Modelo   | Coord. X UTM | Coord. Y UTM | Cota (m) |
|----|----------|--------------|--------------|----------|
| 1  | pfu.4/20 | 351645,78    | 4057182,70   | 286,58   |
| 2  | pfu.4/20 | 352023,38    | 4056833,33   | 301,60   |
| 3  | pfu.4/20 | 351535,25    | 4057441,58   | 270,00   |
| 4  | pfu.4/20 | 351159,61    | 4057166,93   | 284,00   |
| 5  | pfu.4/20 | 350825,69    | 4057127,21   | 285,74   |

### 9.2.3. Características generales de la aparamenta MT

#### 9.2.3.1. Celdas cgmcosmos de tipo compacto

El sistema cgmcosmos compacto es un equipo para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema cgmcosmos modular, extensible "in situ" a izquierda y derecha. Sus embarrados se conectan utilizando unos elementos de unión patentados por ORMAZABAL y denominados ormalink, consiguiendo una conexión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas (polución, salinidad, inundación, etc.). Incorpora tres funciones por cada módulo en una única cuba llena de gas, en la cual se encuentran los aparatos de maniobra y el embarrado.



### - Base y frente

La base está diseñada para soportar al resto de la celda, y facilitar y proteger mecánicamente la acometida de los cables de MT. La tapa que los protege es independiente para cada una de las tres funciones. El frente presenta el mímico unifilar del circuito principal y los ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación.

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

Lleva además un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, 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.

La tapa frontal es común para las tres posiciones funcionales de la celda.

### - 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 1,15 bar (salvo para celdas especiales). El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante toda su vida útil, 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 aparamenta del Centro de Transformación.

La cuba es única para las tres posiciones con las que cuenta la celda cgmcosmos y en su interior se encuentran todas las partes activas de la celda (embarrados, interruptor-seccionador, puestas a tierra, tubos portafusibles).

### - Interruptor/seccionador/seccionador de puesta a tierra

Los interruptores disponibles en el sistema cgmcosmos compacto tienen tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

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).

#### - Mando

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

#### - Fusibles (celda cgmcosmos -p)

En las celdas cgmcosmos-p, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve 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.

#### - Conexión de cables

La conexión de cables se realiza desde la parte frontal mediante unos pasatapas estándar.

#### - Enclavamientos

La función de los enclavamientos incluidos en todas las celdas cgmcosmos es que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado, y recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto, y a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

#### - Características eléctricas

Las características generales de las celdas cgmcosmos son las siguientes:

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| <b>Tensión nominal (kV)</b>                               | 24 |
| <b>Nivel de aislamiento frecuencia industrial (1 min)</b> |    |
| <b>A tierra y entre fases (kV)</b>                        | 50 |

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| <b>A la distancia de seccionamiento (kV)</b>  | 60  |
| <b>Nivel de aislamiento impulso tipo rayo</b> |     |
| <b>A tierra y entre fases (kV)</b>            | 125 |
| <b>A la distancia de seccionamiento (kV)</b>  | 145 |

### 9.2.3.2. E/S1.E/S2,PT1: cgmcosmos-2lp

Celda compacta con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por varias posiciones con las siguientes características:

cgmcosmos-2lp es un equipo compacto para MT, integrado y totalmente compatible con el sistema cgmcosmos.

La celda cgmcosmos-2lp está constituida por tres funciones: dos de línea o interruptor en carga y una de protección con fusibles, que comparten la cuba de gas y el embarrado.

Las posiciones de línea, incorporan en su interior 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 para la detección de tensión en los cables de acometida y un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, 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.

La posición de protección con fusibles incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador igual al antes descrito, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados con ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, 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

|                                                        |     |
|--------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tensión asignada (kV)</b>                           | 24  |
| <b>Intensidad asignada en el embarrado (A)</b>         | 400 |
| <b>Intensidad asignada en las entradas/salidas (A)</b> | 400 |

|                                                           |       |
|-----------------------------------------------------------|-------|
| <b>Intensidad asignada en la derivación (A)</b>           | 200   |
| <b>Intensidad de corta duración (1 s), eficaz (kA)</b>    | 16    |
| <b>Intensidad de corta duración (1 s), cresta (kA)</b>    | 40    |
| <b>Capacidad de cierre cresta (kA)</b>                    | 40    |
| <b>Capacidad de corte (A)</b>                             | 400   |
| <b>Clasificación IAC</b>                                  | AFL   |
| <b>Unidad de control</b>                                  | RGDAT |
| <b>Nivel de aislamiento frecuencia industrial (1 min)</b> |       |
| <b>A tierra y entre fases (kV)</b>                        | 50    |
| <b>Nivel de aislamiento impulso tipo rayo</b>             |       |
| <b>A tierra y entre fases, cresta (kV)</b>                | 125   |

- **Características físicas**

|                   |      |
|-------------------|------|
| <b>Ancho (mm)</b> | 1190 |
| <b>Fondo (mm)</b> | 735  |
| <b>Alto (mm)</b>  | 1300 |
| <b>Peso (kg)</b>  | 270  |

- **Otras características constructivas**

|                                    |                |
|------------------------------------|----------------|
| <b>Mando interruptor 1</b>         | Motorizado BM  |
| <b>Mando interruptor 2</b>         | Motorizado BM  |
| <b>Mando posición con fusibles</b> | Manual tipo BR |
| <b>Intensidad fusibles (A)</b>     | 3x50*          |

\*Según el apartado 5.2.3.3 Condiciones generales protecciones en MT con fusibles de la guía NRZ102 Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión de Endesa, el fusible a instalar deberá ser de tipo APR de un calibre de 50 A:

| Tensión Red (kV)           |       | 6   | 10  | 11  | 13.2 | 15  | 20  | 25  | 30  |
|----------------------------|-------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Potencia transformador kVA | 50    | 20  | 10  | 10  | 10   | 6.3 | 6.3 | 5   | 5   |
|                            | 100   | 32  | 20  | 20  | 16   | 16  | 10  | 6.3 | 6.3 |
|                            | 160   | 50  | 32  | 32  | 25   | 20  | 16  | 10  | 10  |
|                            | 250   | 80  | 50  | 40  | 40   | 32  | 25  | 20  | 16  |
|                            | 400   | 100 | 63  | 63  | 50   | 50  | 40  | 25  | 20  |
|                            | 630   | 100 | 100 | 80  | 80   | 63  | 50  | 40  | 32  |
|                            | 1.000 | -   | 100 | 100 | 80   | 63  | 50  | 40  | 40  |

#### 9.2.4. Características generales del transformador en aceite de 24 kV

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 230 V y 420 V en vacío (B1 y B2).

##### - Otras características constructivas

|                                            |                                                           |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Regulación en el primario                  | +/- 2,5%, +/- 5%, + 10%                                   |
| Tensión de cortocircuito (Ecc)             | 4 %                                                       |
| Grupo de conexión                          | Dyn11                                                     |
| Protección incorporada al trafo            | Termómetro                                                |
| Defensa de transformadores                 | Protección física trafo                                   |
| Protección metálica para defensa del trafo | Cerradura anclada con celda de protección correspondiente |

#### 9.2.5. Unidades de protección, automatismo y control

Unidad de Control *RGDAT*: se trata de un equipo detector de paso de falta, instalado en celdas GSM001, con las siguientes características:

- Funciones de protección
  - Sobreintensidad de fase
  - Sobreintensidad direccional de tierra
  - Presencia de tensión
- 2 Transformadores de intensidad de fase

- 1 Transformador de intensidad homopolar
- 1 Manguera de interconexión con la UP

### **9.2.6. Limitación de campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de AT**

En el diseño de las instalaciones de alta tensión se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos electromagnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz en los diferentes elementos de las instalaciones.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas magnéticas. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

### **9.2.7. Limitación del nivel de ruido emitido por instalaciones de AT**

Con objeto de limitar el ruido originado por las instalaciones de alta tensión, éstas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá realizar, por control estadístico o a petición de parte interesada, inspecciones con sus propios medios o delegar dichas mediciones en organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas de ruido.

### **9.2.8. Sistemas contra incendios**

Tal como se indica en el 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, para la determinación de las protecciones contra incendios a que puedan dar lugar las

instalaciones eléctricas de alta tensión, además de otras disposiciones específicas en vigor, se adoptarán las medidas siguientes:

- **Instalación de dispositivos de recogida del líquido dieléctrico en fosos colectores**

Si se utilizan aparatos o transformadores que contengan más de 50 litros de dieléctrico líquido, se dispondrá de un foso de recogida del líquido con revestimiento resistente y estanco, para el volumen total de líquido dieléctrico del aparato ó transformador. En dicho depósito o cubeta se dispondrán cortafuegos tales como: lechos de guijarros, sifones en el caso de instalaciones con colector único, etc. Cuando se utilicen pozos centralizados, se dimensionarán para recoger la totalidad del líquido dieléctrico del equipo con mayor capacidad.

Cuando se utilicen dieléctricos líquidos con punto de combustión igual o superior a 300°C será suficiente con un sistema de recogida de posibles derrames, que impida su salida al exterior.

- **Extintores móviles**

Se colocará como mínimo un extintor de eficacia mínima 89B, ya que en los CT seleccionados no es obligatorio instalar un sistema fijo, al no disponer de transformadores cuyo dieléctrico tenga un punto de combustión inferior a 300°C y que la potencia instalada de cada transformador sea mayor de 1000 kVA en alguno de ellos o mayor de 4000 kVA en el conjunto de transformadores.

Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de esta.

Si existe un personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de varias instalaciones que no dispongan de personal fijo, este personal itinerante deberá llevar, como mínimo, en sus vehículos dos extintores de eficacia mínima 89B, no siendo preciso en este caso la existencia de extintores en los recintos que estén bajo su vigilancia y control.

## **9.2.9. 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.

### 9.3. Tramo línea aérea

#### 9.3.1. Características del trazado

Las principales características de la línea aérea son las siguientes:

|                                                               |                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Tipo de corriente</b>                                      | Alterna trifásica       |
| <b>Tensión nominal (kV)</b>                                   | 20                      |
| <b>Tensión máxima de servicio (kV)</b>                        | 24                      |
| <b>Frecuencia (Hz)</b>                                        | 50                      |
| <b>Factor de potencia</b>                                     | 0,9                     |
| <b>Tipo de línea</b>                                          | Simple circuito         |
| <b>Tipo de conductor</b>                                      | 94-AL1/22-ST1A (LA-110) |
| <b>Tipo de montaje</b>                                        | Tresbolillo             |
| <b>Longitud (m)</b>                                           | 7865,7                  |
| <b>Nº de apoyos</b>                                           | 30                      |
| <b>Categoría</b>                                              | Tercera                 |
| <b>Zona de tendido</b>                                        | A (cota máx. < 500 m)   |
| <b>Nivel de contaminación</b>                                 | Ligero*                 |
| <b>Tipo de aislador</b>                                       | Polimérico**            |
| <b>Temperatura máxima del tendido (°C)</b>                    | 70***                   |
| <b>Distancia mínima del conductor respecto al terreno (m)</b> | 7                       |



\*Según la tabla 14 de la ITC-LAT 07 del Real Decreto 223/2008, el nivel de contaminación de la zona por la que transcurre el tramo aéreo sería un nivel de contaminación ligero:

**Tabla 14. Líneas de fuga recomendadas**

| Nivel de contaminación | Ejemplos de entornos típicos                                                                                                                                                 | Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1</sup> ) |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| I<br>Ligero            | - Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.                                                                                           | 16,0                                                         |
|                        | - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.                                                                           |                                                              |
|                        | - Zonas agrícolas <sup>2</sup>                                                                                                                                               |                                                              |
|                        | - Zonas montañosas                                                                                                                                                           |                                                              |
|                        | - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar <sup>3</sup>                                       |                                                              |
| II<br>Medio            | - Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.                                         | 20,0                                                         |
|                        | - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.                                                                       |                                                              |
|                        | - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros) <sup>3</sup> .                                           |                                                              |
| III<br>Fuerte          | - Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.                                      | 25,00                                                        |
|                        | - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar <sup>3</sup> ).                                                  |                                                              |
| IV<br>Muy fuerte       | - Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.                   | 31,0                                                         |
|                        | - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.                 |                                                              |
|                        | - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. |                                                              |

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

\*\*Según el apartado 7.4. Aislamiento LAMT de la memoria de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021.

\*\*\*Según el apartado 1.2. Caída de tensión de los cálculos justificativos de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021.

### 9.3.2. Conductor

Para realizar la selección del conductor, tal como se indica en el documento AND0100 de Endesa, se ha de tener en cuenta el nivel de contaminación del entorno por el que transcurre la línea:

- Para zonas sin contaminación apreciable o con nivel de contaminación ligero, se recomienda utilizar conductor de aluminio con alma de acero, tipo AL1/ST1A (antiguo tipo LA).
- Para zonas con contaminación salina fuerte o muy fuerte, se recomienda utilizar conductor de aluminio con alma de acero recubierto de aluminio, tipo AL1/A20SA (antiguo tipo LARL).

En este caso, como el entorno presenta un nivel de contaminación ligero, se empleará un conductor de aluminio con alma de acero, tipo AL1/ST1A; concretamente un LA-110, el cual presenta las siguientes características:

| Conductor 94-AL1/22-ST1A (LA-110)              |            |
|------------------------------------------------|------------|
| Designación antigua                            | LA-110     |
| Sección (mm <sup>2</sup> )                     | 116,20     |
| Diámetro (mm)                                  | 14         |
| Carga de rotura (daN)                          | 4405       |
| Peso (daN/m)                                   | 0,424      |
| Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> )   | 8200       |
| Coefficiente de dilatación (°C <sup>-1</sup> ) | 0,00001778 |
| Resistencia kilométrica a 20°C (Ω/km)          | 0,306      |
| Intensidad máxima admisible (A)                | 318        |
| Composición (nº de alambres Al y Acero)        | 30+7       |
| Resistencia a la tracción asignada (daN)       | 4317       |

Los conductores de las líneas aéreas de alta tensión se registrarán por lo estipulado en la norma UNE-EN 50182 en lo que respecta a sus características eléctricas y mecánicas.

### 9.3.3. Apoyos

Todos los apoyos serán de acero galvanizado en caliente, su fuste estará compuesto por barras atornilladas o electro-soldadas y su cabeza será de cuerpo único soldado o atornillado, estando así dispuestos para llevar cadenas de aisladores de suspensión, amarre o anclaje. Sus perfiles serán abiertos, de espesor superior a 3 mm, y en caso de ensamblaje mediante unión atornillada, no podrán realizarse taladros de anchura inferior a 35 mm sobre sus flancos ni utilizarse tornillos de diámetro inferior a 12 mm.

Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, etc.) tendrán que satisfacer lo indicado en las normas UNE EN 10025-1:2006 Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro, UNE-EN 10056-2:1994 Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 2: tolerancias dimensionales y de forma y UNE-EN 10056-1:2017 Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 1: Medidas, y en la norma GE AND001 Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de M.T. hasta 30 kV.

Todos los apoyos irán empotrados en el terreno, mediante macizos de hormigón únicos (cimentación monobloque), calculados para que las condiciones más desfavorables cumplan con los coeficientes de seguridad exigidos en la normativa vigente.

A continuación, se muestra una tabla con la información más relevante sobre los diferentes apoyos de los que constará el tramo aéreo:

| Apoyo<br>nº | Referencia<br>Andel Serie C | Función  | Tipo        | Coord. X<br>UTM | Coord. Y<br>UTM | Cota<br>(m) |
|-------------|-----------------------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1           | C-7000                      | P. Línea | Frecuentado | 357486,50       | 4057246,50      | 203,69      |
| 2           | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 357324,71       | 4057091,59      | 231,04      |
| 3           | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 357108,68       | 4056884,76      | 246,05      |
| 4           | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 356690,13       | 4056830,42      | 244,54      |
| 5           | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 356498,70       | 4056805,56      | 262,33      |
| 6           | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 356340,79       | 4056785,06      | 272,50      |
| 7           | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 356122,84       | 4056756,77      | 280,99      |
| 8           | C-500                       | Ali-Sus  | No frec.    | 356066,71       | 4056663,55      | 290,82      |
| 9           | C-500                       | Ali-Sus  | No frec.    | 355979,46       | 4056518,65      | 306,53      |
| 10          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 355895,40       | 4056379,05      | 319,77      |
| 11          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 355656,11       | 4055981,62      | 376,38      |
| 12          | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 355594,48       | 4055879,28      | 378,91      |
| 13          | C-4500-TR                   | Ali-Ama  | No frec.    | 355499,39       | 4055850,55      | 400,62      |
| 14          | C-2000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 354849,23       | 4055654,12      | 444,17      |
| 15          | C-2000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 354479,87       | 4055542,53      | 465,57      |
| 16          | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 354042,11       | 4055410,96      | 409,20      |
| 17          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 353769,60       | 4055444,71      | 424,46      |
| 18          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 353530,11       | 4055474,37      | 434,55      |

| Apoyo<br>nº | Referencia<br>Andel Serie C | Función  | Tipo        | Coord. X<br>UTM | Coord. Y<br>UTM | Cota<br>(m) |
|-------------|-----------------------------|----------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 19          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 353108,73       | 4055526,56      | 472,16      |
| 20          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 352944,70       | 4055546,87      | 478,73      |
| 21          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 352523,73       | 4055599,01      | 485,81      |
| 22          | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 352190,93       | 4055640,46      | 446,67      |
| 23          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 352001,85       | 4055803,05      | 445,20      |
| 24          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 351841,16       | 4055941,24      | 446,33      |
| 25          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 351665,06       | 4056092,68      | 434,29      |
| 26          | C-4500                      | Áng-Anc  | No frec.    | 351509,18       | 4056226,72      | 417,72      |
| 27          | C-2000                      | Ali-Ama  | No frec.    | 351524,38       | 4056332,55      | 403,24      |
| 28          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 351568,41       | 4056639,10      | 347,63      |
| 29          | C-1000                      | Ali-Sus  | No frec.    | 351609,91       | 4056928,02      | 308,78      |
| 30          | C-7000                      | F. Línea | Frecuentado | 351642,54       | 4057155,22      | 288,45      |

#### 9.3.4. Crucetas

Serán de características similares a las de los apoyos y deberán cumplir la misma normativa que estos. Las diferentes tipologías de crucetas empleadas en este proyecto se pueden ver en el apartado 29 de los PLANOS.

#### 9.3.5. Conversión aéreo-subterránea

En los apoyos de conversión aéreo-subterránea se colocarán descargadores contra sobretensiones de origen atmosférico y seccionadores unipolares apropiados. La unión del conductor aéreo con el subterráneo se realizará siguiendo los procedimientos indicados por el fabricante mediante terminales de conversión de características adecuadas (ver apartado 9.3.6. Terminales).

El cable subterráneo, en la subida a la red aérea, irá protegido mediante tubo de acero galvanizado, de interior liso y diámetro no inferior a 1,5 veces el de la terna de cables unipolares, el cual irá empotrado en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 2,5 m por encima del nivel del terreno. Tendrá una resistencia mecánica adecuada y no inferior a IK 10 según la norma UNE-EN 62232, y en su parte superior se obturará para evitar la entrada de agua.

Estos apoyos se considerarán como frecuentados, disponiendo así de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m, en este caso

mediante cerramiento alrededor del apoyo consistente en fábrica de ladrillo cerámico con enfoscado de mortero enlucido y pintado.

### 9.3.6. Terminales

En los apoyos de conversión aéreo-subterránea, la unión de ambos conductores se realizará mediante terminales exteriores flexibles de características adecuadas. En este caso, tendrán un nivel de aislamiento no inferior a 24 kV y serán específicos para cables subterráneos de 240 mm<sup>2</sup>.

### 9.3.7. Empalmes y conexiones

Los empalmes no aumentarán la resistencia eléctrica del conductor, deberán soportar sin deslizamiento ni rotura del cable el 95% de su carga de rotura y estará totalmente prohibida su realización mediante soldadura. Estos serán de características adecuadas y para su ejecución se seguirá el procedimiento expuesto por el fabricante, evitando en todo momento la aparición de óxido entre las superficies en contacto.

En general, los empalmes se realizarán en los puentes flojos de las cadenas de amarre, nunca en conductores sometidos a tensión mecánica. En caso de reparación de averías, se permitirá la colocación de dos empalmes.

### 9.3.8. Cadenas de aisladores

Las cadenas de aisladores estarán formadas por aisladores y herrajes.

#### - Aisladores

Para la selección de los aisladores, se tendrá en cuenta tanto el nivel de contaminación de la zona por la que pasa el tramo aéreo como su coeficiente de seguridad, el cual no será inferior a 3. Estos serán de tipo poliméricos, tal como se indica en el apartado 7.4. del anexo de la memoria de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Lineas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, por tratarse de una nueva línea aérea.



**Tabla 14. Líneas de fuga recomendadas**

| Nivel de contaminación | Ejemplos de entornos típicos                                                                                                                                                 | Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV <sup>1)</sup> |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| I<br>Ligero            | - Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción.                                                                                           | 16,0                                                        |
|                        | - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes.                                                                           |                                                             |
|                        | - Zonas agrícolas <sup>2</sup>                                                                                                                                               |                                                             |
|                        | - Zonas montañosas                                                                                                                                                           |                                                             |
|                        | - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar <sup>3</sup>                                       |                                                             |
| II<br>Medio            | - Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción.                                         | 20,0                                                        |
|                        | - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia.                                                                       |                                                             |
|                        | - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros) <sup>3</sup> .                                           |                                                             |
| III<br>Fuerte          | - Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación.                                      | 25,00                                                       |
|                        | - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar <sup>3</sup> ).                                                  |                                                             |
| IV<br>Muy fuerte       | - Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos.                   | 31,0                                                        |
|                        | - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar.                 |                                                             |
|                        | - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular. |                                                             |

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

Como se puede ver en la tabla anterior, para un nivel de contaminación ligero la línea de fuga específica nominal debe ser, como mínimo, de 16 mm/kV.

En las siguientes tablas se muestran las cadenas de aisladores que se emplearán para la línea aérea y sus características, cumpliendo todas ellas con los requisitos exigibles según la normativa vigente.

| Cadena polimérica de suspensión simple   |                         |
|------------------------------------------|-------------------------|
| Código de la cadena                      | LA-110-20kV-SUS-SIM-POL |
| Nº de elementos                          | 1 Uds                   |
| Tipo de elementos                        | CS70AB 24 kV            |
| Longitud (mm)                            | 607                     |
| Peso (daN)                               | 2,577                   |
| Línea de fuga (mm)                       | 728                     |
| Línea de fuga específica nominal (mm/kV) | 30,33                   |

### Cadena polimérica de suspensión simple

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| Carga de destrucción electromecánica (daN) | 5000 |
|--------------------------------------------|------|

### Cadena polimérica de suspensión doble

|                                            |                         |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| Código de la cadena                        | LA-110-20kV-SUS-DOB-POL |
| Nº de elementos                            | 2 Uds                   |
| Tipo de elementos                          | CS70AB 24 kV            |
| Longitud (mm)                              | 942                     |
| Peso (daN)                                 | 9,825                   |
| Línea de fuga (mm)                         | 728                     |
| Línea de fuga específica nominal (mm/kV)   | 30,33                   |
| Carga de destrucción electromecánica (daN) | 5000                    |

### Cadena polimérica de anclaje simple

|                                            |                         |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| Código de la cadena                        | LA-110-20kV-ANC-SIM-POL |
| Nº de elementos                            | 1 Uds                   |
| Tipo de elementos                          | CS70AB 24 kV            |
| Longitud (mm)                              | 702                     |
| Peso (daN)                                 | 3,018                   |
| Línea de fuga (mm)                         | 728                     |
| Línea de fuga específica nominal (mm/kV)   | 30,33                   |
| Carga de destrucción electromecánica (daN) | 5000                    |

### Cadena polimérica de anclaje doble

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| Código de la cadena | LA-110-20kV-ANC-DOB-POL |
| Nº de elementos     | 2 Uds                   |
| Tipo de elementos   | CS70AB 24 kV            |
| Longitud (mm)       | 1114                    |

| Cadena polimérica de anclaje doble         |        |
|--------------------------------------------|--------|
| Peso (daN)                                 | 10,589 |
| Línea de fuga (mm)                         | 728    |
| Línea de fuga específica nominal (mm/kV)   | 30,33  |
| Carga de destrucción electromecánica (daN) | 5000   |

#### - Herrajes

Los herrajes son elementos normalmente fabricados de acero galvanizado, los cuales se utilizan para la fijación de las cadenas de aisladores tanto al apoyo como al conductor, con un coeficiente de seguridad mayor o igual a 3 respecto a su carga mínima de rotura.

También deben cumplir una serie de requisitos eléctricos:

- En cuanto a la caída de tensión, no debe ser mayor en los extremos de los herrajes que en los extremos de una longitud equivalente de conductor.
- Para intensidades tanto de cortocircuito como de régimen permanente no deberán manifestar aumentos de temperatura superiores a los del conductor.

Para su fabricación se tendrá en cuenta lo estipulado en la norma UNE-EN 61284:1999 y en la norma GE AND009 Herrajes y accesorios para conductores desnudos de líneas aéreas de A.T. hasta 36 kV de Endesa.

Las grapas podrán ser de suspensión o de amarre, en función del tipo de apoyo en el que se vayan a instalar. En el caso de grapas de amarre, estas deberán soportar una tensión mecánica igual o superior al 95% de la carga de rotura del conductor, sin que se produzca deslizamiento.

### 9.3.9. Protecciones

#### - Protección frente a sobreintensidades

Se instalarán dispositivos adecuados para proteger la línea aérea de posibles sobrecargas o cortocircuitos que pueden producirse en esta, reduciendo así las posibles averías que se puedan producir. En este caso, al tratarse de una nueva línea, tal como se indica en el apartado 3.5.1 del anexo de Líneas Aéreas de Media Tensión de la guía NRZ001 Especificaciones Particulares instalaciones de distribución MT\_28122021 de Endesa, se instalarán interruptores seccionadores tripolares con corte en SF<sub>6</sub> telecontrolados y sistema de detección de paso de falta en cada uno de los apoyos de



conversión aéreo-subterránea, ya que su longitud es superior a 1 km y la potencia instalada es mayor de 250 kVA. Tampoco será necesario instalar este tipo de interruptores en apoyos intermedios de la línea, ya que colocándolos en los apoyos de conversión aéreo-subterránea no se sobrepasarían los 10 km (7,87 km).

La intensidad nominal de estos seccionadores será mayor o igual a 400 A y deberán soportar una  $I_{cc} \geq 12,5 \text{ kA}$ , tal y como se indica en el apartado 7.12 de la memoria de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Lineas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa.

#### - Protección frente a sobretensiones

Para proteger las transiciones aéreo-subterráneas y los interruptores seccionadores tripolares telecontrolados con corte en  $\text{SF}_6$  de sobretensiones externas o internas, en los apoyos de principio y fin de línea (apoyos de conversión aéreo-subterránea) se instalarán pararrayos o descargadores de características adecuadas (acordes a una tensión máxima de red de 24 kV y a un nivel de contaminación ligero, con una línea de fuga mínima de 16 mm/kV), los cuales se conectarán directamente a la tierra del apoyo mediante un conductor independiente.

### 9.3.10. Señalización de los apoyos

Los apoyos se identificarán individualmente mediante un número, código o marca alternativa, de tal manera que su identificación sea legible desde el suelo. También se deberá poder identificar claramente el tipo de apoyo y el fabricante.

En todos los apoyos se recomienda instalar placas normalizadas para señalar riesgo eléctrico en la instalación, siendo obligatorio si se trata de apoyos frecuentados.

Las placas se instalarán a una altura del suelo de 3 metros en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras para que puedan ser vistas fácilmente.

Los apoyos en los que se instalen elementos de maniobra se codificarán expresamente con un identificador adicional.

### 9.3.11. Balizas de señalización

Se colocarán en el conductor de fase que se encuentre a mayor altura respecto al terreno, con la finalidad de señalar la presencia de la línea aérea en zonas con posibilidad de tráfico aéreo. Dada la existencia de un helipuerto para posibilitar el aprovisionamiento de agua de helicópteros que realicen labores de extinción de incendios en las cercanías de la línea aérea, cuyas coordenadas UTM son: X=354428,45;

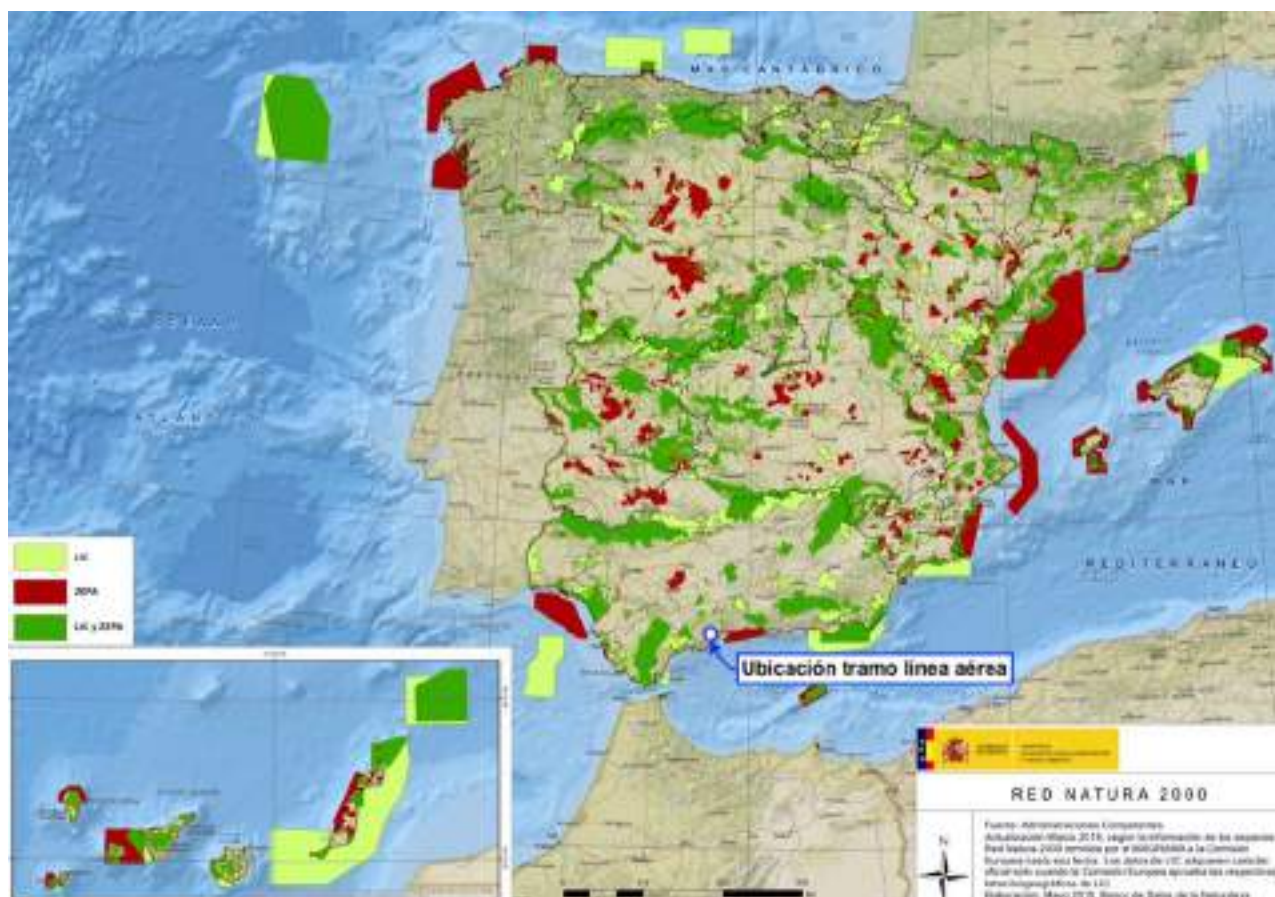
$Y=4055612,22$  (ver imagen), se colocarán balizas de señalización cada 30 m entre los apoyos nº 14 y nº 16 de esta, ya que son los que se encuentran más próximos al helipuerto.



### 9.3.12. Protección de la avifauna

Para determinar si es necesaria o no la adopción de medidas antielectrocución de las aves, se atenderá a lo dispuesto en el Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

Para ello, se consultará el mapa de la red natura 2000 del Gobierno de España, en el que se muestran tanto las zonas ZEPA como los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC), si la línea aérea pasa por algunas de estas zonas.



Como la línea aérea no pasa por ninguna de estas zonas, no será necesaria la adopción de medidas de prevención contra la electrocución de las aves.

### 9.3.13. Estudio efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas

Será preceptiva su comprobación en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV, así como en aquellas líneas de tensión nominal entre 30 kV y 66 kV que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto.

Como la línea del presente proyecto es de 20 kV, no será necesario tener en cuenta dicho efecto.

### 9.3.14. Distancias mínimas de seguridad

Para poder hallar estas distancias, es necesario conocer, a priori, los valores de las distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas, según lo indicado en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07:



$D_{el}$ : 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.  $D_{el}$  puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.

$D_{pp}$ : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido.  $D_{pp}$  es una distancia interna.

Como la tensión más elevada de red es de 24 kV, los valores de estas distancias serán:

**Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas**

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

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

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo, queden situados por encima

de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m},$$

aunque según la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Lineas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa esta altura será de 7 m como mínimo.

Por tanto, se adoptará una distancia mínima del conductor al terreno de 7 m.

- **Distancias a otras líneas eléctricas aéreas**

• **Cruzamientos:**

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

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} = 1,5 + 0,22 = 1,72 \text{ m},$$

aunque según la tabla 6 de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Lineas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, esta distancia será de 2 m como mínimo para líneas de tensión de hasta 45 kV, y considerándose los conductores de esta en su posición de máxima desviación, considerándose la hipótesis de peso propio + viento a una velocidad de 120 km/h y 15°C:

**Tabla 6. Distancias entre los conductores y los apoyos en caso de cruzamientos**

| Nivel tensión (kV) | Distancia |
|--------------------|-----------|
| $U \leq 45$        | 2         |
| $45 < U \leq 66$   | 3         |
| $66 < U \leq 132$  | 4         |
| $132 < U \leq 220$ | 5         |
| $220 < U \leq 400$ | 7         |

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

$$D_{add} + D_{pp} = 2,5 + 0,25 = 2,75 \text{ m},$$

siendo el valor de  $D_{add}$  el señalado en la siguiente tabla, ya que se produce un cruzamiento con una LAMT de 20 kV, y la distancia entre su apoyo más cercano y el cruce de ambas líneas es de 45 m aproximadamente:

**Tabla 17. Distancias de aislamiento adicional  $D_{add}$  a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación**

| TENSIÓN<br>NOMINAL<br>DE LA RED<br>(kV) | $D_{add}$ (m)                                                                |                                                                          |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                         | Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $\leq 25$ m | Para distancia del apoyo de la línea superior al punto de cruce $> 25$ m |
| De 3 a 30                               | 1,8                                                                          | 2,5                                                                      |
| 45 o 66                                 |                                                                              | 2,5                                                                      |
| 110, 132, 150                           |                                                                              | 3                                                                        |
| 220                                     |                                                                              | 3,5                                                                      |
| 400                                     |                                                                              | 4                                                                        |

Aunque según la tabla 7 de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, la distancia mínima vertical entre conductores será de 2,9 m como mínimo, en este caso:

**Tabla 7. Distancias entre los conductores en caso de cruzamientos**

| Tensión nominal de la red de mayor tensión del cruzamiento (kV) | D mínima vertical (m)                                                        |                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
|                                                                 | Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $\leq 25$ m | Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce $> 25$ m |
| 400                                                             | 5                                                                            | 5,7                                                                       |
| 220                                                             | 3,8                                                                          | 4,5                                                                       |
| 132                                                             | 3,2                                                                          | 3,9                                                                       |
| 110                                                             | 2,95                                                                         | 3,65                                                                      |
| 66                                                              | 2,6                                                                          | 3,6                                                                       |
| 45                                                              | 2,5                                                                          | 3,2                                                                       |
| 30                                                              | 2,2                                                                          | 2,9                                                                       |

Por tanto, se adoptará una distancia mínima entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior de 2 m y una distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas de 2,9 m.

- **Paralelismos:**

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

Tal como se indica en el apartado 5.6.2 de la ITC-LAT 07, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o de distribución de energía eléctrica, a distancias inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos.

Dado que la distancia más próxima entre la LAAT de 220 kV ya existente y la nueva línea a proyectar es de 320 m aproximadamente, se cumple dicho requisito.

- **Distancias a carreteras**

La ubicación de los apoyos en las proximidades de carreteras será a una distancia de la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura, preferentemente detrás de la línea límite de edificación, situada respecto de la arista exterior de la calzada a 50 m en autopistas, autovías y vías rápidas y a 25 m en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

- **Paso por bosques, árboles y masas de arbolado**

Según lo indicado en el apartado 11.11 de la memoria de la guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, con objeto de reducir el riesgo de incendio, cuando se sobrevuelen masas de arbolado se abrirán calles libres de cualquier vegetación siempre que se cuente con la autorización del organismo competente. De esta forma se establecerá una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en 2 metros.

En caso de no disponer del permiso necesario para abrir la calle (como es el caso), se mantendrá entre los conductores en su posición más desfavorable y la masa de arbolado una distancia vertical suficiente para permitir el desarrollo completo de la especie sobrevolada sin necesidad de realizar podas periódicas de la misma. Por lo tanto la distancia de los conductores al suelo deberá ser la altura máxima de la especie sobrevolada, incrementada en 2 metros. En este caso, la especie de árbol predominante a sobrevolar es el *Pinus Halepensis*, la cual alcanza una altura máxima de 15 m, por lo que se adoptará una distancia mínima vertical en caso de cruzamiento con masas de arbolado de 17 m.



### 9.3.15. Cruzamientos y paralelismos

En las siguientes tablas se pueden observar los cruzamientos y paralelismos que se van produciendo a lo largo del tramo aéreo, así como las distancias mínimas de seguridad:

| CRUZAMIENTOS |                               |                         |                             |                                 |
|--------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Nº           | Nombre                        | Distancia al origen (m) | Distancia vertical mín. (m) | Distancia vertical adoptada (m) |
| 1            | Camino de tierra              | 30,35                   | 7,00                        | 12,18                           |
| 2            | Camino de tierra              | 351,10                  | 7,00                        | 13,89                           |
| 3            | Camino de tierra              | 699,90                  | 7,00                        | 15,92                           |
| 4            | Camino asfaltado de Jarapalos | 716,85                  | 7,00                        | 17,54                           |
| 5            | Arroyo de Fuente de Piedra    | 817,20                  | 7,00                        | 29,95                           |
| 6            | Camino de tierra              | 835,25                  | 7,00                        | 26,20                           |
| 7            | Camino de tierra              | 1100,70                 | 7,00                        | 13,50                           |
| 8            | Pinus halepensis              | Entre 1109,5 y 2186,5   | 17,00                       | 17,58                           |
| 9            | Camino de tierra              | 1332,60                 | 7,00                        | 17,58                           |
| 10           | Arroyo Hondo                  | 2065,40                 | 7,00                        | 56,86                           |
| 11           | Camino de tierra              | 2140,15                 | 7,00                        | 24,27                           |
| 12           | Arroyo de Fuente la Higuera   | 2903,20                 | 7,00                        | 21,48                           |
| 13           | Camino de tierra              | 2942,60                 | 7,00                        | 18,86                           |
| 14           | Camino de tierra              | 3076,05                 | 7,00                        | 17,42                           |
| 15           | Camino de tierra              | 3763,25                 | 7,00                        | 11,55                           |
| 16           | Arroyo de las Minas           | 3945,10                 | 7,00                        | 36,45                           |
| 17           | Camino de tierra              | 4009,85                 | 7,00                        | 25,70                           |

### CRUZAMIENTOS

| Nº | Nombre                 | Distancia al origen (m) | Distancia vertical mín. (m) | Distancia vertical adoptada (m) |
|----|------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 18 | Camino de tierra       | 4054,95                 | 7,00                        | 22,91                           |
| 19 | Camino de tierra       | 4101,05                 | 7,00                        | 20,89                           |
| 20 | Camino de tierra       | 4191,05                 | 7,00                        | 16,54                           |
| 21 | Arroyo del Madroño     | 4409,55                 | 7,00                        | 20,08                           |
| 22 | Camino de tierra       | 4538,80                 | 7,00                        | 13,99                           |
| 23 | Camino de tierra       | 4710,85                 | 7,00                        | 20,28                           |
| 24 | Cañada de la Dehesilla | 4732,50                 | 7,00                        | 21,95                           |
| 25 | Camino de tierra       | 4843,20                 | 7,00                        | 17,05                           |
| 26 | Pinus halepensis       | Entre 5800,80 y 6271,4  | 17,00                       | 17,05                           |
| 27 | Camino de tierra       | 6139,35                 | 7,00                        | 19,12                           |
| 28 | Arroyo                 | 6220,65                 | 7,00                        | 28,93                           |
| 29 | Camino de tierra       | 6379,55                 | 7,00                        | 23,90                           |
| 30 | Pinus halepensis       | Entre 6455,9 y 7380,4   | 17,00                       | 17,09                           |
| 31 | Camino de tierra       | 6563,00                 | 7,00                        | 17,09                           |
| 32 | Camino de tierra       | 7259,25                 | 7,00                        | 10,84                           |
| 33 | Línea M.T. 20 kV       | 7452,70                 | 2,90                        | 16,96                           |

### PARALELISMOS

| Nº | Nombre          | Distancia al origen (m) | Distancia horizontal mín. (m) | Distancia horizontal adoptada (m) |
|----|-----------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | Carretera A-404 | 733,33                  | 25,00                         | 53,31                             |

| PARALELISMOS |                   |                         |                               |                                   |
|--------------|-------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Nº           | Nombre            | Distancia al origen (m) | Distancia horizontal mín. (m) | Distancia horizontal adoptada (m) |
| 2            | Línea A.T. 220 kV | 3281,92                 | $26 \cdot 1,5 = 39,00$        | 320,00                            |

Como se puede observar en las tablas anteriores, tanto los cruzamientos como los paralelismos que se han producido a lo largo del tramo aéreo cumplen los valores de las distancias mínimas exigidas en la normativa vigente.

### 9.3.16. Puesta a tierra

Para asegurar un funcionamiento adecuado y efectivo del sistema de puesta a tierra, cumpliendo lo especificado en el apartado 7 de la ITC-LAT 07, este debe cumplir una serie de requisitos:

1. Tener una resistencia adecuada a la corrosión ambiental y a los esfuerzos mecánicos, para asegurar un funcionamiento eficaz de los sistemas de puesta a tierra a lo largo del tiempo.
2. Soportar, sin que se produzca un calentamiento excesivo de los elementos del sistema de puesta a tierra, las corrientes de cortocircuito que se puedan producir.
3. Garantizar la seguridad de las personas en el caso de una falta a tierra mediante el cumplimiento de las tensiones de paso y de contacto, tanto para apoyos frecuentados como para apoyos no frecuentados.
4. Proteger los elementos de la línea aérea de sobretensiones provocadas por la aparición de una falta a tierra, contribuyendo a garantizar una calidad adecuada del suministro eléctrico.

En cuanto a la instalación de los electrodos de puesta a tierra se tendrán en cuenta las directrices indicadas en el apartado 7 de la ITC-LAT 07 y el apartado 4 del Anexo de Cálculos de la Guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, empleando los conductores y los elementos de conexión adecuados, cumpliendo las secciones mínimas y los procedimientos de ejecución especificados.

El presente proyecto constará tanto con apoyos frecuentados como no frecuentados:

#### - Apoyos frecuentados

Se considerarán como apoyos frecuentados los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante un tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que solamente se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

Los apoyos de principio y fin de línea, al ser apoyos de conversión aéreo-subterránea, tendrán la consideración de apoyos frecuentados. Se considerará, a su vez, que las personas que puedan acercarse a ellos irán calzadas, dada la ubicación en la que se encuentran.

Todos los apoyos frecuentados tendrán un sistema de puesta a tierra en anillo, que constará de 4 picas de cobre de 2 m de largo y 14 mm de diámetro en cada uno de sus vértices, formando un cuadrado de 2 x 2 m o 2,50 x 2,50 m (dependiendo del apoyo), enterradas a una profundidad de 0,50 m y unidas entre sí y al apoyo mediante conductor de cobre de 4 mm de radio.

#### - Apoyos no frecuentados

Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente, la mayoría de estos apoyos se encuentran ubicados en la sierra de Mijas y el resto en terreno rústico. Se considerarán como apoyos no frecuentados todos los apoyos de la línea aérea, salvo los apoyos de principio y fin de línea.

Estos apoyos dispondrán de un sistema de puesta a tierra formado por 2 picas de cobre de 2 m de largo y 14 mm de diámetro, enterradas a una profundidad de 0,50 m y unidas cada una de ellas a los perfiles angulares ubicados en su base mediante conductor de cobre de 4 mm de radio.

### 9.3.17. Cimentaciones

La cimentación elegida para todos los apoyos de la línea aérea será de tipo monobloque de hormigón, la cual se calculará siguiendo el método de Sulzberger, que establece que el momento estabilizador debe ser mayor al momento de vuelco para que el cálculo de la cimentación sea válido; concretamente con un coeficiente de seguridad mayor o igual a 1,5 en las hipótesis normales (1ª y 2ª hipótesis) y mayor o igual a 1,2 en las hipótesis anormales (3ª y 4ª hipótesis).

Se elegirá un hormigón de resistencia adecuada y acorde a las características del terreno (las cuales se determinarán realizando los estudios geológicos correspondientes), que cumplirá en todo momento con lo indicado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Tal y como se indica en el apartado 8 de la Memoria de la Guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa, el bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 15 cm, formando un zócalo, con el objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones. Dicha cimentación se terminará con un vierteaguas de 5 cm de altura para facilitar la evacuación del agua de lluvia. Así mismo, con el objeto de evitar que el agua que queda confinada en los perfiles de los montantes en su inserción con la cimentación, se efectuarán unos pequeños planos inclinados a tal efecto.

### 9.3.18. Expropiaciones y compensaciones económicas

Según la Ley de 16 de diciembre de 1954, más concretamente en el capítulo I. De los requisitos previos a la expropiación forzosa, se establecen las bases sobre las que se fundamentan la expropiación forzosa de bienes y los requisitos para que estos sean declarados de utilidad pública. En la siguiente imagen se muestra el trazado de la línea aérea y, de color marrón, las zonas correspondientes a montes públicos (información obtenida del centro de descargas Rediam de la Junta de Andalucía):



Para la ocupación de estos terrenos de dominio público, se pedirá la autorización correspondiente al órgano de la Administración competente, no siendo necesario realizar expropiación alguna sobre estos terrenos, ya que no son de dominio privado.

Para la ejecución de las expropiaciones restantes, se informará tanto a los propietarios de las fincas como a la Administración, y se solicitará la Declaración de utilidad pública de

los bienes correspondientes. Tal como establece el Artículo 42 del Decreto de 26 de abril de 1957 por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Expropiación Forzosa, han seleccionado 5 anuncios de diferentes portales inmobiliarios (2 de ellos correspondientes a terrenos cercanos al tramo aéreo en el municipio de Alhaurín de la Torre y los 3 restantes correspondientes a terrenos cercanos al tramo aéreo en el municipio de Alhaurín el Grande) y se ha determinado su valor promedio para cada uno de estos municipios.

$$\text{Precio Alh. de la Torre (€/m}^2\text{)} = \frac{\frac{107000}{6842} + \frac{73000}{3800}}{3} = 17,42 \text{ (€/m}^2\text{)}$$

$$\text{Precio Alh. el Grande (€/m}^2\text{)} = \frac{\frac{85000}{9050} + \frac{170000}{15000} + \frac{269000}{18390}}{3} = 11,78 \text{ (€/m}^2\text{)}$$





Terreno en venta en calle Arroyo del Acebuchal de 6842 m<sup>2</sup>

 Pinos de Alhaurín - Periferia, Alhaurín de la Torre

**107.000 €**

[Calcula tu hipoteca](#)



**6.842 m<sup>2</sup>**

**€/m<sup>2</sup>**

**15,64**





**73.000 €**

 Descartar

 Compartir

 Favorito

 Calcula tu hipoteca

 Sugerir precio



3800 m<sup>2</sup> terreno  
19,21 €/m<sup>2</sup>

### Terreno en venta en Arroyo Hondo la Alqueria, Buenavista - Lauro Golf

Alhaurín de la Torre



 8 fotos

 Mapa

## Terreno en venta en Centro

Alhaurín el Grande [Ver mapa](#)

**85.000 €**

 Calcular hipoteca  Estudiar hipoteca

9.050 m<sup>2</sup> | No urbanizable

### Precio

Precio del inmueble: **85.000 €**

Precio por m<sup>2</sup>: **9 €/m<sup>2</sup>**





14 fotos

Mapa

## Terreno en venta en Urbanizacion La Paca

Ardelejos - Cuesta de la Palma - Buenavista, Alhaurín el Grande [Ver mapa](#)

**170.000 €**

Calcular hipoteca Estudiar hipoteca

15.000 m<sup>2</sup> | No urbanizable

### Precio

Precio del inmueble: **170.000 €**

Precio por m<sup>2</sup>: **11 €/m<sup>2</sup>**



2 fotos

Plano

Mapa

## Terreno en venta en A-404, km 3

Ardelejos - Cuesta de la Palma - Buenavista, Alhaurín el Grande [Ver mapa](#)

**269.000 €**

Calcular hipoteca Estudiar hipoteca

18.390 m<sup>2</sup> | No urbanizable

### Precio

Precio del inmueble: **269.000 €**

Precio por m<sup>2</sup>: **15 €/m<sup>2</sup>**

A continuación, se pueden ver las parcelas afectadas por el paso de la línea aérea, desde el primer apoyo (coord. UTM: X=357486,5; Y=4057246,5) hasta el último (coord. UTM: X=351642,54; Y=4057155,22), así como la superficie de expropiación, datos catastrales varios y el importe total de cada una de las expropiaciones, entre otros datos:

| Nº propietario | Polígono | Parcela | Clase   | Uso principal | Término municipal    | Longitud (m) | Superficie de expropiación (m <sup>2</sup> ) | Nº apoyos en parcela | Superficie de ocupación (m <sup>2</sup> ) | Precio (€/m <sup>2</sup> ) | Importe de la compensación (€) |
|----------------|----------|---------|---------|---------------|----------------------|--------------|----------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1              | 17       | 29      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 515,70       | 3409,42                                      | 2                    | 3,62                                      | 17,42                      | 59392,10                       |
| 2              | 17       | 32      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 198,90       | 984,35                                       | 1                    | 1,82                                      | 17,42                      | 17147,38                       |
| 3              | 17       | 20      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 12,50        | 112,63                                       | 0                    | 0,00                                      | 17,42                      | 1962,01                        |
| 4              | 17       | 19      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 67,40        | 830,89                                       | 0                    | 0,00                                      | 17,42                      | 14474,10                       |
| 5              | 17       | 18      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 287,50       | 3658,09                                      | 1                    | 1,61                                      | 17,42                      | 63723,93                       |
| 6              | 17       | 38      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 20,40        | 1358,72                                      | 0                    | 0,00                                      | 17,42                      | 23668,90                       |
| 7              | 17       | 11      | Rústico | Agrario       | Alhaurín de la Torre | 484,50       | 7574,41                                      | 2                    | 4,05                                      | 17,42                      | 131946,22                      |
| 8              | 14       | 97      | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 31,20        | 137,11                                       | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 1615,16                        |
| 9              | 14       | 448     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 81,70        | 260,04                                       | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 3063,27                        |
| 10             | 14       | 195     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 15,50        | 67,30                                        | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 792,79                         |
| 11             | 14       | 368     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 31,70        | 170,93                                       | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 2013,56                        |
| 12             | 14       | 193     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 45,50        | 343,21                                       | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 4043,01                        |
| 13             | 14       | 447     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 144,00       | 818,14                                       | 0                    | 0,00                                      | 11,78                      | 9637,69                        |
| 14             | 14       | 380     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 137,60       | 1336,90                                      | 1                    | 1,96                                      | 11,78                      | 15748,68                       |
| 15             | 14       | 410     | Rústico | Agrario       | Alhaurín el Grande   | 182,30       | 1153,96                                      | 1                    | 1,45                                      | 11,78                      | 13593,65                       |
| Importe total  |          |         |         |               |                      |              |                                              |                      |                                           |                            | 362822,45                      |

El importe total de las compensaciones es de **trescientos sesenta y dos mil ochocientos veintidós euros con cuarenta y cinco céntimos (362822,45 €)**.

### **9.3.19. Tramitación ambiental de la instalación**

Tal y como se establece en el apartado b del grupo 4 del Anexo II de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, como la nueva línea eléctrica tiene un voltaje igual o superior a 15 kV y una longitud mayor a 3 km, será obligatorio incluir un anexo de Análisis de Impacto Ambiental al presente proyecto.

## **10. Seguridad y salud**

Según el artículo 4 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, el promotor estará obligado a elaborar un estudio de seguridad y salud si se cumple alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08 €.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Si no se cumple ninguno de los supuestos anteriores, el promotor estará obligado a elaborar un estudio básico de seguridad y salud.

Como los dos primeros supuestos se cumplen, se deberá adjuntar obligatoriamente un estudio de seguridad y salud al presente proyecto.

## **11. Orden de prioridad entre los documentos**

Frente a posibles discrepancias, el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto es:

1. Planos.
2. Pliego de Condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.





Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo  
Graduado en Ingeniería Eléctrica





# 3. ANEXOS



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## **3.1. ANEXO I: CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS**



# Índice

Página

|                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Previsión de potencia.....                                                              | 78  |
| 2. Tramo inicial línea subterránea .....                                                   | 85  |
| 2.1. Cálculos eléctricos .....                                                             | 85  |
| 2.1.1. Resistencia .....                                                                   | 85  |
| 2.1.2. Reactancia inductiva.....                                                           | 85  |
| 2.1.3. Capacidad.....                                                                      | 85  |
| 2.1.4. Intensidad máxima admisible en régimen permanente .....                             | 85  |
| 2.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito .....                                  | 90  |
| 2.1.6. Caída de tensión.....                                                               | 92  |
| 2.1.7. Pérdidas de potencia .....                                                          | 93  |
| 3. Tramo línea aérea .....                                                                 | 93  |
| 3.1. Cálculos eléctricos .....                                                             | 93  |
| 3.1.1. Resistencia .....                                                                   | 93  |
| 3.1.2. Reactancia inductiva.....                                                           | 93  |
| 3.1.3. Capacidad.....                                                                      | 96  |
| 3.1.4. Intensidad máxima admisible en cortocircuito .....                                  | 96  |
| 3.1.5. Caída de tensión.....                                                               | 99  |
| 3.1.6. Pérdidas de potencia .....                                                          | 99  |
| 3.1.7. Distancias mínimas de seguridad .....                                               | 99  |
| 3.1.8. Puesta a tierra .....                                                               | 106 |
| 3.1.9. Resumen de cálculos generados por Andelec .....                                     | 120 |
| 3.1.10. Comparativa de resultados obtenidos analíticamente respecto a los de Andelec ..... | 154 |
| 3.2. Cálculos mecánicos .....                                                              | 156 |
| 3.2.1. Coeficientes de seguridad de aisladores y herrajes .....                            | 156 |
| 3.2.2. Tracción máxima admisible .....                                                     | 162 |
| 3.2.3. Fenómenos vibratorios .....                                                         | 163 |



|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.4. Hipótesis de apoyos .....                                                          | 163 |
| 3.2.5. Flechas .....                                                                      | 173 |
| 3.2.6. Área de servidumbre de vuelo .....                                                 | 176 |
| 3.2.7. Cimentaciones .....                                                                | 177 |
| 3.2.8. Resumen de cálculos generados por Andelec .....                                    | 182 |
| 3.2.9. Comparativa de resultados obtenidos analíticamente respecto a los de Andelec ..... | 207 |
| 4. Tramo línea subterránea en anillo .....                                                | 211 |
| 4.1. Cálculos eléctricos .....                                                            | 211 |
| 4.1.1. Resistencia.....                                                                   | 211 |
| 4.1.2. Reactancia inductiva .....                                                         | 211 |
| 4.1.3. Capacidad .....                                                                    | 211 |
| 4.1.4. Intensidad máxima admisible en régimen permanente.....                             | 211 |
| 4.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito .....                                 | 212 |
| 4.1.6. Reparto de los CT necesarios para las urbanizaciones .....                         | 212 |
| 4.1.7. Caída de tensión.....                                                              | 214 |
| 4.1.8. Pérdidas de potencia .....                                                         | 216 |
| 5. Parámetros globales de la línea.....                                                   | 216 |
| 5.1. Caída de tensión .....                                                               | 216 |
| 5.2. Pérdidas de potencia .....                                                           | 216 |



## 1. Previsión de potencia

La potencia es uno de los parámetros más importantes para seleccionar, de manera provisional, el conductor adecuado para la línea eléctrica, y su cálculo se estimará en base a los apartados 2 y 3 de la ITC-BT-10 del REBT. Para ello, se tendrá en cuenta el número de viviendas de electrificación básica y elevada que hay en cada una de las urbanizaciones, así como la existencia de plazas de garaje en dichas viviendas y la presencia de alumbrado público en sus calles.

En la siguiente imagen se muestra la urbanización de San Jorge de Ardalejos vista desde la Sede Electrónica del Catastro, la cual consta de 70 parcelas. Considerando que una parcela de tamaño promedio puede albergar una vivienda de electrificación elevada, y que todas las parcelas existentes son similares y de un tamaño promedio, excepto una de ellas que tiene un mayor tamaño, la cual se estima que podrá albergar 6 viviendas de electrificación elevada, se obtiene un total de 75 viviendas de electrificación elevada para esta urbanización.

También se estima que, si se colocan farolas en sus calles cada 20-30 metros aproximadamente, serán necesarias unas 100 farolas para el alumbrado público.



A continuación, se puede ver la urbanización de La Paca vista desde la Sede Electrónica del Catastro, la cual consta de 106 parcelas. Al igual que para la urbanización de San Jorge de Ardalejos, se considerará que una parcela de tamaño promedio puede albergar una vivienda de electrificación elevada, y que todas las parcelas existentes son similares y de un tamaño promedio, salvo 5 de ellas que tienen un mayor tamaño, y cuyas posibilidades de edificación se detallarán a continuación:

- 2 de esas parcelas pueden albergar 2 viviendas de electrificación elevada.

- Las 2 parcelas de color rojo tienen una superficie total de 11267 m<sup>2</sup>, es decir, 3841 m<sup>2</sup> y 7426 m<sup>2</sup>, y están formadas por 24 y 45 viviendas adosadas respectivamente, siendo un total de 69 viviendas adosadas actualmente. Para estas viviendas se considerará un grado de electrificación básico y que cada una de ellas dispone de una plaza de garaje con ventilación natural de 3 x 5 m<sup>2</sup>.

- Una parcela de color verde cuya superficie es de 18359 m<sup>2</sup>, la cual se puede destinar a la construcción de viviendas adosadas. Suponiendo que estas nuevas viviendas serán de unas características similares a las ya existentes, y que cada una de ellas tiene una superficie de  $\frac{11267 \text{ m}^2}{69 \text{ viviendas}} = 163,29 \text{ m}^2/\text{viviendas}$ , obtenemos un

total de  $\frac{18359 \text{ m}^2}{163,29 \text{ m}^2/\text{viviendas}} = 112,43 \simeq 113$  viviendas adosadas. Para estas viviendas se considerará un grado de electrificación básico y que cada una de ellas dispone de una plaza de garaje con ventilación natural de 3 x 5 m<sup>2</sup>.

Obteniéndose finalmente, para esta urbanización, un total de 182 viviendas de electrificación básica (cada una de ellas con su plaza de garaje correspondiente) y 105 viviendas de electrificación elevada.

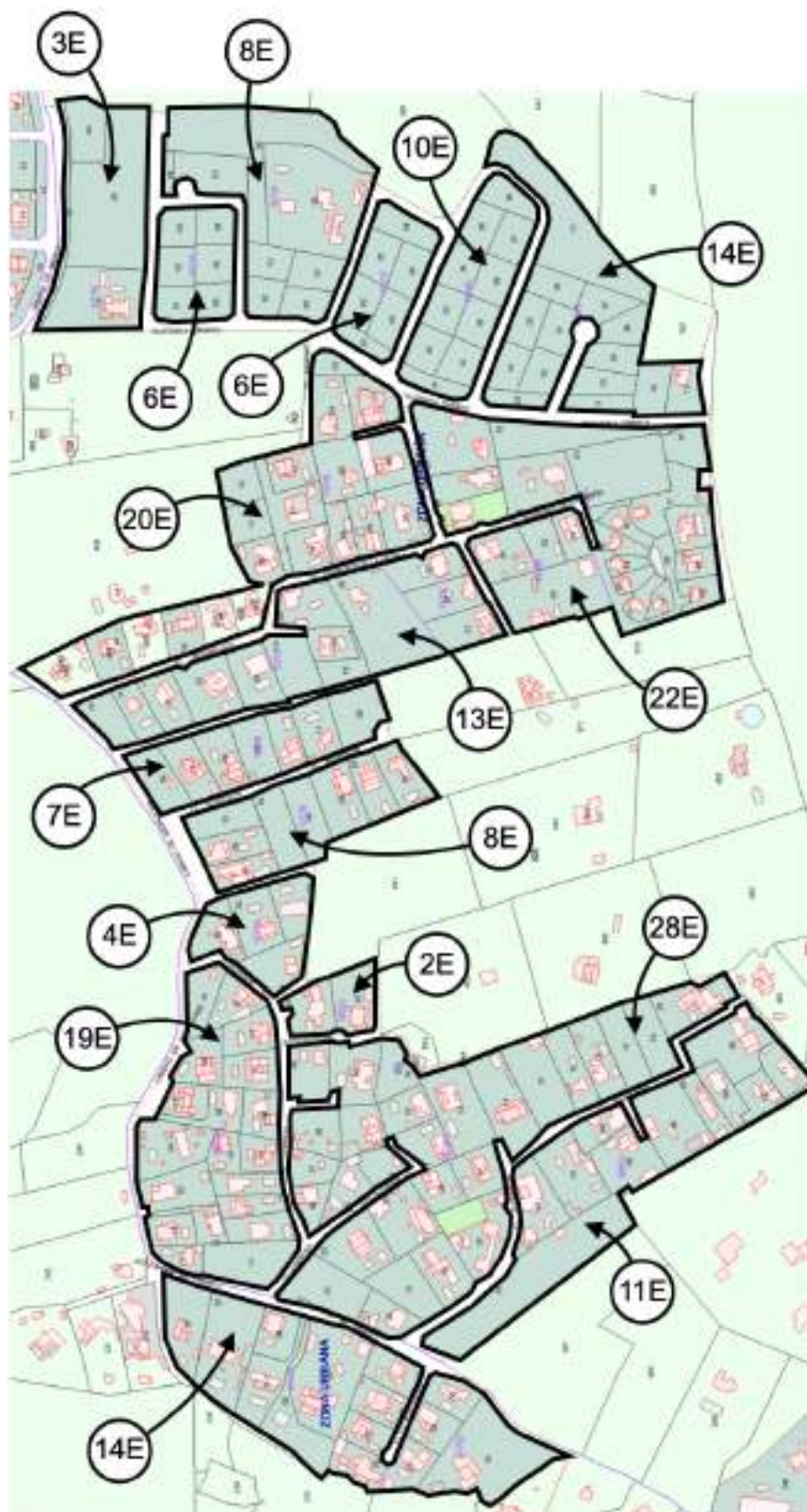
También se estima que, si se colocan farolas en sus calles cada 20-30 metros aproximadamente, serán necesarias unas 172 farolas para el alumbrado público.



Por último, se muestra la urbanización de La Chichara vista desde la Sede Electrónica del Catastro, la cual consta de 195 parcelas. Considerando también que una parcela de tamaño promedio puede albergar una vivienda de electrificación elevada, y que todas las parcelas existentes son similares y de un tamaño promedio, se obtiene un total de 195 viviendas de electrificación elevada para esta urbanización.

Dado que, en la actualidad, el alumbrado público de esta urbanización es inexistente, este no se tendrá en cuenta de cara a la previsión de potencia.





Por tanto, la potencia activa total demandada por las 3 urbanizaciones será:

$$P_{TOTAL} = P_{VIV} + P_{GARAJS} + P_{ALUMBRADO}$$

- Carga correspondiente a un conjunto de viviendas.

Las 3 urbanizaciones constan de 182 viviendas de electrificación básica (5750 W) y 375 viviendas de electrificación elevada (9200 W) en total.

$$C_S = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5 = 15,3 + (557 - 21) \cdot 0,5 = 283,3$$

$$P_{VIV} = 283,3 \cdot \left( \frac{182 \cdot 5750 + 375 \cdot 9200}{557} \right) = 2,29 \text{ MW}$$

- Carga correspondiente a los garajes.

En total se disponen de 182 plazas de garaje con ventilación natural (10 W/m<sup>2</sup>) y cuyas dimensiones son de 3 m de ancho y 5 m de largo.

$$P_{GARAJS} = 182 \text{ plaza} \cdot 3 \cdot 5 \text{ m}^2/\text{plaza} \cdot 10 \text{ W/m}^2 = 0,03 \text{ MW}$$

- Carga correspondiente al alumbrado público.

Para satisfacer las necesidades de alumbrado público de las 3 urbanizaciones, serán necesarias 272 farolas con bombillas LED de 54 W destinadas a tal fin (ver apartado 4.3. Bibliografía de la MEMORIA).

$$P_{ALUMBRADO} = 54 \text{ W/farola} \cdot 272 \text{ farola} = 0,015 \text{ MW}$$

Obteniendo así una potencia final demandada de:

$$P_{TOTAL} = P_{VIV} + P_{GARAJS} + P_{ALUMBRADO} = 2,29 + 0,03 + 0,015 = 2,335 \text{ MW}$$

Para hallar la intensidad de fase en régimen nominal que deberá soportar cada uno de los conductores, se supondrá un f.d.p. igual a 0,9 (ind) para la carga:

$$I_{carga} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{2,335 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 74,895 \text{ A} \simeq 75 \text{ A}$$

Con este dato ya se pueden seleccionar, a priori, los conductores que serán necesarios tanto para el tramo subterráneo como para el tramo aéreo.

En el caso del tramo subterráneo, siguiendo las indicaciones del apartado 3 del anexo de LSMT, como la línea parte de una subestación, su sección será de 240 o 400 mm<sup>2</sup>.



Como la intensidad que ha de soportar el cable subterráneo es de 75 A, con un cable subterráneo unipolar de sección nominal de  $240 \text{ mm}^2$  será más que suficiente, tal y como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Intensidades máximas admisibles en conductores XLPE, Al, bajo tubo.**

| Sección nominal de los conductores $\text{mm}^2$ | Intensidad máxima admisible, I, en A<br>(Cables unipolares en triángulo en contacto) |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 150                                              | 245                                                                                  |
| 240                                              | 320                                                                                  |
| 400                                              | 415                                                                                  |

En el caso del tramo aéreo, siguiendo las indicaciones del apartado 2 del anexo de LAMT, como la línea tiene su origen en una subestación, esta será de sección uniforme con una dimensión mínima de  $95 \text{ mm}^2$  (equivalente al conductor LA-110). Como la intensidad que ha de soportar el cable aéreo es de 75 A, con un LA-110 será más que suficiente, tal y como se puede ver en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Intensidad máxima admisible conductores habituales**

| Conductor en zonas sin contaminación o con contaminación ligera | Sección ( $\text{mm}^2$ ) | Alambres Aluminio | Alambres Acero | I <sub>máx</sub> (A) |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|----------------|----------------------|
| 47AL1/8-ST1A<br>(antes LA-56)                                   | 54,6                      | 6                 | 1              | 199                  |
| 94-AL1/22-ST1A<br>(antes LA-110)                                | 116,2                     | 30                | 7              | 318                  |
| 147-AL1/34-ST1A<br>(antes LA-180)                               | 181,6                     | 30                | 7              | 431                  |

Como se puede observar, las secciones empleadas tanto en el tramo subterráneo como en el tramo aéreo tienen una sección equivalente y una capacidad de transporte similar, evitando así que se puedan producir posibles cuellos de botella y facilitando las posteriores labores de montaje.

## 2. Tramo inicial línea subterránea

### 2.1. Cálculos eléctricos

#### 2.1.1. Resistencia

El valor de la resistencia del conductor unipolar seleccionado se puede consultar en el catálogo del fabricante (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA). Para una temperatura de servicio de 90°C:

$$R_{unitaria}^{90^{\circ}C} = 0,161 \, \Omega/km$$

La resistencia total de la línea será:

$$long = 1,95 \, km$$

$$R_{total}^{90^{\circ}C} = R_{unitaria}^{90^{\circ}C} \cdot long = 0,161 \cdot 1,95 = 0,314 \, \Omega$$

#### 2.1.2. Reactancia inductiva

Su valor, al igual que en el apartado anterior, se puede consultar en el catálogo del fabricante (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA):

$$X_a^{unitaria} = 0,102 \, \Omega/km$$

La reactancia inductiva total de la línea será:

$$long = 1,95 \, km$$

$$X_a^{total} = X_a^{unitaria} \cdot long = 0,102 \cdot 1,95 = 0,199 \, \Omega$$

#### 2.1.3. Capacidad

Se puede considerar que es despreciable ya que presenta un valor muy pequeño (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA) y la línea tiene poca longitud.

#### 2.1.4. Intensidad máxima admisible en régimen permanente

La intensidad máxima admisible en régimen permanente viene dada por la expresión:

$$I_{adm} = I \cdot Fct \cdot Fcrt \cdot Fca \cdot Fcp$$

Donde:

- $I_{adm}$ : Intensidad máxima admisible en servicio permanente, en A.
- $I$ : Intensidad del conductor sin coeficientes de corrección, en A. En este caso, tras consultar el catálogo del fabricante, se puede observar que su valor es de 320 A.
- $F_{ct}$ : Factor de corrección debido a la temperatura del terreno.
- $F_{crt}$ : Factor de corrección debido a la resistividad del terreno.
- $F_{ca}$ : Factor de corrección debido a la agrupación de circuitos.
- $F_{cp}$ : Factor de corrección debido a la profundidad de soterramiento.

Para hallar su valor, se han considerado dos casos:

- **Caso 1:** Circuito simple soterrado en acera bajo tubo a una profundidad de 0,8 m, recubierto de arena, a una temperatura de 25°C y con una resistividad térmica de 1,5 K·m/W (ver apartado 5 de los PLANOS).

$$I_{adm}^{arena} = I \cdot F_{ct}^{arena} \cdot F_{crt}^{arena} \cdot F_{ca}^{arena} \cdot F_{cp}^{arena}$$

- $F_{ct}^{arena}$ : como se ha considerado la misma temperatura del terreno que el fabricante,  $F_{ct}^{arena} = 1$ .

**Tabla 5. Factor de corrección,  $F_{ct}$ , para temperatura del terreno distinta a 25 °C**

| Temperatura °C, en servicio permanente, $\theta_s$ | Temperatura del terreno, en °C, $\theta_t$ |      |      |    |      |      |      |      |      |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|----|------|------|------|------|------|
|                                                    | 10                                         | 15   | 20   | 25 | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| <b>90</b>                                          | 1,11                                       | 1,07 | 1,04 | 1  | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |

- $F_{crt}^{arena}$ : como se ha considerado la misma resistividad térmica del terreno que el fabricante,  $F_{crt}^{arena} = 1$ .

**Tabla 8. Resistividad térmica del terreno**

| Resistividad térmica del terreno (K m/W) | Naturaleza del terreno y grado de humedad |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 0,40                                     | Inundado                                  |
| 0,50                                     | Muy húmedo                                |
| 0,70                                     | Húmedo                                    |
| 0,85                                     | Poco húmedo                               |
| 1,00                                     | Seco                                      |
| 1,20                                     | Arcilloso muy seco                        |
| 1,50                                     | Arenoso muy seco                          |
| 2,00                                     | De piedra arenisca                        |
| 2,50                                     | De piedra caliza                          |
| 3,00                                     | De piedra granítica                       |

**Tabla 7. Coeficiente corrector para resistividad térmica del terreno distinta a 1,5 K·m/W.**

| Sección del conductor | Resistividad del terreno (K·m/W) |      |     |     |      |      |      |
|-----------------------|----------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|
|                       | 0.8                              | 0.9  | 1   | 1.5 | 2    | 2.5  | 3    |
| 150                   | 1,14                             | 1,12 | 1,1 | 1   | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
| 240                   | 1,15                             | 1,12 | 1,1 | 1   | 0,92 | 0,86 | 0,81 |
| 400                   | 1,16                             | 1,13 | 1,1 | 1   | 0,92 | 0,86 | 0,81 |

- $Fca^{arena}$ : como se trata de una zanja para circuito simple,  $Fca^{arena} = 1$ .
- $Fcp^{arena}$ : como el conductor se encuentra soterrado a una profundidad de 0,8 m,  $Fcp^{arena} = 1,03$ .

**Tabla 9. Coeficiente corrector para distintas profundidades de soterramiento**

| Profundidad<br>(m) | En tubular con sección  |                      |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
|                    | $\leq 185 \text{ mm}^2$ | $> 185 \text{ mm}^2$ |
| 0,50               | 1,06                    | 1,08                 |
| 0,60               | 1,04                    | 1,06                 |
| 0,80               | 1,02                    | 1,03                 |
| 1,00               | 1,00                    | 1,00                 |
| 1,25               | 0,98                    | 0,98                 |
| 1,50               | 0,97                    | 0,96                 |
| 1,75               | 0,96                    | 0,95                 |
| 2,00               | 0,95                    | 0,94                 |
| 2,50               | 0,93                    | 0,92                 |
| 3,00               | 0,92                    | 0,91                 |

Finalmente la intensidad máxima admisible en régimen permanente ha sido de:

$$I_{adm}^{arena} = 320 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,03 = 329,60 \text{ A}$$

- **Caso 2:** Circuito simple soterrado en calzada bajo tubo a una profundidad de 1 m, recubierto de hormigón, a una temperatura de 25°C y con una resistividad térmica de 2 K·m/W (ver apartado 6 de los PLANOS).

$$I_{adm}^{hormigón} = I \cdot F_{ct}^{hormigón} \cdot F_{cr}^{hormigón} \cdot F_{ca}^{hormigón} \cdot F_{cp}^{hormigón}$$

- $F_{ct}^{hormigón}$ : como se ha considerado la misma temperatura del terreno que el fabricante,  $F_{ct}^{hormigón} = 1$ .

**Tabla 5. Factor de corrección, Fct, para temperatura del terreno distinta a 25 °C**

| Temperatura °C, en servicio<br>permanente, $\theta_s$ | Temperatura del terreno, en °C, $\theta_t$ |      |      |    |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|----|------|------|------|------|------|
|                                                       | 10                                         | 15   | 20   | 25 | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   |
| 90                                                    | 1,11                                       | 1,07 | 1,04 | 1  | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 |



-  $F_{crt}^{hormigón}$ : como se ha considerado una resistividad térmica del terreno igual a 2 K·m/W,  $F_{crt}^{hormigón} = 0,92$ .

**Tabla 8. Resistividad térmica del terreno**

| Resistividad térmica del terreno (K m/W) | Naturaleza del terreno y grado de humedad |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 0,40                                     | Inundado                                  |
| 0,50                                     | Muy húmedo                                |
| 0,70                                     | Húmedo                                    |
| 0,85                                     | Poco húmedo                               |
| 1,00                                     | Seco                                      |
| 1,20                                     | Arcilloso muy seco                        |
| 1,50                                     | Arenoso muy seco                          |
| 2,00                                     | De piedra arenisca                        |
| 2,50                                     | De piedra caliza                          |
| 3,00                                     | De piedra granítica                       |

**Tabla 7. Coeficiente corrector para resistividad térmica del terreno distinta a 1,5 K·m/W.**

| Sección del conductor | Resistividad del terreno (K·m/W) |      |     |     |      |      |      |
|-----------------------|----------------------------------|------|-----|-----|------|------|------|
|                       | 0.8                              | 0.9  | 1   | 1.5 | 2    | 2.5  | 3    |
| 150                   | 1,14                             | 1,12 | 1,1 | 1   | 0,93 | 0,87 | 0,82 |
| 240                   | 1,15                             | 1,12 | 1,1 | 1   | 0,92 | 0,86 | 0,81 |
| 400                   | 1,16                             | 1,13 | 1,1 | 1   | 0,92 | 0,86 | 0,81 |

-  $F_{ca}^{hormigón}$ : como se trata de una zanja para circuito simple,  $F_{ca}^{hormigón} = 1$ .

-  $F_{cp}^{hormigón}$ : como el conductor se encuentra soterrado a una profundidad de 1 m,  $F_{cp}^{hormigón} = 1$ .



**Tabla 9. Coeficiente corrector para distintas profundidades de soterramiento**

| Profundidad<br>(m) | En tubular con sección  |                      |
|--------------------|-------------------------|----------------------|
|                    | $\leq 185 \text{ mm}^2$ | $> 185 \text{ mm}^2$ |
| 0,50               | 1,06                    | 1,08                 |
| 0,60               | 1,04                    | 1,06                 |
| 0,80               | 1,02                    | 1,03                 |
| 1,00               | 1,00                    | 1,00                 |
| 1,25               | 0,98                    | 0,98                 |
| 1,50               | 0,97                    | 0,96                 |
| 1,75               | 0,96                    | 0,95                 |
| 2,00               | 0,95                    | 0,94                 |
| 2,50               | 0,93                    | 0,92                 |
| 3,00               | 0,92                    | 0,91                 |

Finalmente la intensidad máxima admisible en régimen permanente ha sido de:

$$I_{adm}^{hormigón} = 320 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 1 = 294,4 \text{ A}$$

Como se puede ver, esta intensidad es la más restrictiva de ambos casos.

El conductor cumple ya que  $I_{adm}^{hormigón} = 294,4 > 75 \text{ A} = I_{carga}$ .

### 2.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

La intensidad máxima admisible del conductor en régimen de cortocircuito se puede determinar siguiendo los criterios establecidos en la norma UNE 21-192-92.

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

Donde:

- $I$ : es la intensidad de cortocircuito admisible.
- $I_{AD}$ : es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.

-  $\varepsilon$ : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes. En régimen adiabático,  $\varepsilon = 1$ .

Se podrá considerar régimen adiabático ( $\varepsilon = 1$ ) si la relación  $\frac{t}{S} < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , siendo  $t$  el tiempo de duración del cortocircuito (s) y  $S$  la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ), tal como se indica en el Anexo A de la Norma UNE 21-192-92.

Como  $\frac{t}{S} = \frac{0,5}{240} = 0,0021 < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , se considerará que el cortocircuito se produce en régimen adiabático.

En primer lugar se hallará la intensidad para cortocircuito adiabático:

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

Donde:

- $t$ : es la duración del cortocircuito (s). Se adoptará un valor de 0,5 s.
- $K$ : es la constante que depende del material del componente conductor de corriente. Tanto para el conductor como para la pantalla de aluminio se utilizará el valor de  $148 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2}/\text{mm}^2$ .
- $S$ : es la sección nominal, tanto del conductor ( $240 \text{ mm}^2$ ) como de la pantalla ( $13,27 \text{ mm}^2$ ).

$$S_{pantalla} = \pi \cdot \left( \frac{28,3^2}{4} - \frac{28^2}{4} \right) = 13,27 \text{ mm}^2$$

- $\theta_i$ : es la temperatura inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ). En el conductor se emplearán  $90^{\circ}\text{C}$  y en la pantalla se emplearán  $70^{\circ}\text{C}$ .
- $\theta_f$ : es la temperatura final ( $^{\circ}\text{C}$ ). En el conductor se emplearán  $250^{\circ}\text{C}$  y en la pantalla se emplearán  $180^{\circ}\text{C}$ .

-  $\beta$ : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a 0°C (K). Tanto para el conductor como para la pantalla de aluminio se utilizará el valor de 228 K.

Se hallará la intensidad de cortocircuito adiabática tanto para el conductor como para su pantalla.

La intensidad de cortocircuito adiabática obtenida, en el caso del conductor, ha sido la siguiente:

$$I_{AD}^{conductor} = \sqrt{\frac{148^2 \cdot 240^2 \cdot \ln\left(\frac{250 + 228}{90 + 228}\right)}{0,5}} = 32,07 \text{ kA}$$

Como este valor es superior al de la intensidad de cortocircuito que se puede producir en barras de media tensión de la subestación, cuyo valor es de 16 kA, el conductor cumple.

Y en el caso de la pantalla:

$$I_{AD}^{pantalla} = \sqrt{\frac{148^2 \cdot 13,27^2 \cdot \ln\left(\frac{180 + 228}{70 + 228}\right)}{0,5}} = 1,56 \text{ kA}$$

### 2.1.6. Caída de tensión

Las caídas de tensión en valor absoluto y relativo de la línea son:

$$I_{carga}^{fase} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{2,335 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 74,895 \text{ A}$$

$$|\Delta V| = I_{carga}^{fase} \cdot (R + jX) = 74,895 \cdot (0,314 + j0,199) = 27,84 \text{ V}$$

$$|\Delta V|_{\%} = \frac{|\Delta V|}{V_{línea}} \cdot 100 = \frac{27,84}{20 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,14 \%$$

### 2.1.7. Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia de la línea son las siguientes:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I_{carga}^2 = 3 \cdot 0,314 \cdot 74,895^2 = 5,28 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P_{total}} \cdot 100 = \frac{5,28 \cdot 10^3}{2,335 \cdot 10^6} \cdot 100 = 0,23 \%$$

## 3. Tramo línea aérea

### 3.1. Cálculos eléctricos

#### 3.1.1. Resistencia

Para hallar su valor, se ha de corregir el valor de la resistencia del fabricante (a 20°C) para una temperatura máxima de la línea en régimen nominal a 70°C:

$$R_{20^{\circ}C} = 0,306 \text{ } \Omega/km$$

$$R_{70^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha \cdot (\theta - 20)) = 0,306 \cdot (1 + 0,004032 \cdot (70 - 20)) = 0,3677 \text{ } \Omega/km$$

$$\alpha = \frac{1}{20 + 228} = 0,004032^{\circ}C^{-1}$$

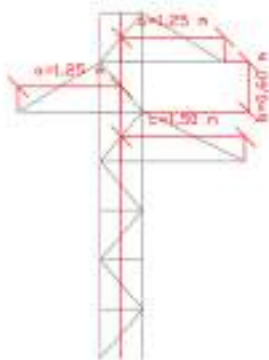
La resistencia equivalente por fase para la línea aérea será la siguiente:

$$R_{fase}^{70^{\circ}C} = R_{70^{\circ}C} \cdot long = 0,3677 \cdot 7,8657 = 2,8921 \text{ } \Omega$$

#### 3.1.2. Reactancia inductiva

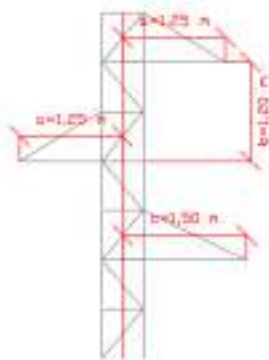
El valor de la reactancia inductiva depende de parámetros geométricos de la línea, es decir, de la distancia entre fases y el radio del conductor. A continuación se pueden ver los armados utilizados en la línea:

Armado TB-6



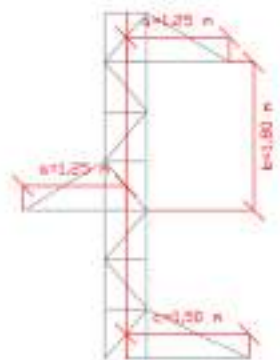
Apoyos nº 12

Armado TB-12



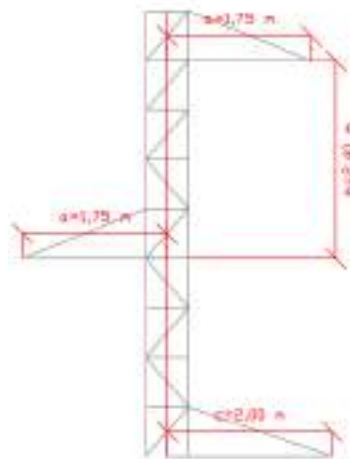
Apoyos nº: 1,2,3,6,7,8,9,17,22,23,24,25,26,27,28,29,30

Armado TB-18



Apoyos nº: 3,4,10,11,15,16,18,19,26,21

Armado TB-24



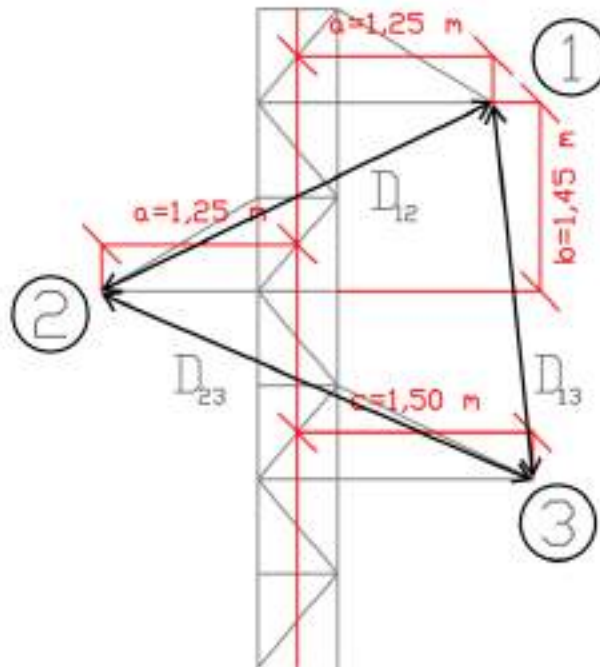
Apoyos nº 13,14

Como los armados TB-12 y TB-18 son los apoyos predominantes en el tramo aéreo, y dado que las dimensiones de las semicrucetas son iguales (longitudes a y c), pero no la distancia vertical a las que se encuentran estas (en este caso, la distancia b), se va a calcular su media ponderada:

$$b_{promedio} = \frac{17 \cdot 1,20 + 10 \cdot 1,80}{27} = 1,4\bar{2} \approx 1,45 \text{ m}$$

En la siguiente imagen se puede apreciar el armado que se ha tomado como referencia para la realización de los cálculos:

## Armado de referencia



$$D_{12} = \sqrt{1,45^2 + (2 \cdot 1,25)^2} = 2,8901 \text{ m}$$

$$D_{13} = \sqrt{(1,50 - 1,25)^2 + (2 \cdot 1,45)^2} = 2,9108 \text{ m}$$

$$D_{23} = \sqrt{(1,25 + 1,50)^2 + 1,45^2} = 3,1089 \text{ m}$$

$$DMG = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}} = \sqrt[3]{2,8901 \cdot 2,9108 \cdot 3,1089} = 2,9683 \text{ m}$$

$$\phi = 14 \text{ mm} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$r = \frac{\phi}{2} = 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$r' = r \cdot e^{-\frac{1}{4}} = 5,4516 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$L_a = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left( \frac{DMG}{r'} \right) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left( \frac{2,9683}{5,4516 \cdot 10^{-3}} \right) = 1,2600 \cdot 10^{-3} \text{ H/km}$$



$$X_a = 2\pi \cdot f \cdot L_a \cdot long = 2\pi \cdot 50 \cdot 1,2600 \cdot 10^{-3} \cdot 7,8657 = 3,1135 \, \Omega$$

La reactancia inductiva obtenida por fase ha sido de 3,1135  $\Omega$ .

### 3.1.3. Capacidad

Se adoptará el modelo de línea corta, la cual tiene en cuenta solamente la resistencia y la reactancia inductiva, debido a que el tramo aéreo tiene una longitud total de 7,8657 km < 50 km. Por tanto, esta será despreciable.

### 3.1.4. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

Esta intensidad se puede determinar siguiendo los criterios establecidos en la norma UNE 21-192-92.

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

Donde:

- $I$ : es la intensidad de cortocircuito admisible.
- $I_{AD}$ : es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.
- $\varepsilon$ : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes. En régimen adiabático,  $\varepsilon = 1$ .

Se podrá considerar régimen adiabático ( $\varepsilon = 1$ ) si la relación  $\frac{t}{S} < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , siendo  $t$  el tiempo de duración del cortocircuito (s) y  $S$  la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ), tal y como se indica en el Anexo A de la Norma UNE 21-192-92.

Como  $\frac{t}{S} = \frac{0,5}{116,2} = 0,0043 < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , se considerará que el cortocircuito se produce en régimen adiabático.

En primer lugar se hallará la intensidad para cortocircuito adiabático:

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

Donde:

- $t$ : es la duración del cortocircuito (s). Se tomará el valor de 0,5 s, tal como se indica en el apartado 4.2.2.2 Intensidad de cortocircuito de la ITC-LAT 07.
- $K$ : es la constante que depende del material del componente conductor de corriente. Para conductores de aluminio se utilizará el valor de  $148 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2} / \text{mm}^2$ .
- $S$ : es la sección nominal del conductor ( $116,2 \text{ mm}^2$ ).
- $\theta_f$ : es la temperatura final ( $^{\circ}\text{C}$ ). Su valor no deberá sobrepasar los  $100^{\circ}\text{C}$ , tal como se indica en el apartado 2.1.2.3 Temperaturas de servicio del conductor de la ITC-LAT 07.
- $\theta_i$ : es la temperatura inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ). Se realizará el cálculo de la intensidad de cortocircuito para los valores de temperatura inicial de  $50^{\circ}\text{C}$  y de  $70^{\circ}\text{C}$ .
- $\beta$ : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a  $0^{\circ}\text{C}$  (K). Para conductores de aluminio se utilizará el valor de 228 K.

La intensidad de cortocircuito adiabática obtenida para el conductor, partiendo de una temperatura inicial de  $50^{\circ}\text{C}$ , ha sido la siguiente:

$$I_{AD}^{\theta_i=50^{\circ}\text{C}} = \sqrt{\frac{148^2 \cdot 116,2^2 \cdot \ln\left(\frac{100 + 228}{50 + 228}\right)}{0,5}} = 9,89 \text{ kA}$$

Y en el caso de una temperatura inicial de  $70^{\circ}\text{C}$  (conductor a temperatura de régimen nominal):

$$I_{AD}^{\theta_i=70^{\circ}\text{C}} = \sqrt{\frac{148^2 \cdot 116,2^2 \cdot \ln\left(\frac{100 + 228}{70 + 228}\right)}{0,5}} = 7,53 \text{ kA}$$

Por tanto, tal y como se indica en el apartado 7.12 Aparatación de la memoria del documento AYZ10000 de Endesa, con carácter general se fija el valor de la intensidad de cortocircuito trifásico (intensidad asignada de corta duración) en 16 kA en barras de MT de la subestación de la que depende la LAMT (en este caso, la subestación de Alhaurín). En puntos alejados de la subestación esta intensidad disminuye, de tal manera que, a una cierta distancia de esta, se podrán considerar valores de intensidad de cortocircuito de 8 y 12,5 kA, tal como se puede ver en las siguientes tablas:

Tabla 4. Distancias alejadas de la subestación e  $I_{cc}$

|           | $U_n$ (kV)                   | 6               |      | 10    |      | 11    |      | 13,2  |      | 15    |      | 20    |      | 25    |      | 30    |       |
|-----------|------------------------------|-----------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
|           |                              | $I_{cc50}$ (kA) |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |       |
|           |                              | 8               | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5  |
| Conductor | 47AL1/8-T1A (LA 56)          | 304             | 85   | 506   | 142  | 556   | 156  | 668   | 187  | 759   | 212  | 1.012 | 283  | 1.265 | 354  | 1.518 | 425   |
|           | 94-AL1/22-ST1A (LA 110)      | 559             | 157  | 932   | 261  | 1.026 | 287  | 1.231 | 345  | 1.398 | 392  | 1.865 | 522  | 2.331 | 653  | 2.797 | 783   |
|           | 147-AL1/34-ST1A (LA 180)     | 777             | 217  | 1.294 | 362  | 1.424 | 399  | 1.709 | 478  | 1.942 | 544  | 2.589 | 725  | 3.236 | 906  | 3.883 | 1.087 |
|           | 47-AL1/8-A20SA (LARI 56)     | 320             | 90   | 533   | 149  | 587   | 164  | 704   | 197  | 800   | 224  | 1.066 | 299  | 1.333 | 373  | 1.600 | 448   |
|           | 67-AL1/11-A20SA (LARI 78)    | 445             | 124  | 741   | 207  | 815   | 228  | 978   | 274  | 1.111 | 311  | 1.482 | 415  | 1.852 | 519  | 2.223 | 622   |
|           | 107-AL1/18-A20SA (LARI 125E) | 649             | 182  | 1.082 | 303  | 1.190 | 333  | 1.428 | 400  | 1.823 | 454  | 2.183 | 606  | 2.704 | 757  | 3.245 | 909   |
|           | 119-AL1/28-A20SA (LARI 145E) | 705             | 197  | 1.175 | 329  | 1.293 | 362  | 1.551 | 434  | 1.763 | 494  | 2.351 | 658  | 2.938 | 823  | 3.526 | 987   |
|           | 147-AL1/34-A20SA (LARI 180)  | 816             | 228  | 1.359 | 381  | 1.495 | 419  | 1.794 | 502  | 2.039 | 571  | 2.719 | 761  | 3.398 | 952  | 4.078 | 1.142 |

Para el caso de un cortocircuito de 16 kA en barras de la subestación, y una temperatura inicial del conductor LA-110 de 50°C, dado que la distancia existente entre la subestación y el primer apoyo de la línea aérea es de 1,97 km aproximadamente, el cortocircuito que llegaría a dicho apoyo sería menor a 8 kA. Como el conductor LA-110, a una temperatura inicial de 50°C, soporta una intensidad de cortocircuito de 9,89 kA > 8 kA, cumple.

|   | $U_n$ (kV)                   | 6               |      | 10    |      | 11    |      | 13,2  |      | 15    |      | 20    |      | 25    |      | 30    |       |
|---|------------------------------|-----------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|
|   |                              | $I_{cc50}$ (kA) |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |      |       |       |
|   |                              | 8               | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5 | 8     | 12,5  |
| C | 47AL1/8-T1A (LA 56)          | 284             | 80   | 474   | 133  | 521   | 146  | 626   | 175  | 711   | 199  | 948   | 265  | 1.185 | 332  | 1.422 | 398   |
|   | 94-AL1/22-ST1A (LA 110)      | 529             | 148  | 881   | 247  | 969   | 271  | 1.163 | 326  | 1.322 | 370  | 1.763 | 494  | 2.203 | 617  | 2.644 | 740   |
|   | 147-AL1/34-ST1A (LA 180)     | 742             | 208  | 1.236 | 346  | 1.360 | 381  | 1.632 | 457  | 1.855 | 519  | 2.473 | 692  | 3.091 | 866  | 3.709 | 1.039 |
|   | 47-AL1/8-A20SA (LARI 56)     | 300             | 84   | 500   | 140  | 550   | 154  | 661   | 185  | 751   | 210  | 1.001 | 280  | 1.251 | 350  | 1.501 | 420   |
|   | 67-AL1/11-A20SA (LARI 78)    | 419             | 117  | 698   | 195  | 788   | 215  | 921   | 258  | 1.047 | 293  | 1.396 | 391  | 1.745 | 489  | 2.094 | 586   |
|   | 107-AL1/18-A20SA (LARI 125E) | 617             | 173  | 1.028 | 288  | 1.131 | 317  | 1.357 | 380  | 1.542 | 432  | 2.056 | 576  | 2.570 | 720  | 3.084 | 863   |
|   | 119-AL1/28-A20SA (LARI 145E) | 672             | 188  | 1.120 | 313  | 1.232 | 345  | 1.478 | 414  | 1.679 | 470  | 2.230 | 627  | 2.799 | 784  | 3.359 | 940   |
|   | 147-AL1/34-A20SA (LARI 180)  | 782             | 219  | 1.303 | 365  | 1.433 | 401  | 1.719 | 481  | 1.954 | 547  | 2.605 | 729  | 3.256 | 912  | 3.908 | 1.094 |

Y en el caso de que dicho cortocircuito se produjera a una temperatura inicial de unos 70°C, dado que la distancia existente entre la subestación y el primer apoyo de la línea aérea es de 1,97 km aproximadamente, el cortocircuito que llegaría a dicho apoyo sería menor a 8 kA, ya que la intensidad de cortocircuito disminuye al aumentar la distancia respecto a la subestación. Como el conductor LA-110, a una temperatura inicial de 70°C, soporta una intensidad de cortocircuito de 7,53 kA  $\approx$  8 kA, cumple.

### 3.1.5. Caída de tensión

Las caídas de tensión en valor absoluto y relativo de la línea son:

$$I_{carga}^{fase} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{2,335 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 74,895 \text{ A}$$

$$|\Delta V| = I_{carga}^{fase} \cdot (R + jX) = 74,895 \cdot (2,8921 + j3,1135) = 318,27 \text{ V}$$

$$|\Delta V|_{\%} = \frac{|\Delta V|}{V_{línea}} \cdot 100 = \frac{318,27}{20 \cdot 10^3} \cdot 100 = 1,59 \%$$

### 3.1.6. Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia de la línea son las siguientes:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I_{carga}^2 = 3 \cdot 2,8921 \cdot 74,895^2 = 48,67 \text{ kW}$$

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P_{total}} \cdot 100 = \frac{48,67 \cdot 10^3}{2,335 \cdot 10^6} \cdot 100 = 2,08 \%$$

### 3.1.7. Distancias mínimas de seguridad

#### - Distancias entre conductores

Realizar esta comprobación es muy importante, ya que la distancia entre los conductores de fase debe ser tal que no haya riesgo de cortocircuito entre ellas, teniendo en cuenta las oscilaciones de los conductores debidas al viento.

La separación mínima entre conductores de fase vendrá dada por la siguiente expresión:

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

Donde:

- $D$ : Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- $K$ : Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1. de la ITC-LAT 07.

- $K'$ : Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea,  $K' = 0,85$  para líneas de categoría especial y  $K' = 0,75$  para el resto de líneas. Por tanto, se adoptará este último valor.
- $F$ : Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07.
- $L$ : Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos  $L = 0$ .
- $D_{pp}$ : Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de  $D_{pp}$  se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, en función de la tensión más elevada de la línea.

**Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas**

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

En este caso, el valor de  $D_{pp} = 0,25$  m.

A continuación, se procederá a calcular la separación mínima entre conductores de fase para dos apoyos, concretamente los **apoyos nº 9 (alineación-suspensión)** y **nº 12 (ángulo-anclaje)**, y se comprobará que la separación propuesta en el proyecto es mayor.



### Apoyo nº 9 (alineación-suspensión)

Para hallar el valor de  $K$ , se ha de consultar la tabla 16 del apartado 5.4.1. de la ITC-LAT 07. Para ello, se ha de determinar el ángulo de oscilación  $\gamma$ :

$$\gamma = \arctan \left( \frac{q}{p} \right)$$

Siendo  $q$  la presión de viento reglamentaria sobre los conductores (daN/m) y  $p$  el peso propio del conductor (daN/m).

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$\gamma = \arctan \left( \frac{0,84}{0,424} \right) = 63,22^\circ$$

Consultando la siguiente tabla, se obtiene un valor de  $K = 0,6$ .

**Tabla 16. Coeficiente K en función del ángulo de oscilación**

| Angulo de oscilación        | Valores de K                               |                                                    |
|-----------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                             | Líneas de tensión nominal superior a 30 kV | Líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV |
| Superior a 65°              | 0,7                                        | 0,65                                               |
| Comprendido entre 40° y 65° | 0,65                                       | 0,6                                                |
| Inferior a 40°              | 0,6                                        | 0,55                                               |

El valor de la flecha máxima ( $F$ ), tras consultarlo en Andelec, es de 3,84 m. La longitud de la cadena de aisladores,  $L$ , es de 0,607 m.

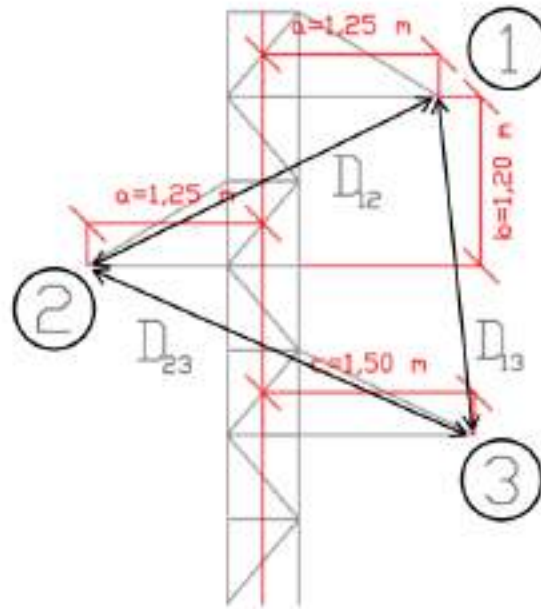
Por tanto, el valor de  $D$  es:

$$D = 0,60 \cdot \sqrt{3,84 + 0,607} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,45 \text{ m.}$$

Como el apoyo nº 9 tiene un armado TB-12, y la menor distancia entre conductores  $D_{13} = 2,413 \text{ m} > D = 1,45 \text{ m}$ , el diseño es correcto.



## Armado TB-12



Apoyos nº: 1,2,5,6,7,8,9,17,22,23,24,25,26,27,28,29,30

$$D_{12} = \sqrt{1,2^2 + (2 \cdot 1,25)^2} = 2,7731 \text{ m}$$

$$D_{13} = \sqrt{(1,50 - 1,25)^2 + (2 \cdot 1,2)^2} = 2,4130 \text{ m}$$

$$D_{23} = \sqrt{(1,25 + 1,50)^2 + 1,2^2} = 3,0004 \text{ m}$$

### Apoyo nº 12 (ángulo-anclaje)

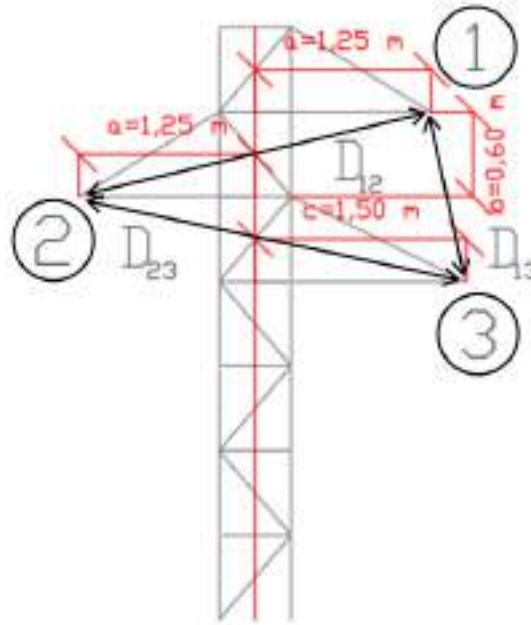
Se procede de manera similar que con el apoyo anterior, siendo el valor de  $K = 0,6$ . El valor de la flecha máxima ( $F$ ), tras consultarlo en Andelec, es de 2,21 m. Como el apoyo es de anclaje,  $L = 0$ .

Por tanto, el valor de  $D$  es:

$$D = 0,60 \cdot \sqrt{2,21 + 0} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,08 \text{ m.}$$

Como el apoyo nº 12 tiene un armado TB-6, y la menor distancia entre conductores  $D_{13} = 1,2258 \text{ m} > D = 1,08 \text{ m}$ , el diseño es correcto.

## Armado TB-6



Apoyos nº 12

$$D_{12} = \sqrt{0,6^2 + (2 \cdot 1,25)^2} = 2,5710 \text{ m}$$

$$D_{13} = \sqrt{(1,50 - 1,25)^2 + (2 \cdot 0,6)^2} = 1,2258 \text{ m}$$

$$D_{23} = \sqrt{(1,25 + 1,50)^2 + 0,6^2} = 2,8147 \text{ m}$$

### - Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{pp}$  para evitar descargas disruptivas entre ellos, con un mínimo de 0,2 m. En este caso, el valor de  $D_{el} = 0,22 \text{ m}$  (como se indicó anteriormente), siendo esta la distancia mínima que se adoptará.

Se calcularán dichas distancias para el **apoyo nº 9 (alineación-suspensión)**, que consta de armado TB-12 y cadena simple de aisladores de suspensión poliméricos (LA110-20kV-SUS-SIM-POL).

Para ello se ha de determinar, en primer lugar, el desvío de la cadena de aisladores ( $\beta$ ) bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h. A estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h y a la temperatura de -5 °C para zona A, tal como se indica en el apartado 5.4.2. de la ITC-LAT 07.

$$\beta = \arctan \left( \frac{\frac{F_{v\ cad}}{2} + F_{v\ cond}}{P_{cond} + \frac{P_{cad}}{2} + P_{herrajes}} \right)$$

Se calculan cada uno de los términos de la expresión anterior:

$$F_{v\ cad} = P_{v\ cad}^{mitad} \cdot \phi_{cad} \cdot L_{cad} \cdot n_{cad} = \frac{70 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2}{2} \cdot 0,10 \cdot 0,607 \cdot 1 = 2,12\ daN$$

Se ha supuesto  $\phi_{CAD} = 0,10\ m$ .

$$\begin{aligned} F_{v\ cond} &= P_{v\ cond}^{mitad} \cdot \phi_{cond} \cdot eolovano = \\ &= \frac{60 \cdot \left(\frac{120}{120}\right)^2}{2} \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{169,15 + 162,96}{2}\right) = 69,74\ daN \end{aligned}$$

El peso de los conductores vendrá dado por la siguiente expresión:

$$P_{cond} = p \cdot \left[ \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right]$$

Donde:

- $p$ : Peso propio de un metro de conductor (daN/m).
- $p_{ap}$ : Peso aparente, resultante del peso propio del conductor más la sobrecarga según hipótesis y zona por metro de conductor (daN/m).
- $a_1$ : Vano anterior.

- $a_2$ : Vano posterior.
- $d_1$ : Desnivel vano anterior.
- $d_2$ : Desnivel vano posterior.
- $T_v$ : Tensión horizontal máxima en un conductor a la temperatura según zona con viento reglamentario.

$$P_{cond} = 0,424 \cdot \left[ \left( \frac{169,15 + 162,96}{2} \right) + \frac{949}{0,597} \cdot \left( \frac{15,71}{169,15} - \frac{15,11}{162,96} \right) \right] = 70,49 \text{ daN}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,42^2} = 0,597 \text{ daN/m}$$

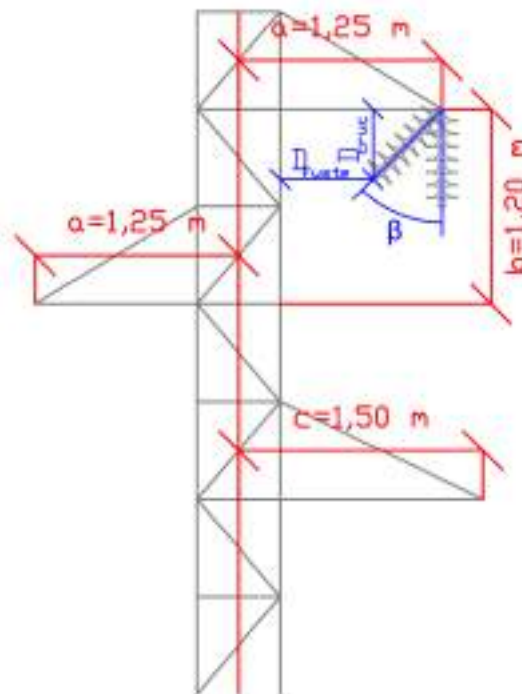
$$P_{cad} = 2,577 \text{ daN}$$

$$P_{herrajes} \approx 0 \text{ daN}$$

$$\beta = \arctan \left( \frac{\frac{2,12}{2} + 69,74}{70,49 + \frac{2,577}{2}} \right) = 44,61^\circ$$

Las distancias más críticas, en la mayoría de los apoyos, son  $D_{fuste}$  y  $D_{cruc}$ :

## Armado TB-12



$$D_{fuste} = L_{cruc} - L_{cad} \cdot \sin(\beta) = 1,25 - \frac{0,51}{2} - 0,607 \cdot \sin(44,61^\circ) = 0,57 \text{ m}$$

$$D_{cruc} = L_{cad} \cdot \cos(\beta) = 0,607 \cdot \cos(44,61^\circ) = 0,43 \text{ m}$$

Como ambas distancias son mayores a  $D_{el} = 0,22 \text{ m}$ , la solución adoptada es válida.

### 3.1.8. Puesta a tierra

#### - Intensidad máxima admisible en cortocircuito

La intensidad máxima admisible del conductor en régimen de cortocircuito se puede determinar siguiendo los criterios establecidos en la norma UNE 21-192-92.

$$I = \varepsilon \cdot I_{AD}$$

Donde:

- $I$ : es la intensidad de cortocircuito admisible.
- $I_{AD}$ : es la intensidad de cortocircuito calculada en una hipótesis adiabática.

-  $\varepsilon$ : es el factor que tiene en cuenta la pérdida de calor en los componentes adyacentes. En régimen adiabático,  $\varepsilon = 1$ .

Se podrá considerar régimen adiabático ( $\varepsilon = 1$ ) si la relación  $\frac{t}{S} < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , siendo  $t$  el tiempo de duración del cortocircuito (s) y  $S$  la sección del conductor ( $\text{mm}^2$ ), tal como se indica en el anexo A de la norma UNE 21-192-92.

Como  $\frac{t}{S} = \frac{2 \cdot 0,5}{2 \cdot \pi \cdot 4^2} = 0,01 < 0,1 \text{ s/mm}^2$ , se considerará que el cortocircuito se produce en régimen adiabático.

En primer lugar, se determinará la intensidad para cortocircuito adiabático:

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

Donde:

-  $t$ : es la duración del cortocircuito (s). Se tomará un valor de 1 s, valor correspondiente a un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea (0,5 s), tal y como se indica en el apartado 7.3.3.2 Cálculo de la corriente de la ITC-LAT 07.

-  $K$ : es la constante que depende del material del componente conductor de corriente. Para conductores de cobre se utilizará el valor de  $226 \text{ A} \cdot \text{s}^{1/2}/\text{mm}^2$ .

-  $S$ : es la sección nominal del conductor de puesta a tierra, y su valor será el correspondiente al doble de la sección del conductor de 4 mm de radio de cobre que permite unir las picas en el anillo de los apoyos frecuentados, y que también enlaza con cada una de las picas individuales de cobre en los apoyos no frecuentados, con un total de 2.

-  $\theta_f$ : es la temperatura final ( $^{\circ}\text{C}$ ). Su valor no deberá sobrepasar los  $300^{\circ}\text{C}$  si no existe riesgo de incendio, tal como se indica en el apartado 7.3.3.2 Cálculo de la corriente de la ITC-LAT 07.

-  $\theta_i$ : es la temperatura inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ). Se realizará el cálculo de la intensidad de cortocircuito para una temperatura inicial de  $30^{\circ}\text{C}$ , que es la temperatura ambiente



correspondiente a un caluroso día de verano (se considerará que el terreno se encuentra a la misma temperatura que el ambiente circundante).

-  $\beta$ : es la inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura del componente conductor de corriente a 0°C (K). Para conductores de cobre se utilizará el valor de 234,5 K.

La intensidad de cortocircuito adiabática obtenida para el conductor de cobre ha sido la siguiente:

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{226^2 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 4^2) \cdot \ln\left(\frac{200 + 234,5}{30 + 234,5}\right)}{2 \cdot 0,5}} = 16,01 \text{ kA}$$

Por tanto, la intensidad de cortocircuito máxima que podrá soportar la instalación de puesta a tierra de los apoyos, tanto para apoyos frecuentados como no frecuentados, será de 16,01 kA.

#### - **Apoyos frecuentados**

Se verificará que las tensiones de paso y de contacto se encuentran dentro de los valores admisibles por la normativa vigente, en lo que respecta a la seguridad de las personas.

Para comprobar si el diseño adoptado para los apoyos frecuentados es correcto (puesta a tierra en anillo, formado por 4 picas de cobre de 2 m de largo y 14 mm de diámetro en cada uno de sus vértices, formando un cuadrado de 2 x 2 m en vez de 2,50 x 2,50 m, ya que el primer caso es el más desfavorable, enterradas a una profundidad de 0,50 m y unidas entre sí y al apoyo mediante conductor de cobre de 4 mm de radio), se seguirán los pasos indicados en la siguiente figura:

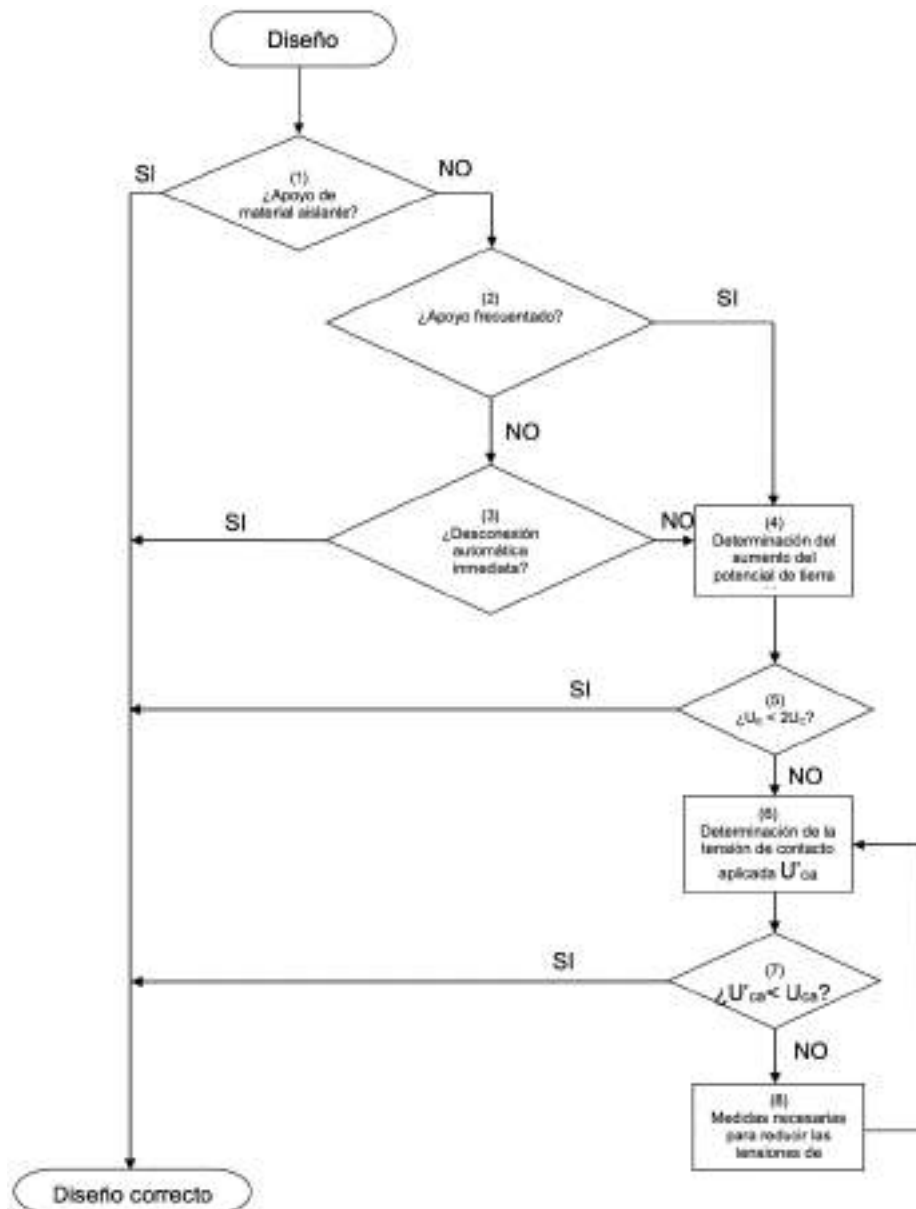


Figura 3. Esquema del diseño de sistemas de puesta a tierra respecto a las tensiones de contacto admisibles

En primer lugar, se determina el aumento del potencial de tierra  $U_E$ :

$$U_E = R_{anillo} \cdot I_d = 135 \cdot 72,58 = 9798,46 \text{ V},$$

siendo  $R_{anillo}$  la resistencia equivalente de la puesta a tierra del anillo:

$$R_{anillo} = \rho_S \cdot K_r = 1000 \left[ \Omega \cdot m \right] \cdot 0,135 \left[ \frac{\Omega}{\Omega \cdot m} \right] = 135 \Omega$$

Donde  $\rho_s$  es la resistividad del terreno (en el cual predomina la dolomita, que es un tipo de caliza compacta) y el valor de  $K_r$  se ha obtenido del anexo 2 del documento Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría de UNESA:

**Tabla 10. Resistividad del terreno**

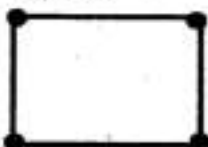
| Naturaleza del terreno                    | Resistividad ( $\Omega \cdot m$ ) |
|-------------------------------------------|-----------------------------------|
| Terrenos pantanosos                       | De algunas unidades a 30          |
| Limo                                      | 20 a 100                          |
| Humus                                     | 10 a 150                          |
| Turba húmeda                              | 5 a 100                           |
| Arcilla plástica                          | 50                                |
| Margas y arcillas compactas               | 100 a 200                         |
| Margas del jurásico                       | 30 a 40                           |
| Arena arcillosa                           | 50 a 500                          |
| Arena silíceas                            | 200 a 3.000                       |
| Suelo pedregoso cubierto de césped        | 300 a 500                         |
| Suelo pedregoso desnudo                   | 1.500 a 3.000                     |
| Calizas blandas                           | 100 a 300                         |
| Calizas compactas                         | 1.000 a 5.000                     |
| Calizas agrietadas                        | 500 a 1.000                       |
| Pizarras                                  | 50 a 300                          |
| Rocas de mica y cuarzo                    | 800                               |
| Granitos y gres procedentes de alteración | 1.500 a 10.000                    |
| Granitos y gres muy alterados             | 100 a 600                         |
| Hormigón                                  | 2.000 a 3.000                     |
| Balasto o grava                           | 3.000 a 5.000                     |

**PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA**

Cuadrado de 2.0 m x 2.0 m

Sección conductor = 50 mm<sup>2</sup>.  
Diámetro picas = 14 mm.  
 $L_p$  = Longitud de la pica en m.

PROFUNDIDAD = 0'5 m

| CONFIGURACION                                                                                  | $L_p$<br>(m) | RESISTENCIA<br>$K_T$ | TENSION DE<br>PASO<br>$K_p$ | TENSION DE<br>CONTACTO EXT<br>$K_c = K_p(\text{acc})$ | CODIGO<br>DE LA<br>CONFIGURACION |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Sin picas                                                                                      | -            | 0.216                | 0.0485                      | 0.1470                                                | 20-20/5/00                       |
| 4 picas<br>  | 2            | 0.135                | 0.0335                      | 0.0723                                                | 20-20/5/42                       |
|                                                                                                | 4            | 0.101                | 0.0236                      | 0.0467                                                | 20-20/5/44                       |
|                                                                                                | 6            | 0.081                | 0.0181                      | 0.0341                                                | 20-20/5/46                       |
|                                                                                                | 8            | 0.069                | 0.0146                      | 0.0267                                                | 20-20/5/48                       |
| 8 picas<br> | 2            | 0.116                | 0.0290                      | 0.0548                                                | 20-20/5/82                       |
|                                                                                                | 4            | 0.084                | 0.0191                      | 0.0324                                                | 20-20/5/84                       |
|                                                                                                | 6            | 0.067                | 0.0140                      | 0.0227                                                | 20-20/5/86                       |
|                                                                                                | 8            | 0.056                | 0.0110                      | 0.0173                                                | 20-20/5/88                       |

Y el valor de la intensidad de defecto  $I_d$ , si la red es con neutro a tierra, será:

$$I_d = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_N^2 + (R_N + R_{\text{anillo}})^2}} = \frac{1,1 \cdot 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0^2 + (40 + 135)^2}} = 72,58 \text{ A}$$

Donde:

- $I_d$ : corriente de defecto en la línea, en A.
- $c$ : factor de tensión,  $c = 1,1$ .
- $U$ : tensión de la línea, en V.

- $X_N$ : reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ . Se ha adoptado el mismo valor que Andelec, siendo esta nula.
- $R_N$ : resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ . Se ha adoptado el mismo valor que Andelec, siendo esta de  $40 \Omega$ .
- $R_{anillo}$ : resistencia de la puesta a tierra del apoyo frecuentado más cercano a la falta, en  $\Omega$ .

Se comprueba si  $U_E < 2 \cdot U_c$ :

$$U_E < 2 \cdot U_c; 9798,46 \text{ V} \not< 2 \cdot 714 = 1428 \text{ V}$$

Siendo  $U_c$  la tensión de contacto máxima admisible correspondiente al apoyo,

$$U_c = U_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_B} \right) = U_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_S}{1000} \right)$$

Donde:

- $U_{ca}$ : Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.
- $Z_B$ : Impedancia del cuerpo humano.
- $R_{a1}$ : Resistencia de un calzado cuya suela sea aislante.
- $R_{a2}$ : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno.  $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_S$ , donde  $\rho_S$  es la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Considerando que la persona que lo toca va con un calzado cuya resistencia equivalente en paralelo de ambos pies es de  $2000 \Omega$ , el calzado se encuentra en contacto con el terreno (cuya resistividad es de  $1000 \Omega \cdot m$ ) y la impedancia de su cuerpo es de  $1000 \Omega$ :

$$U_c = 204 \cdot \left( 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1000}{1000} \right) = 714 \text{ V}$$

El valor de la tensión de contacto aplicada  $U_{ca} = 204 \text{ V}$  se ha obtenido de la siguiente tabla, considerando un tiempo de duración de la falta de 0,5 s:

**Tabla 18. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada  $U_{ca}$  en función de la duración de la corriente de falta  $t_f$**

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

Como  $U_E \not\leq 2 \cdot U_c$ , se comprueba si  $U'_{ca} < U_{ca}$ :

$$U'_{ca} < U_{ca}; 1499,30 \text{ V} \not\leq 204 \text{ V}$$

Donde  $U'_{ca}$  es la tensión de contacto aplicada:

$$U'_c = U'_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1000}{1000} \right)$$

$$U'_c = K_c \cdot \rho_s \cdot I_d = 0,0723 \cdot 1000 \cdot 72,58 = 5247,53 \text{ V}$$

Y el valor de  $K_c$  se ha obtenido del anexo 2 del documento Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría de UNESA.

$$U'_{ca} = \frac{5247,53}{3,50} = 1499,30 \text{ V}$$



Como  $U'_{ca} \nless U_{ca}$ , se han de adoptar medidas de protección adicionales, consistentes en la instalación de cerramiento de obra con fábrica de ladrillo alrededor del apoyo, hasta una altura de 2,5 m, impidiendo su escalada; además del empleo de acera de hormigón alrededor del apoyo, con mallazo electrosoldado de cobre en su interior como medida adicional de seguridad.

Al adoptar dichas medidas de seguridad, no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada  $U'_{ca}$ , pero deberá verificarse el cumplimiento de las tensiones de paso, tal como se indica en el apartado 7.3.4.3 Verificación del diseño del sistema de puesta a tierra de la ITC-LAT 07.

Se comprueba que las tensiones de paso, tanto si la persona está con ambos pies en el terreno, como si se encuentra con un pie en la acera y el otro en el terreno, se encuentran dentro de valores admisibles. Para ello, se ha considerado una resistividad del hormigón ( $\rho_{\text{hormigón}}$ ) de  $3000 \Omega \cdot m$ .

$$U'_{p \text{ terreno}} < U_{p \text{ terreno}}; 2431,43 \text{ V} < 22440 \text{ V}; \text{ luego cumple.}$$

$$U'_{p \text{ terreno}} = K_p \cdot \rho_S \cdot I_d = 0,0335 \cdot 1000 \cdot 72,58 = 2431,43 \text{ V}$$

$$U_{p \text{ terreno}} = 10 \cdot 204 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 1000}{1000} \right) = 22440 \text{ V}$$

$$U'_{p \text{ acceso}} < U_{p \text{ acceso}}; 5247,53 \text{ V} < 34680 \text{ V}; \text{ luego cumple.}$$

$$U'_{p \text{ acceso}} = K_c \cdot \rho_S \cdot I_d = 0,0723 \cdot 1000 \cdot 72,58 = 5247,53 \text{ V}$$

$$U_{p \text{ acceso}} = 10 \cdot 204 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 1000 + 3 \cdot 3000}{1000} \right) = 34680 \text{ V}$$

Como  $\rho_{\text{hormigón}} > \rho_S$ , y dado que se cumplen las tensiones de paso en el terreno, se puede asumir que también lo hacen las tensiones de paso en la acera de hormigón.

Por tanto, el diseño de la instalación de puesta a tierra de los apoyos frecuentados es válido.

### - Apoyos no frecuentados

Al igual que para los apoyos frecuentados, se verificará que las tensiones de paso y de contacto de los apoyos no frecuentados se encuentran dentro de los valores admisibles por la normativa vigente, en lo que respecta a la seguridad de las personas.

Para comprobar si el diseño adoptado para los apoyos no frecuentados es correcto (puesta a tierra formada por 2 picas de cobre de 2 m de largo y 14 mm de diámetro, enterradas a una profundidad de 0,50 m y unidas cada una de ellas individualmente a uno de los perfiles angulares del apoyo en cuestión mediante conductor de cobre de 4 mm de radio), se seguirán los mismos pasos que para los apoyos frecuentados.

En primer lugar, se determina el aumento del potencial de tierra  $U_E$ :

$$U_E = R_{2 \text{ picas}} \cdot I_d = 201 \cdot 52,70 = 10592,70 \text{ V},$$

siendo  $R_{2 \text{ picas}}$  la resistencia equivalente de la puesta a tierra de las dos picas:

$$R_{2 \text{ picas}} = \rho_S \cdot K_r = 1000 \cdot 0,201 = 201 \text{ } \Omega$$

Donde  $\rho_S$  es la resistividad del terreno ( $1000 \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ ) y el valor de  $K_r$  se ha obtenido del anexo 2 del documento Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría de UNESA:

## PARAMETROS CARACTERÍSTICOS DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

Picas en hilera unidas por un conductor horizontal.  
Separación entre picas : 3 m  
Longitud pica = 2 m.

Sección conductor = 50 mm<sup>2</sup>.  
Diámetro picas = 14 mm.

PROFUNDIDAD = 0,5 m.

| NUMERO DE<br>PICAS | RESISTENCIA<br>$K_r$ | TENSION DE PASO<br>$K_p$ | CODIGO<br>DE LA<br>CONFIGURACION |
|--------------------|----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 2                  | 0,201                | 0,0392                   | 5/22                             |
| 3                  | 0,135                | 0,0252                   | 5/32                             |
| 4                  | 0,104                | 0,0184                   | 5/42                             |
| 6                  | 0,073                | 0,0120                   | 5/62                             |
| 8                  | 0,0572               | 0,00345                  | 5/82                             |

Y el valor de la intensidad de defecto  $I_d$ , si la red es con neutro a tierra, será:

$$I_d = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_N^2 + (R_N + R_{2 \text{ picas}})^2}} = \frac{1,1 \cdot 20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0^2 + (40 + 201)^2}} = 52,70 \text{ A}$$

Donde:

- $I_d$ : corriente de defecto en la línea, en A.
- $c$ : factor de tensión,  $c = 1,1$ .
- $U$ : tensión de la línea, en V.

- $X_N$ : reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ . Se ha adoptado el mismo valor que Andelec, siendo esta nula.
- $R_N$ : resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en  $\Omega$ . Se ha adoptado el mismo valor que Andelec, siendo esta de  $40 \Omega$ .
- $R_{2\text{ picas}}$ : resistencia de la puesta a tierra del apoyo frecuentado más cercano a la falta, en  $\Omega$ .

Se comprueba si  $U_E < 2 \cdot U_c$ :

$$U_E < 2 \cdot U_c; 10592,70 \text{ V} \nless 2 \cdot 714 = 1428 \text{ V}$$

Siendo  $U_c$  la tensión de contacto máxima admisible correspondiente al apoyo,

$$U_c = U_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{Z_B} \right) = U_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_S}{1000} \right)$$

Donde:

- $U_{ca}$ : Tensión de contacto aplicada admisible, la tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.
- $Z_B$ : Impedancia del cuerpo humano.
- $R_{a1}$ : Resistencia de un calzado cuya suela sea aislante.
- $R_{a2}$ : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno.  $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_S$ , donde  $\rho_S$  es la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Considerando que la persona que lo toca va con un calzado cuya resistencia equivalente en paralelo de ambos pies es de  $2000 \Omega$ , el calzado se encuentra en contacto con el terreno (cuya resistividad es de  $1000 \Omega \cdot m$ ) y la impedancia de su cuerpo es de  $1000 \Omega$ :

$$U_c = 204 \cdot \left( 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1000}{1000} \right) = 714 \text{ V}$$

El valor de la tensión de contacto aplicada  $U_{ca} = 204 \text{ V}$  se ha obtenido de la siguiente tabla, considerando un tiempo de duración de la falta de 0,5 s:

**Tabla 18. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada  $U_{ca}$  en función de la duración de la corriente de falta  $t_f$**

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

Como  $U_E \not\leq 2 \cdot U_c$ , se comprueba si  $U'_{ca} < U_{ca}$ :

$$U'_{ca} < U_{ca}; 1499,30 \text{ V} \not\leq 204 \text{ V}$$

Donde  $U'_{ca}$  es la tensión de contacto aplicada:

$$U'_c = U'_{ca} \cdot \left( 1 + \frac{\frac{2000}{2} + 1,5 \cdot 1000}{1000} \right)$$

$$U'_c = K_c \cdot \rho_s \cdot I_d = 0,1102 \cdot 1000 \cdot 52,70 = 5807,54 \text{ V}$$

Y el valor de  $K_c$  se ha obtenido del anexo 2 del documento Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría de UNESA.

$$U'_{ca} = \frac{5807,54}{3,50} = 1659,30 \text{ V}$$

Como  $U'_{ca} \nless U_{ca}$ , se han de adoptar medidas de protección adicionales, consistentes en la instalación de cerramiento de obra con fábrica de ladrillo alrededor del apoyo, hasta una altura de 2,5 m, impidiendo su escalada.

Al adoptar dichas medidas de seguridad, no será necesario calcular la tensión de contacto aplicada  $U'_{ca}$ , pero deberá verificarse el cumplimiento de las tensiones de paso, tal como se indica en el apartado 7.3.4.3 Verificación del diseño del sistema de puesta a tierra de la ITC-LAT 07.

Se comprueba que se encuentre la tensión de paso para una persona con ambos pies en el terreno dentro de valores admisibles:

$$U'_{p \text{ terreno}} < U_{p \text{ terreno}}; 5807,54 \text{ V} < 22440 \text{ V}; \text{ luego cumple.}$$

$$U'_{p \text{ terreno}} = K_p \cdot \rho_s \cdot I_d = 0,1102 \cdot 1000 \cdot 52,70 = 5807,54 \text{ V}$$

$$U_{p \text{ terreno}} = 10 \cdot 204 \cdot \left( 1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 1000}{1000} \right) = 22440 \text{ V}$$

Por tanto, el diseño de la instalación de puesta a tierra de los apoyos no frecuentados es válido.



### 3.1.9. Resumen de cálculos generados por Andelec

**Cuadro nº 1**  
**Cálculos eléctricos**

| Intensidad máxima                  |                         |                |                              |                                |                             |                     | Caída de tensión                       |                           |                            |                            |                    |                  |             | Potencias máximas          |                              | Pérdidas de potencia |            |
|------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------------------|------------------------------|----------------------|------------|
| Densidad máxima corriente<br>A/mm² | Sección conduct.<br>mm² | Intensid.<br>A | Frecuenc.<br>de la red<br>Hz | Distancia media geométr.<br>mm | Diámetro del conduct.<br>mm | Reactanc.<br>Ohm/km | Resisten. eléctrica conduct.<br>Ohm/km | Tensión de la línea<br>kV | Intensid. de la Línea<br>A | Longitud de la línea<br>km | Factor de potencia | Caída de tensión |             | Por intensid. máxima<br>MW | Por caída tensión (5%)<br>MW | Valor kW             | Porcenta % |
|                                    |                         |                |                              |                                |                             |                     |                                        |                           |                            |                            |                    | Valor V          | Porcenta. % |                            |                              |                      |            |
| 2,737                              | 116,20                  | 318,04         | 50                           | 4422                           | 14,000                      | 0,421               | 0,368                                  | 20,00                     | 74,9                       | 7,866                      | 0,898              | 525,93           | 2,63        | 9,9                        | 4,4                          | 48,69                | 2,09       |

**Cuadro nº 2**  
**Cálculo de distancias a partes metálicas**

| Apoyo nº | Tipo    | Apoyos de ángulo            |                             |                                             |                               |                      |                               |                      | Apoyos de suspensión              |                           |                              |                              |                      |                      |
|----------|---------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|
|          |         | Distancia eléctrica (del) m | Distancia conductor apoyo m | Distancia lateral cruceta inferior viento m | Distancia latiguillo cabeza m | Distancia al fuste m | Ángulo mínimo posible (Sexa.) | Ángulo apoyo (Sexa.) | Ángulo desviación cadena máximo ° | Ángulo desviación apoyo ° | Distancia cruceta inferior m | Distancia cruceta superior m | Distancia a cabeza m | Distancia al fuste m |
| 1        | P.Línea | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 1,90                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,63                 |
| 2        | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,30                             | 28,38                     | 1,30                         | 0,83                         | 0,55                 | 0,54                 |
| 3        | Áng-Anc | 0,22                        | 0,65                        | 2,39                                        | 1,31                          | 1,30                 | 51,19                         | 143,64               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 4        | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,60                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,65                 |
| 5        | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 32,67                     | 1,30                         | 0,79                         | 0,49                 | 0,48                 |
| 6        | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 35,77                     | 1,30                         | 0,76                         | 0,45                 | 0,43                 |
| 7        | Áng-Anc | 0,22                        | 0,51                        | 1,61                                        | 1,18                          | 1,16                 | 51,19                         | 128,45               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 8        | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 68,75                             | 53,59                     | 1,75                         | 0,36                         | 0,51                 | 0,50                 |
| 9        | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 68,75                             | 47,14                     | 1,72                         | 0,41                         | 0,55                 | 0,54                 |
| 10       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,60                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,64                 |
| 11       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,60                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,65                 |
| 12       | Áng-Anc | 0,22                        | 0,75                        | 0,74                                        | 1,16                          | 1,15                 | 64,94                         | 137,86               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 13       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 3,61                         | 0,90                         | 2,16                 | 2,15                 |
| 14       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 76,49                             | 42,75                     | 3,29                         | 0,69                         | 0,86                 | 0,85                 |
| 15       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,34                             | 28,99                     | 2,00                         | 0,82                         | 0,54                 | 0,53                 |
| 16       | Áng-Anc | 0,22                        | 0,77                        | 2,46                                        | 1,43                          | 1,42                 | 51,19                         | 156,13               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 17       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,22                             | 42,35                     | 1,32                         | 0,70                         | 0,36                 | 0,35                 |
| 18       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 47,75                     | 2,05                         | 0,63                         | 0,30                 | 0,29                 |
| 19       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,60                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,65                 |
| 20       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,79                         | 0,56                         | 1,42                 | 1,41                 |
| 21       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 68,75                             | 31,32                     | 2,39                         | 0,52                         | 0,68                 | 0,67                 |
| 22       | Áng-Anc | 0,22                        | 0,68                        | 1,71                                        | 1,34                          | 1,32                 | 51,19                         | 146,37               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 23       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 46,76                     | 1,34                         | 0,65                         | 0,31                 | 0,30                 |
| 24       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 32,26                     | 1,30                         | 0,80                         | 0,49                 | 0,48                 |
| 25       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 1,90                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,64                 |
| 26       | Áng-Anc | 0,22                        | 0,66                        | 1,88                                        | 1,08                          | 1,07                 | 64,94                         | 122,52               | —                                 | —                         | —                            | —                            | —                    | —                    |
| 27       | Ali-Ama | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 1,90                         | 0,90                         | 1,66                 | 1,65                 |
| 28       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 54,17                             | 51,84                     | 1,37                         | 0,58                         | 0,26                 | 0,24                 |
| 29       | Ali-Sus | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | 68,75                             | 50,72                     | 1,73                         | 0,38                         | 0,53                 | 0,52                 |
| 30       | F.Línea | 0,22                        | —                           | —                                           | —                             | —                    | —                             | —                    | —                                 | —                         | 2,09                         | 0,56                         | 1,42                 | 1,40                 |

### Cuadro nº 3

#### Cálculo de puesta a tierra

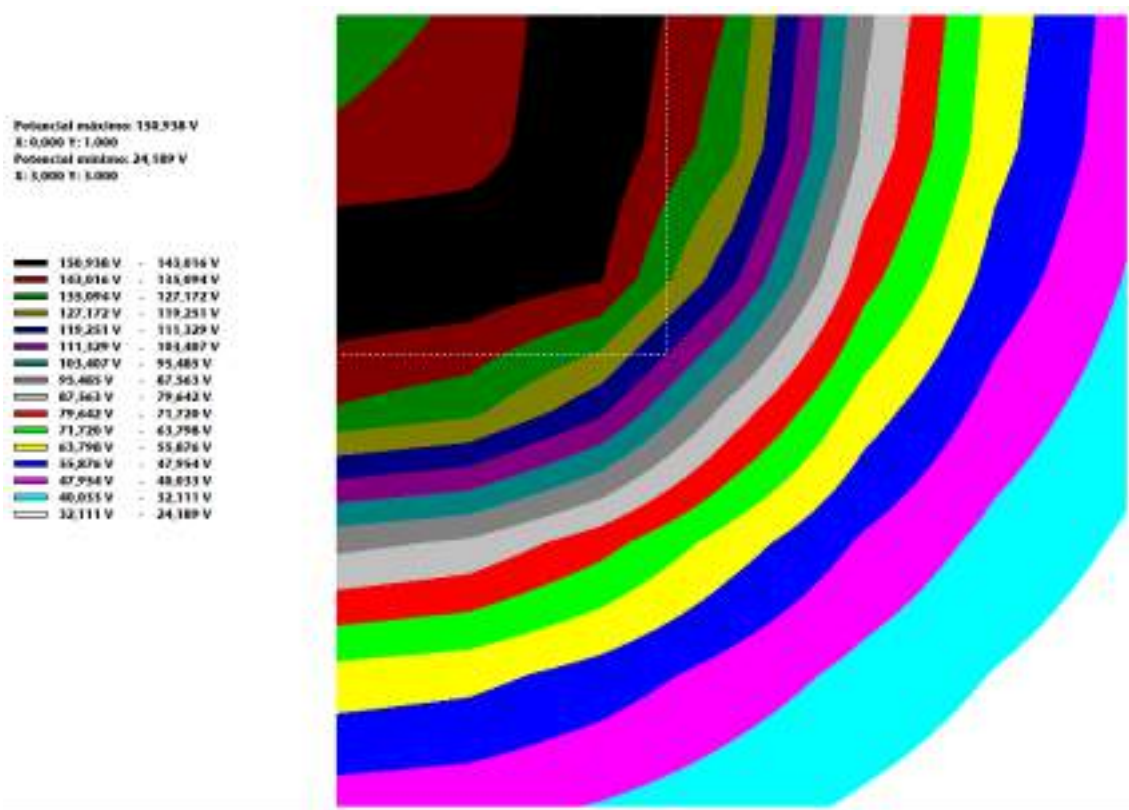
| Apoyo<br>nº | Tipo    | Corriente<br>de<br>Falta<br>A | Tensión<br>de<br>puesta<br>a tierra<br>V | Resis. de puesta a tierra            |              | Tensiones de contacto               |                         |                          |                  | Tensiones de paso                |                         |                          |                  | Tensiones de paso en el acceso    |                         |                          |                  | Medidas correctoras<br>adoptadas |
|-------------|---------|-------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------|----------------------------------|
|             |         |                               |                                          | Coef. de<br>resisten.<br>Ohm/(Ohm*m) | Valor<br>Ohm | Coef. de<br>t. contac.<br>V/(Ohm*m) | Tensión<br>Reglam.<br>V | T. cálculo<br>apoyo<br>V | Diseño<br>válido | Coef. de<br>t. paso<br>V/(Ohm*m) | Tensión<br>Reglam.<br>V | T. cálculo<br>apoyo<br>V | Diseño<br>válido | Coef. de<br>t.p.acc.<br>V/(Ohm*m) | Tensión<br>Reglam.<br>V | T. cálculo<br>apoyo<br>V | Diseño<br>válido |                                  |
| 1           | P.Línea | 4,68                          | 562,90                                   | 0,12021                              | 120,21       | 0,11021                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,01661                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,11021                           | 26520                   | 7942,83                  | Correc.          | Mallazo electrosoldado           |
| 2           | Ali-Sus | 7,67                          | 941,50                                   | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 3           | Áng-Anc | 10,15                         | 1247,14                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 4           | Ali-Ama | 11,92                         | 1464,58                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 5           | Ali-Sus | 13,51                         | 1659,74                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 6           | Ali-Sus | 14,88                         | 1827,85                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 7           | Áng-Anc | 15,89                         | 1951,48                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 8           | Ali-Sus | 16,82                         | 2066,00                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 9           | Ali-Sus | 17,47                         | 2145,46                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 10          | Ali-Ama | 18,04                         | 2216,22                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 11          | Ali-Ama | 18,03                         | 2214,87                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 12          | Áng-Anc | 18,08                         | 2220,27                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 13          | Ali-Ama | 18,81                         | 2310,05                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 14          | Ali-Sus | 18,47                         | 2268,50                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 15          | Ali-Sus | 18,16                         | 2231,18                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 16          | Áng-Anc | 18,10                         | 2222,99                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 17          | Ali-Sus | 18,01                         | 2212,12                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 18          | Ali-Sus | 18,09                         | 2222,50                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 19          | Ali-Ama | 18,11                         | 2224,84                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 20          | Ali-Ama | 18,11                         | 2224,95                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 21          | Ali-Sus | 18,21                         | 2237,11                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 22          | Áng-Anc | 18,24                         | 2240,98                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 23          | Ali-Sus | 18,35                         | 2253,84                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 24          | Ali-Sus | 18,45                         | 2266,47                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 25          | Ali-Ama | 18,60                         | 2284,70                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 26          | Áng-Anc | 18,75                         | 2303,43                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 27          | Ali-Ama | 18,81                         | 2311,03                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 28          | Ali-Sus | 19,16                         | 2353,51                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 29          | Ali-Sus | 19,55                         | 2401,82                                  | 0,12283                              | 122,83       | 0,14871                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,02332                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,14871                           | 26520                   | 10545,41                 | Correc.          | Fabrica de ladrillo              |
| 30          | F.Línea | 18,20                         | 2448,51                                  | 0,13457                              | 134,57       | 0,13110                             | 714,00                  | Nula                     | Correc.          | 0,01493                          | 42840,00                | Nula                     | Correc.          | 0,13110                           | 26520                   | 8671,94                  | Correc.          | Mallazo electrosoldado           |

**Resumen de puesta a tierra de los apoyos frecuentados:**Apoyo nº 1:**- Resumen de puesta a tierra**

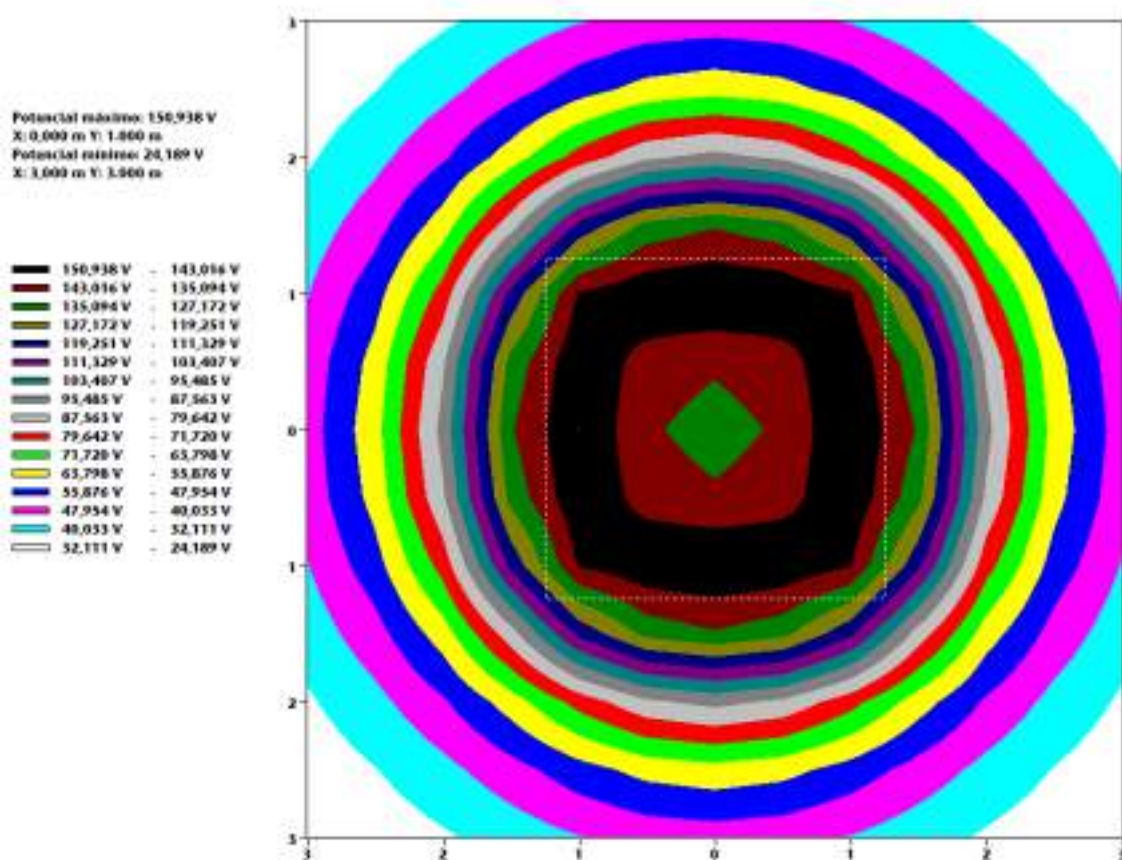
| Datos de la instalación   |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Toma de tierra            | Anillo                   |
| Apoyo aislado             | No                       |
| Apoyo frecuentado         | Si                       |
| Desconexión automática    | No                       |
| Largo                     | 2,50 m                   |
| Ancho                     | 2,50 m                   |
| Conductor                 | Cobre                    |
| Sección                   | 50,00 mm <sup>2</sup>    |
| Picas                     | Si                       |
| Diámetro                  | 14,00 mm                 |
| Longitud                  | 2,00 m                   |
| Nº de picas               | 4                        |
| Profundidad enterramiento | 0,50 m                   |
| Resistividad del terreno  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad superficial  | 3000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad del calzado  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Medidas correctoras       | Si                       |

- **Gráficos**

- Distribución de potenciales 1/4 de la zona:

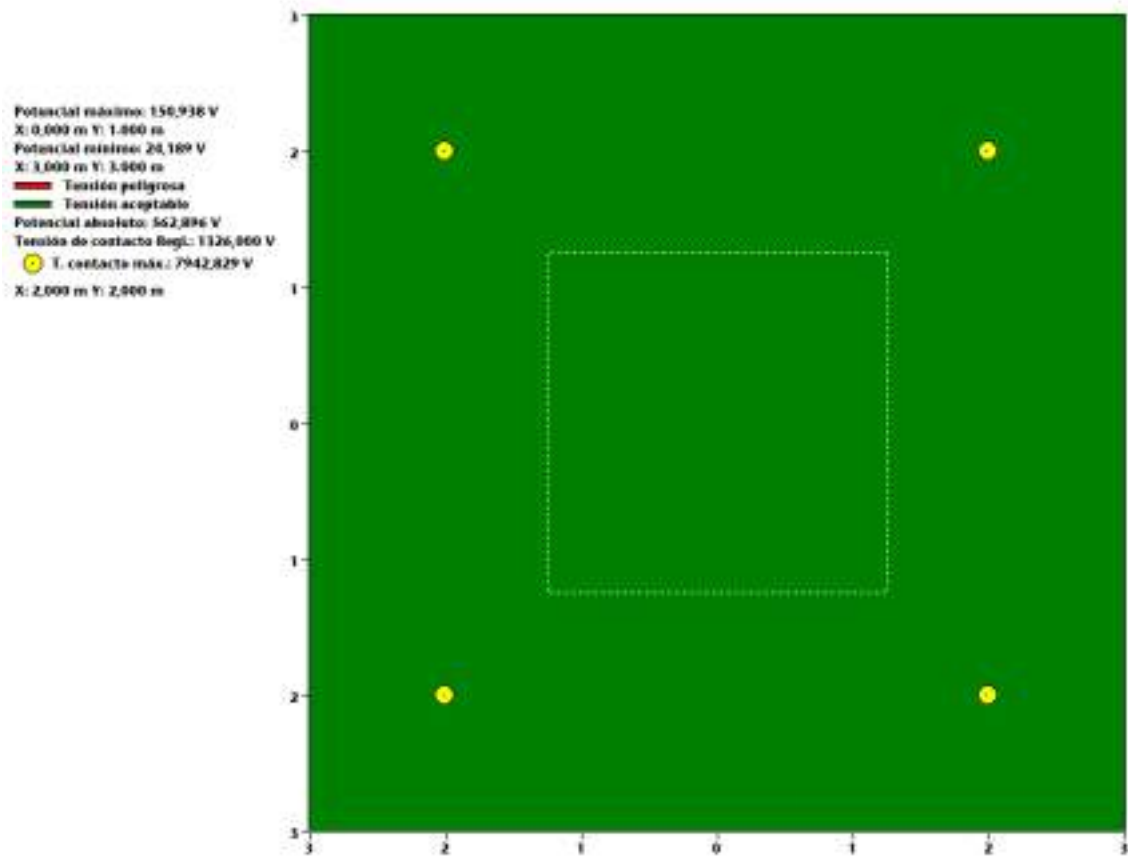


- Distribución de potenciales en la zona de estudio:



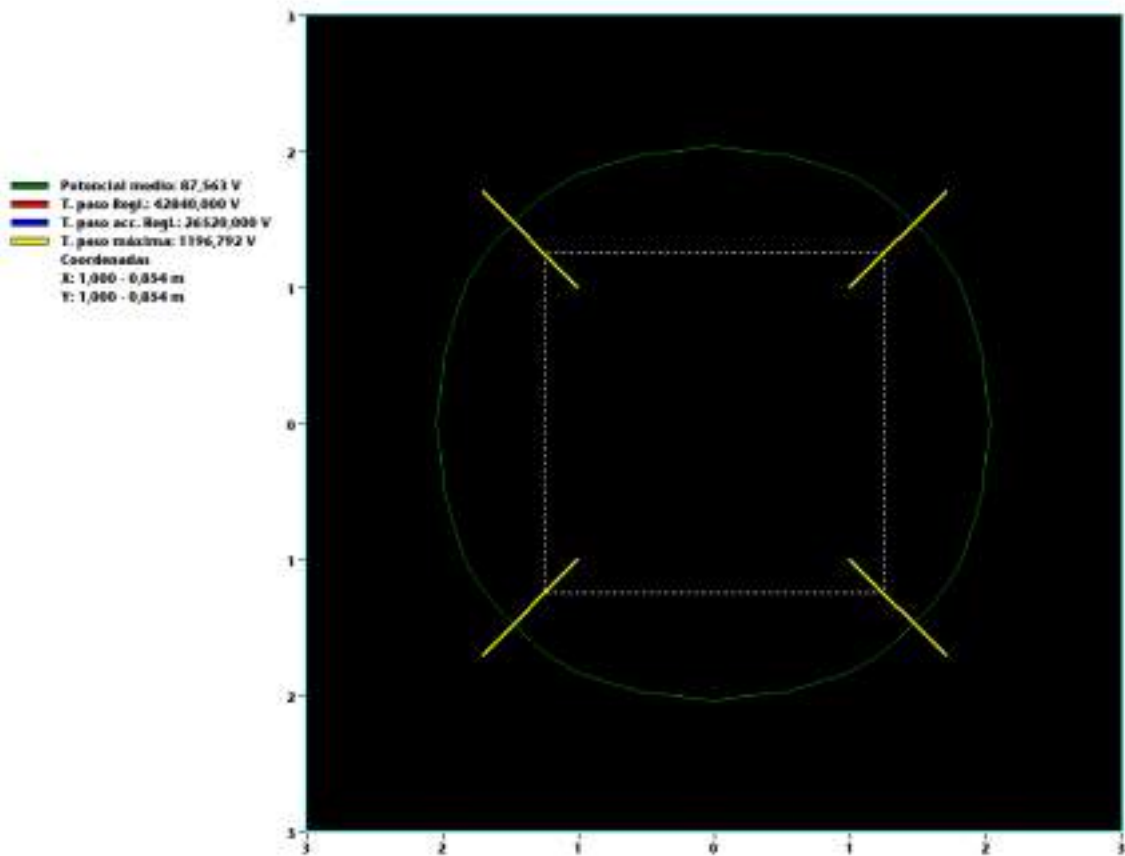


- Tensiones de contacto:

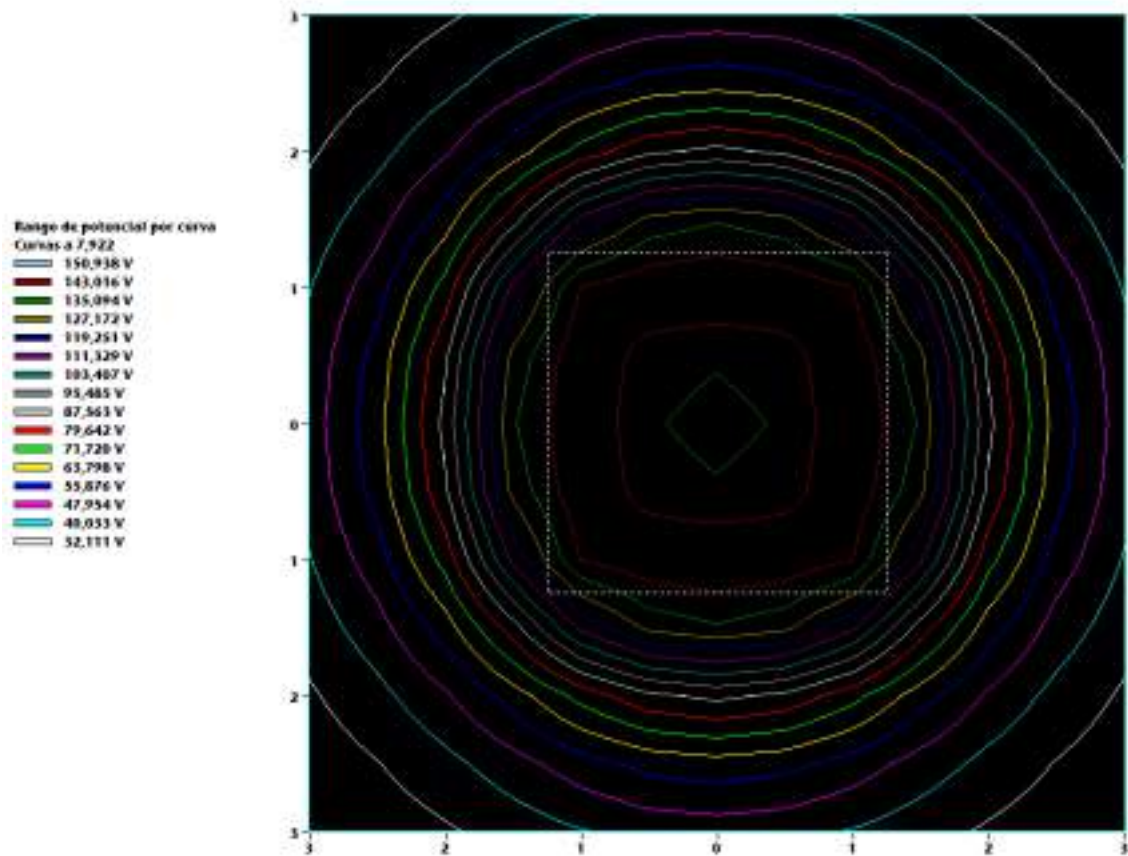




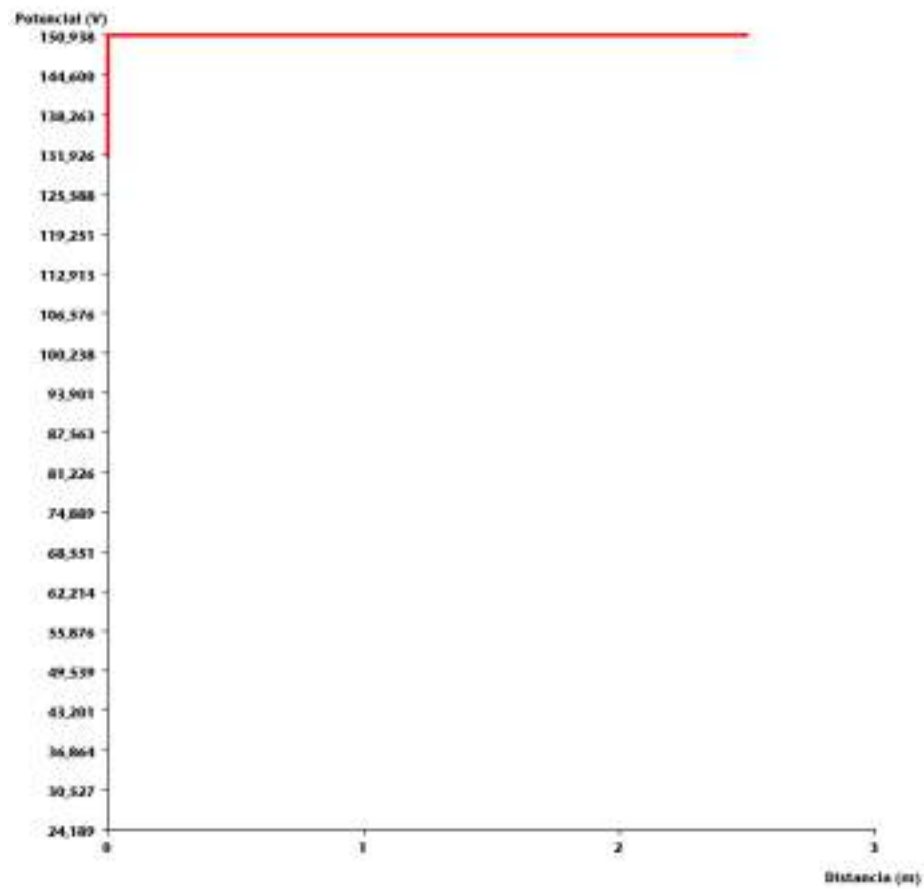
- Tensiones de paso:



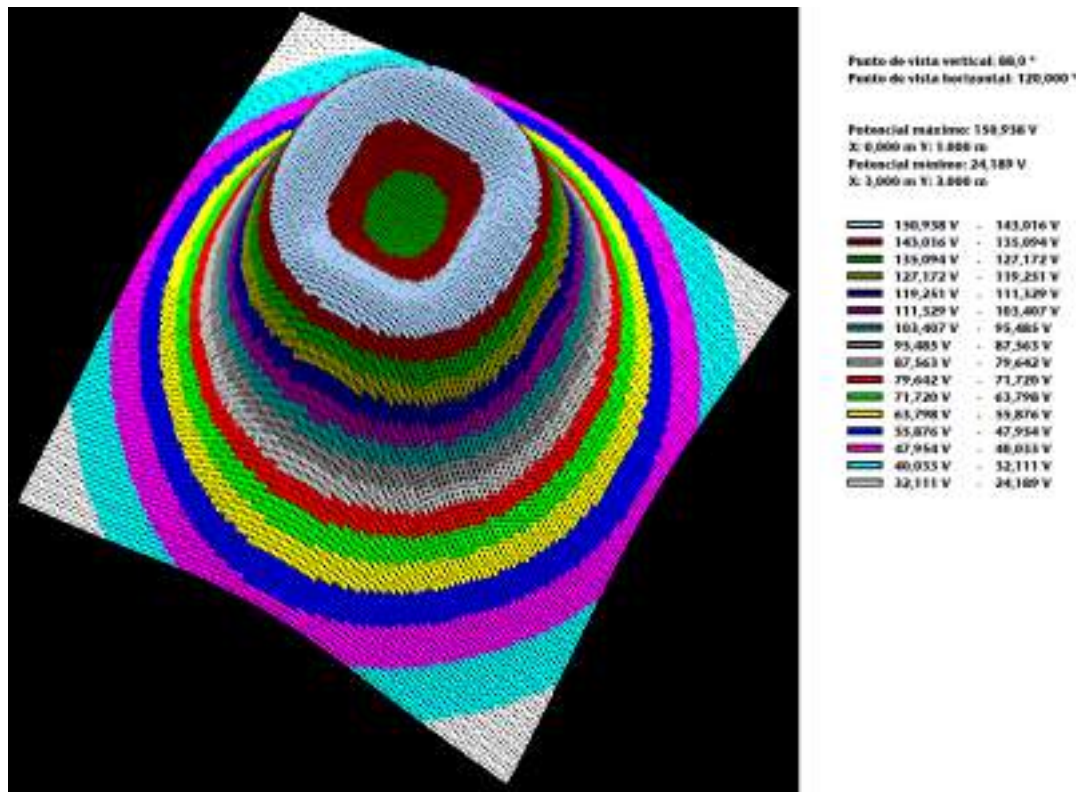
- Líneas equipotenciales:



- Línea de máximo potencial:



- Distribución de potenciales en 3D:



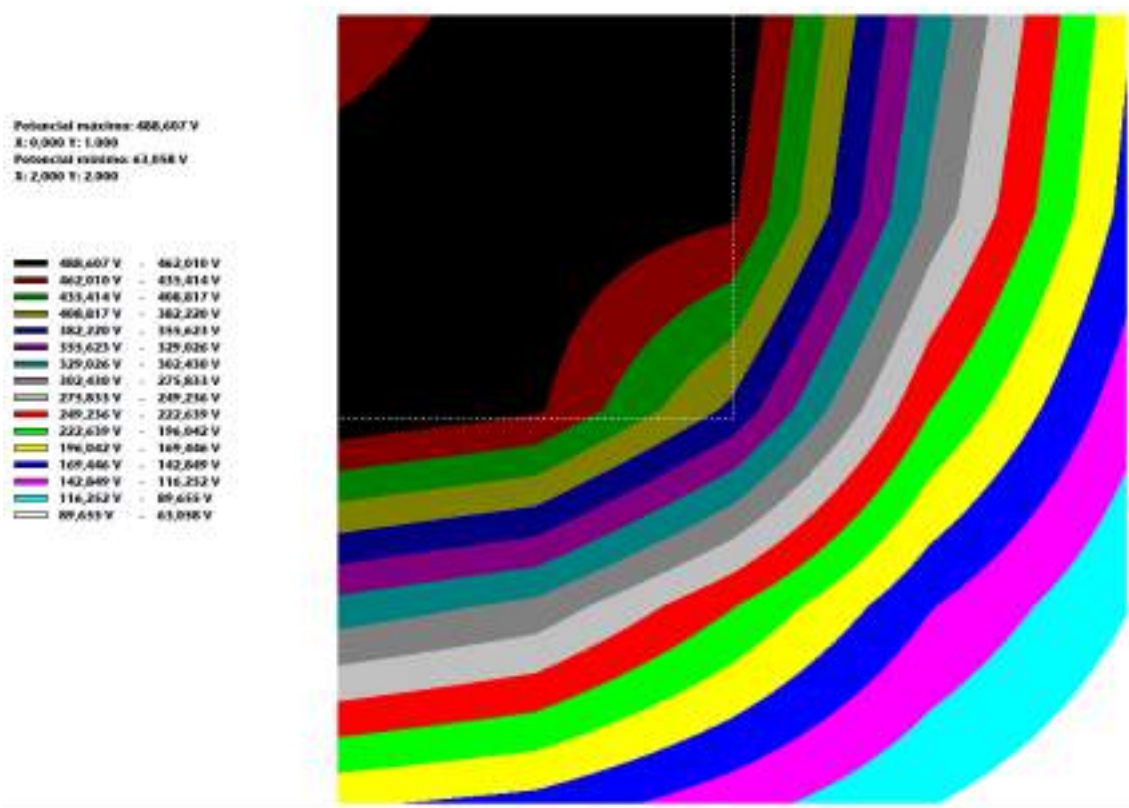
Apoyo nº 30:

- **Resumen de puesta a tierra**

| Datos de la instalación   |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Toma de tierra            | Anillo                   |
| Apoyo aislado             | No                       |
| Apoyo frecuentado         | Si                       |
| Desconexión automática    | No                       |
| Largo                     | 2,00 m                   |
| Ancho                     | 2,00 m                   |
| Conductor                 | Cobre                    |
| Sección                   | 50,00 mm <sup>2</sup>    |
| Picas                     | Si                       |
| Diámetro                  | 14,00 mm                 |
| Longitud                  | 2,00 m                   |
| Nº de picas               | 4                        |
| Profundidad enterramiento | 0,50 m                   |
| Resistividad del terreno  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad superficial  | 3000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad del calzado  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Medidas correctoras       | Si                       |

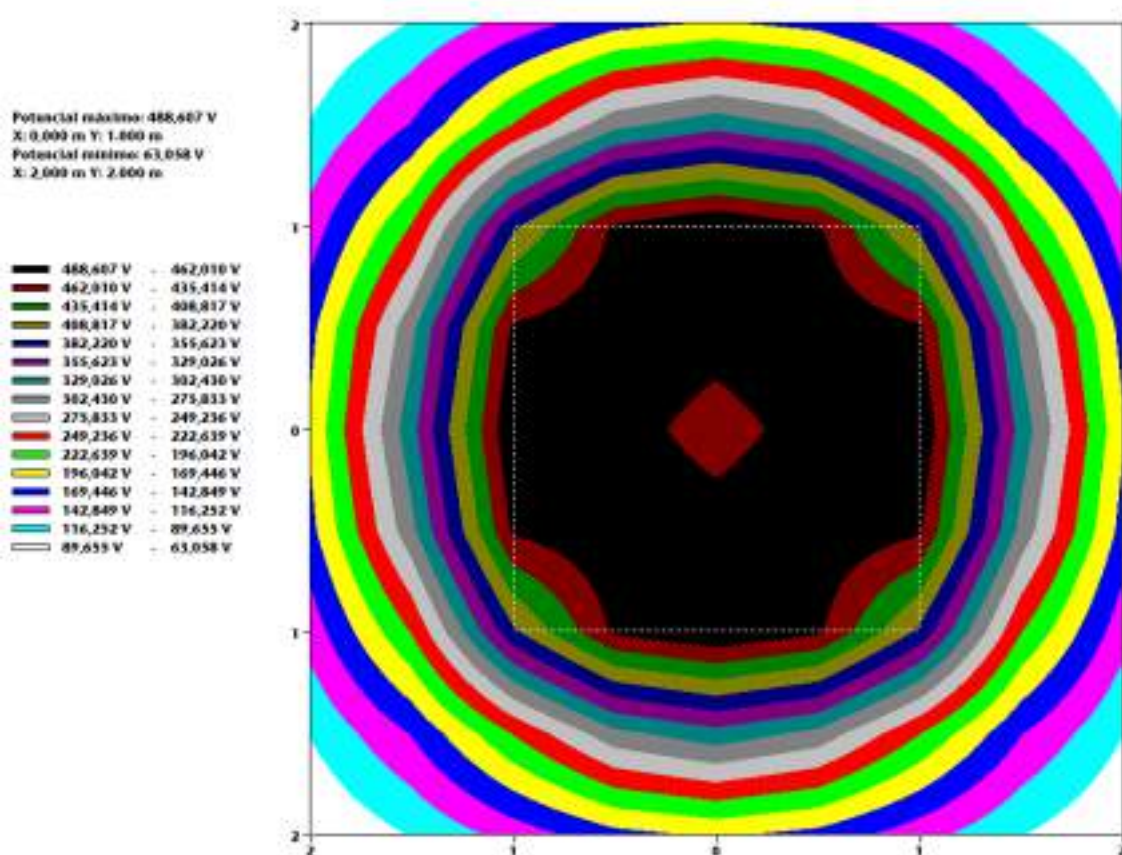
- Gráficos

- Distribución de potenciales 1/4 de la zona:

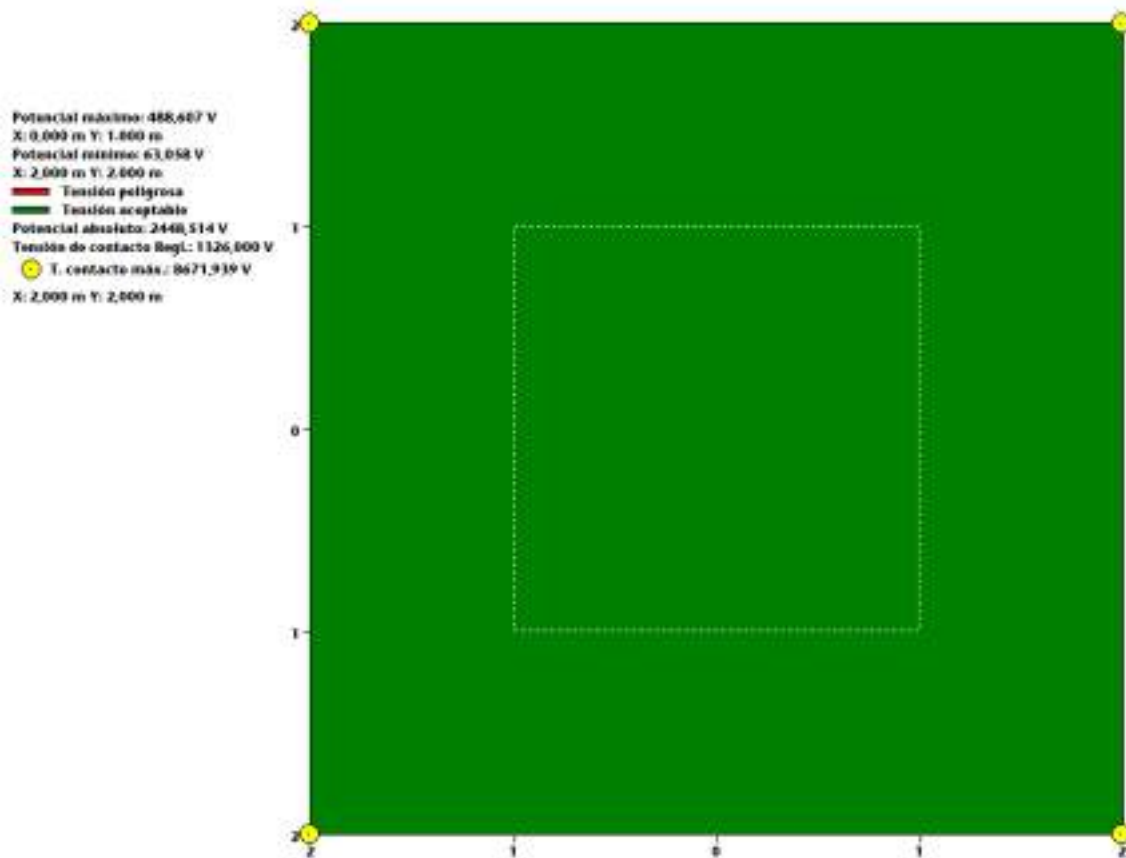




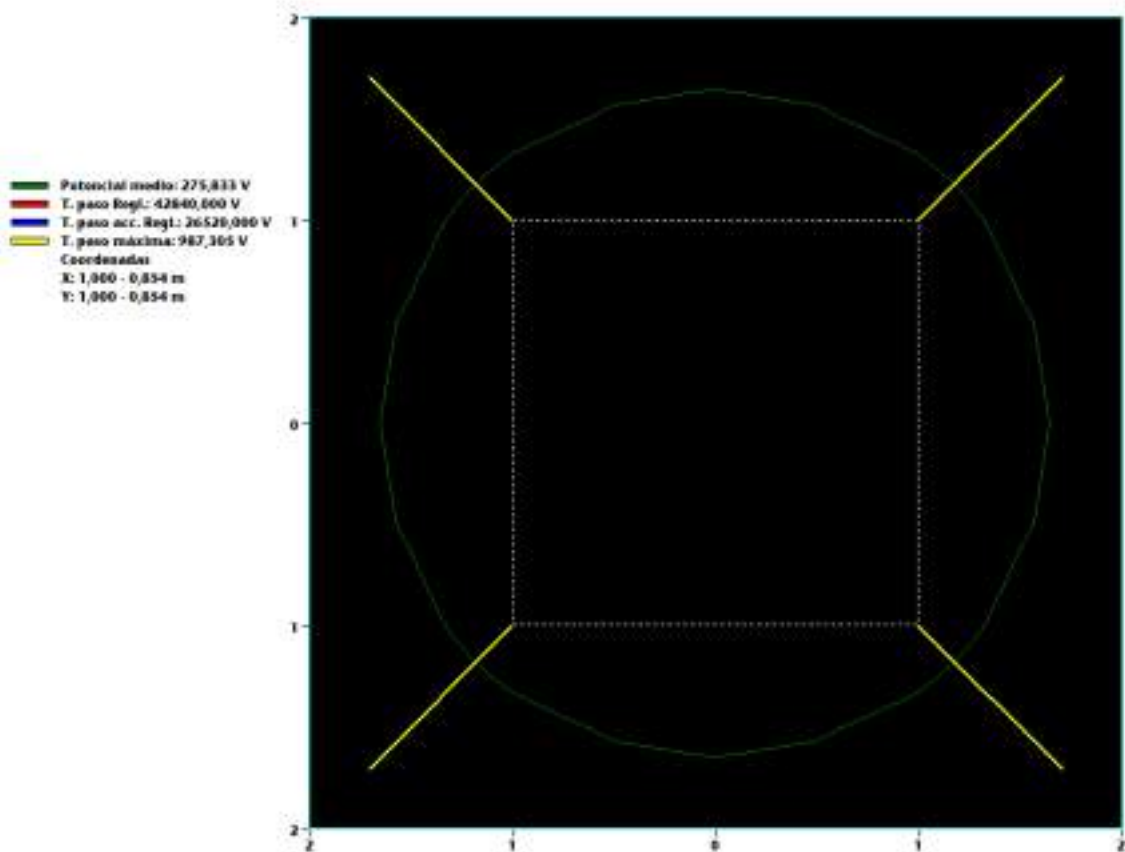
- Distribución de potenciales en la zona de estudio:



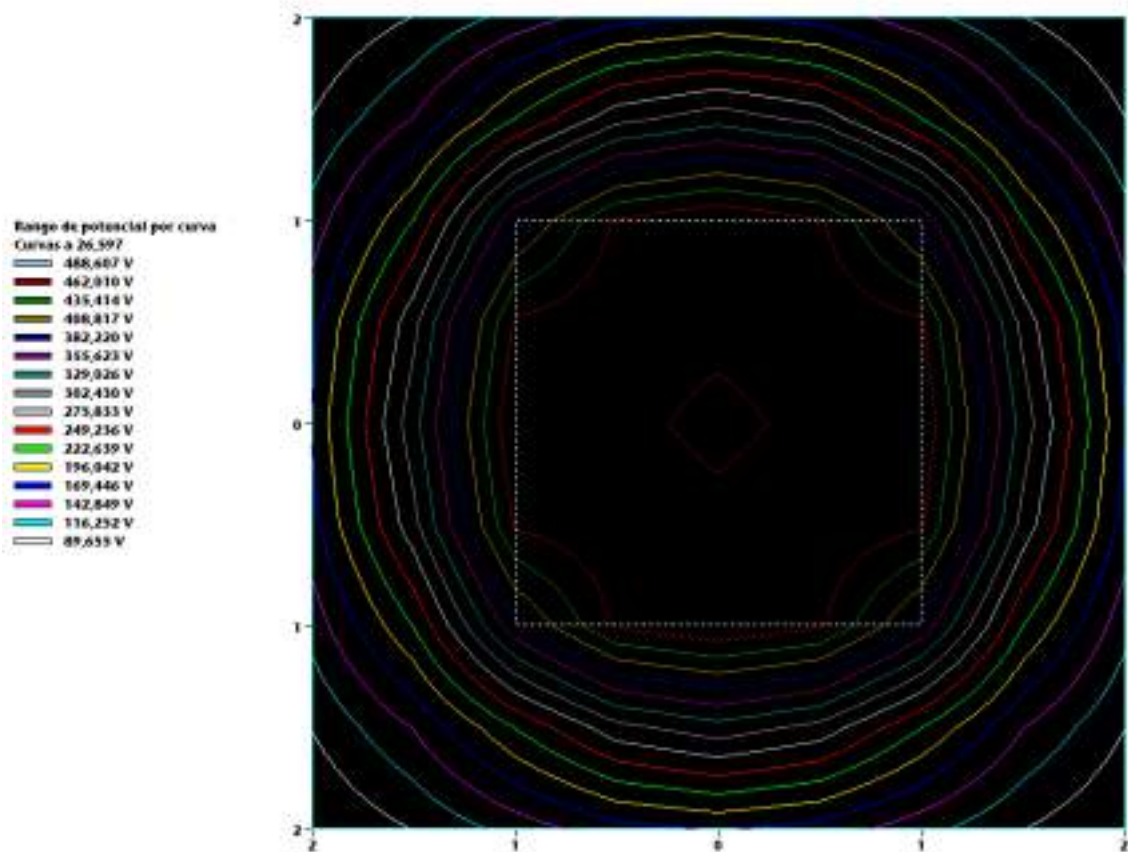
- Tensiones de contacto:



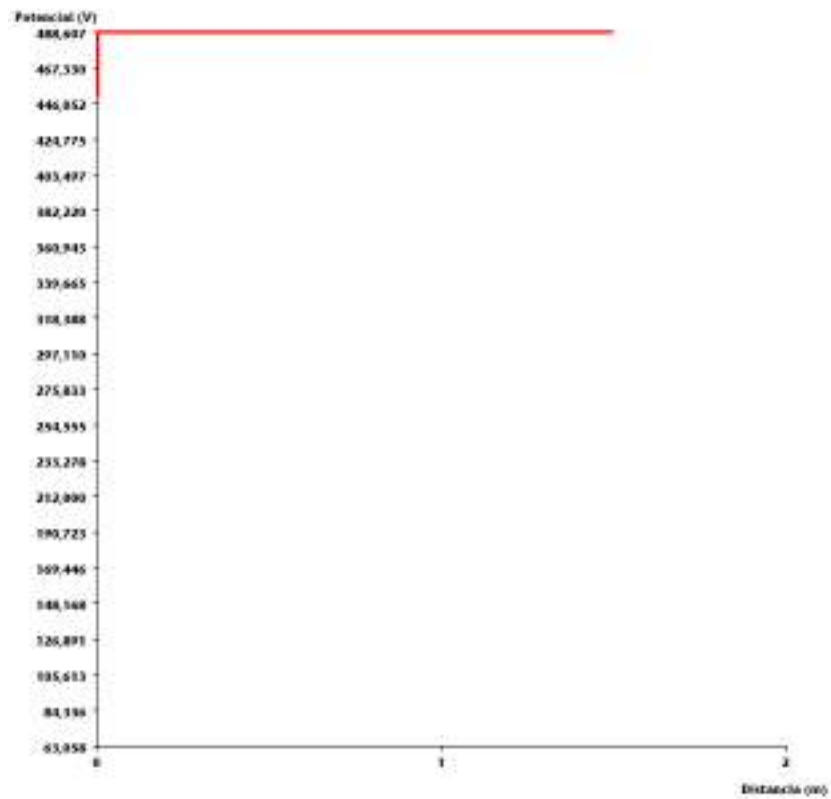
- Tensiones de paso:



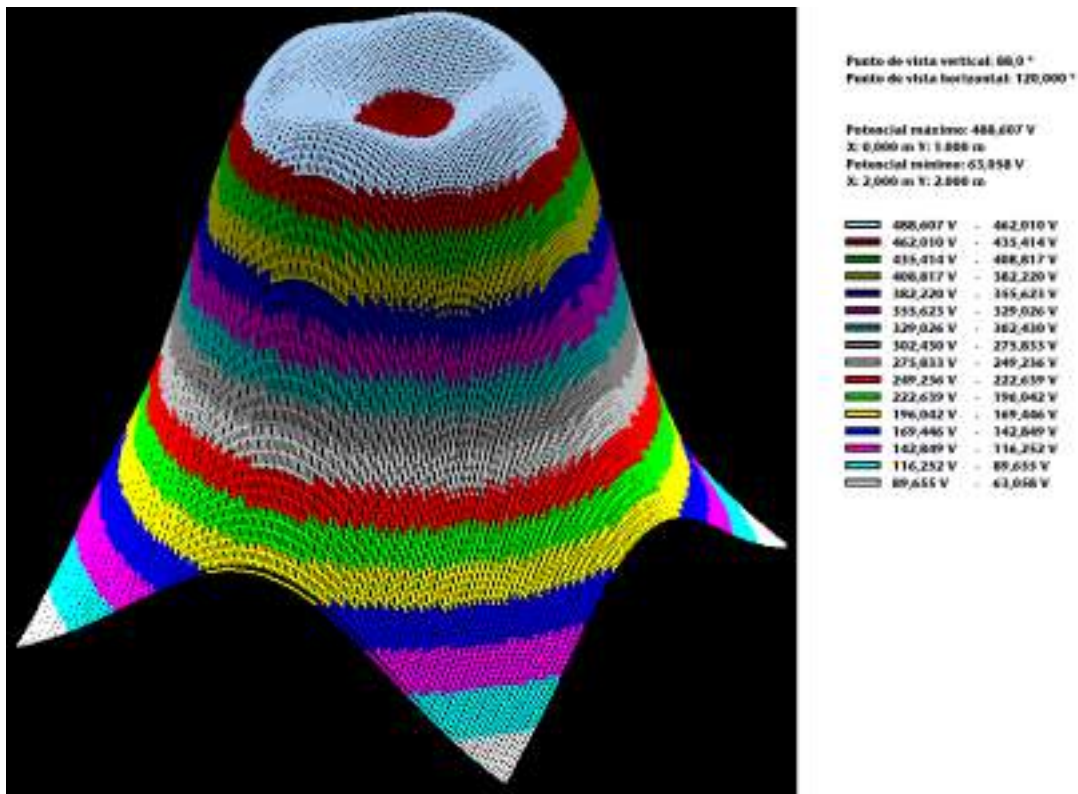
- Líneas equipotenciales:



- Línea de máximo potencial:



- Distribución de potenciales en 3D:





**Resumen de puesta a tierra de los apoyos no frecuentados:**

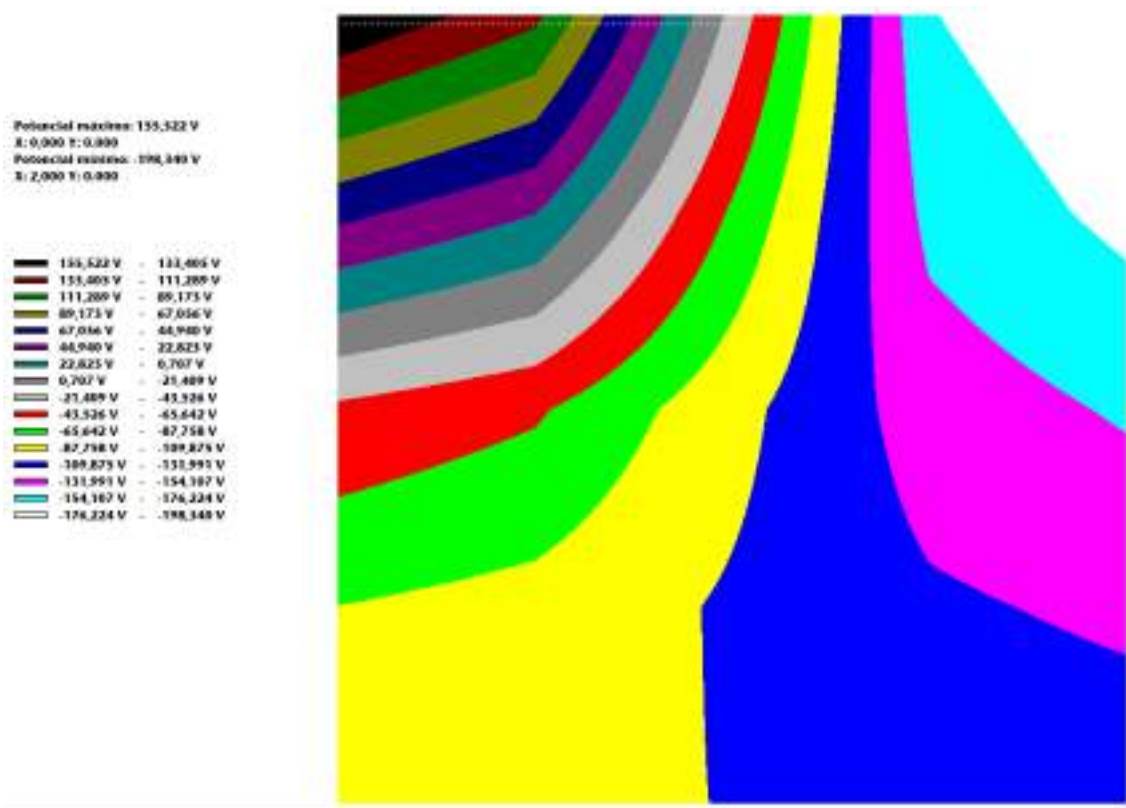
Apoyos nº 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 y 29:

**- Resumen de puesta a tierra**

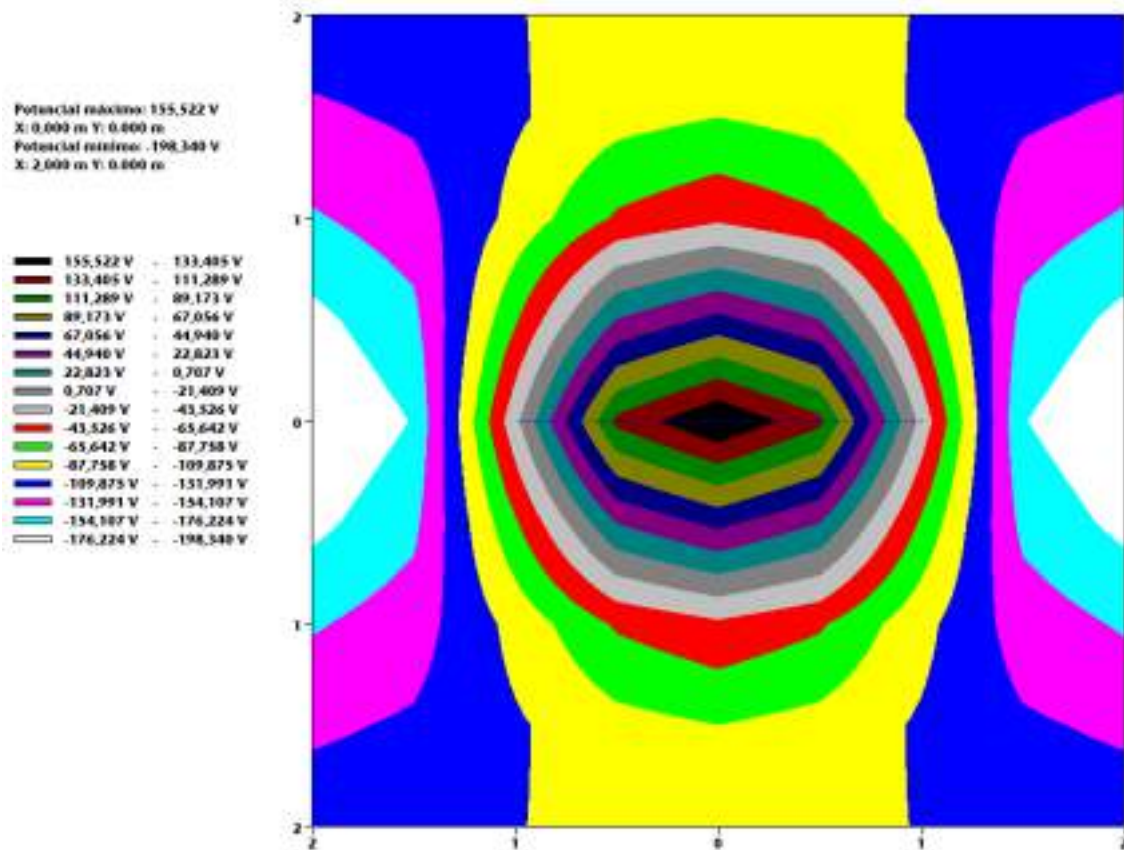
| Datos de la instalación   |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Toma de tierra            | Pica                     |
| Apoyo aislado             | No                       |
| Apoyo frecuentado         | No                       |
| Desconexión automática    | No                       |
| Largo                     | 2,00 m                   |
| Ancho                     | 2,00 m                   |
| Conductor                 | Cobre                    |
| Sección                   | 50,00 mm <sup>2</sup>    |
| Picas                     | Si                       |
| Diámetro                  | 14,00 mm                 |
| Longitud                  | 2,00 m                   |
| Nº de picas               | 2                        |
| Profundidad enterramiento | 0,50 m                   |
| Resistividad del terreno  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad superficial  | 3000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad del calzado  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Medidas correctoras       | Si                       |

## - Gráficos

- Distribución de potenciales 1/4 de la zona:

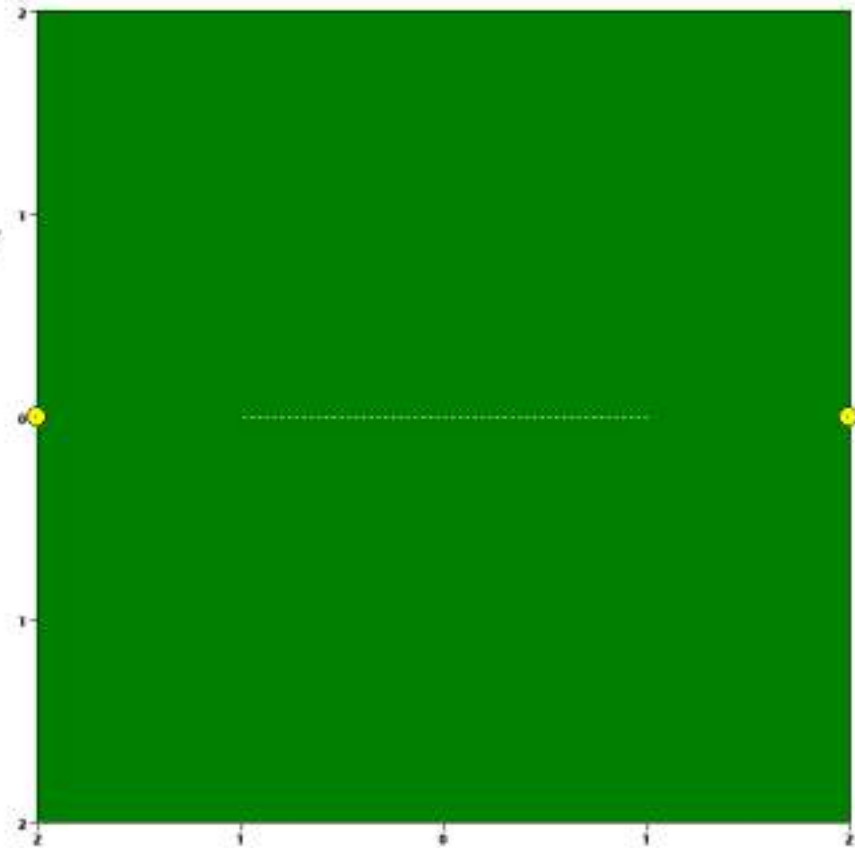


- Distribución de potenciales en la zona de estudio:

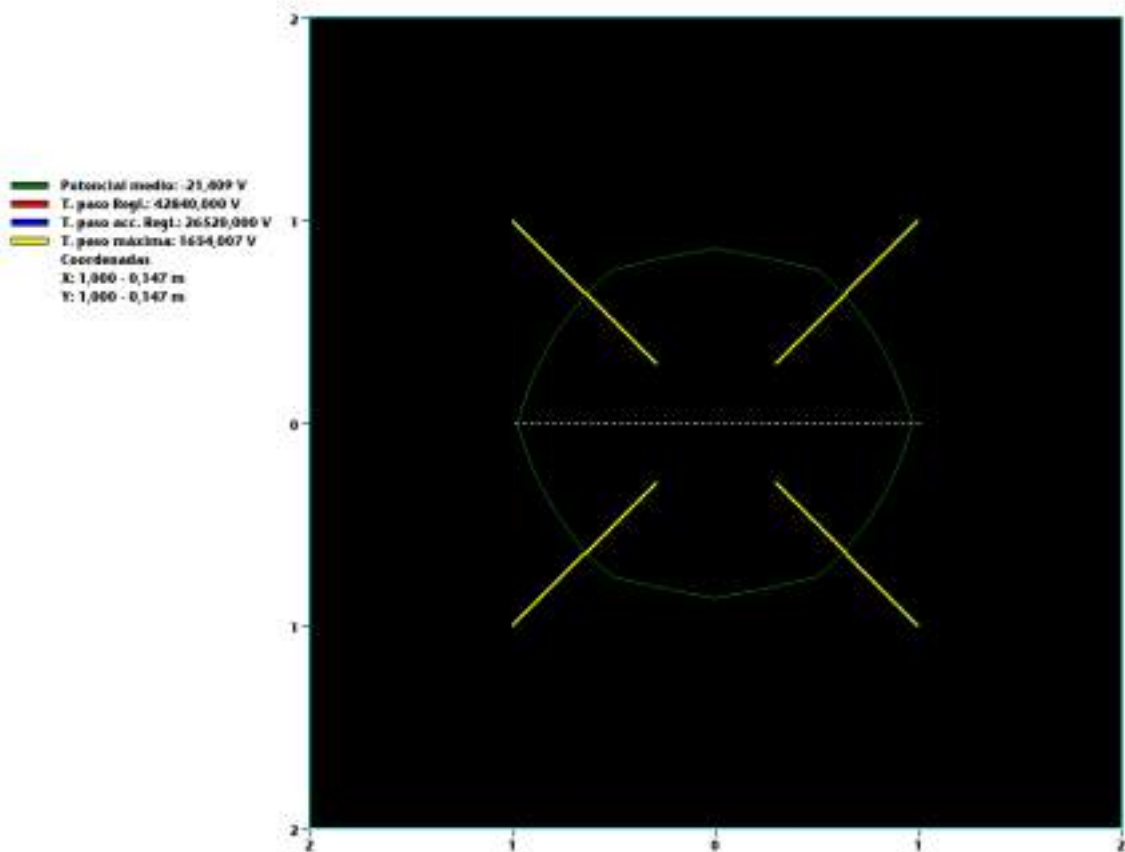


- Tensiones de contacto:

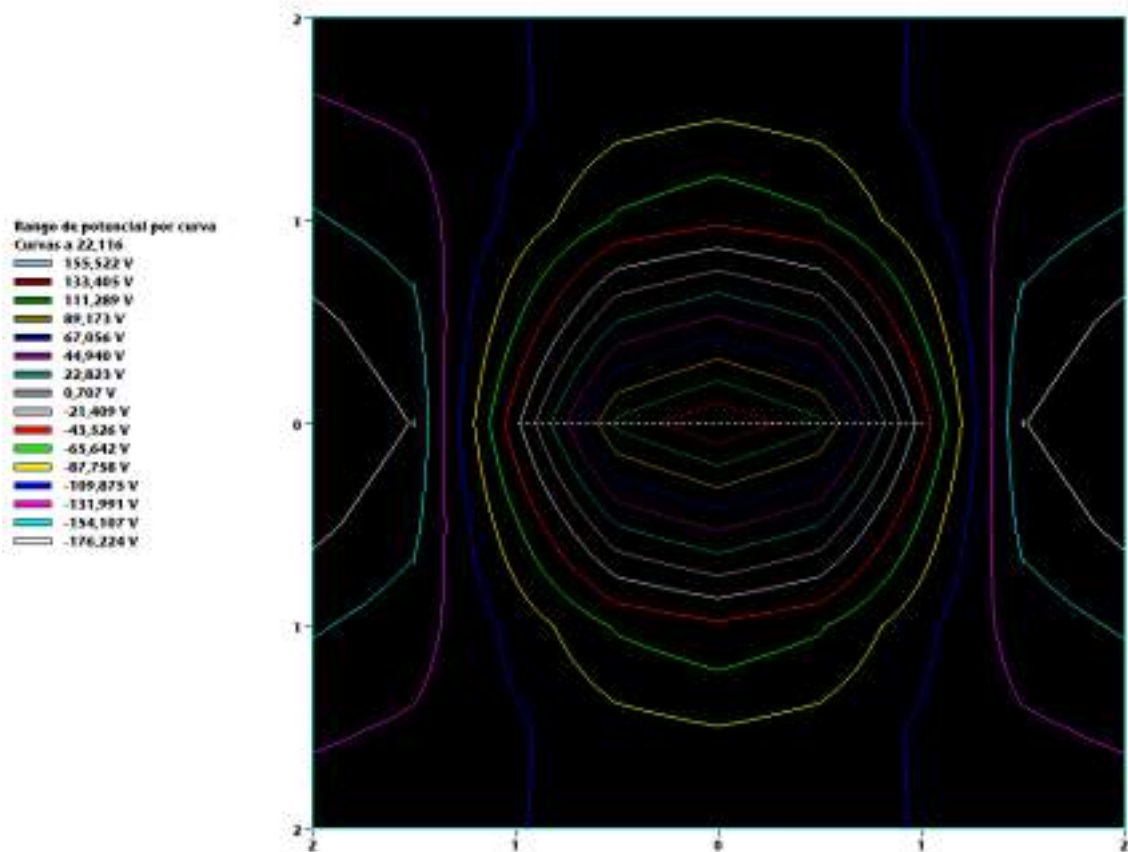
Potencial máximo: 155,522 V  
X: 0,000 m Y: 0,000 m  
Potencial mínimo: -198,340 V  
X: 2,000 m Y: 0,000 m  
Tensión peligrosa  
Tensión aceptable  
Potencial absoluto: 941,501 V  
Tensión de contacto Regl.: 1126,000 V  
T. contacto más: 10545,414 V  
X: 2,000 m Y: 0,000 m



- Tensiones de paso:

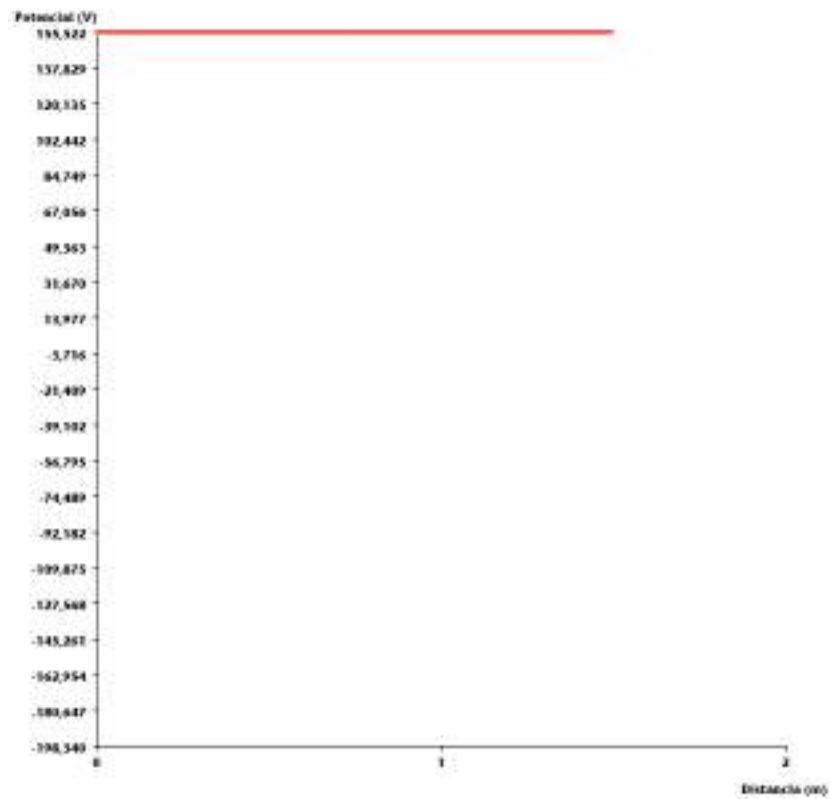


- Líneas equipotenciales:

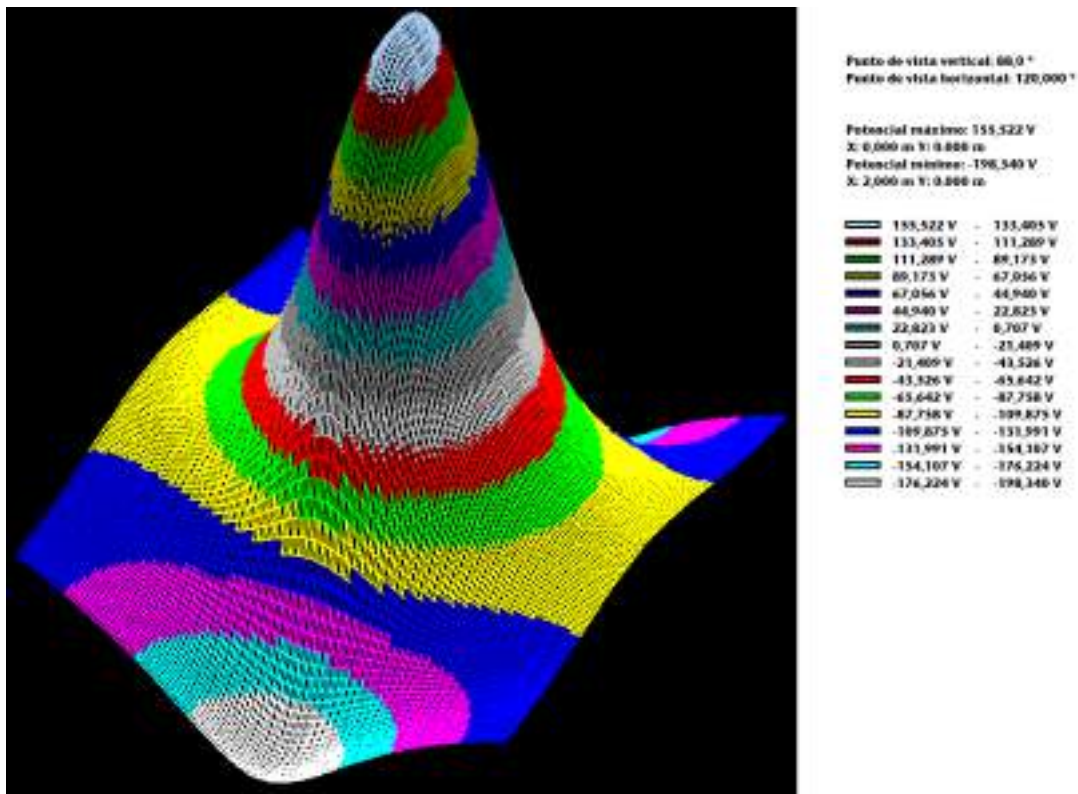




- Línea de máximo potencial:



- Distribución de potenciales en 3D:



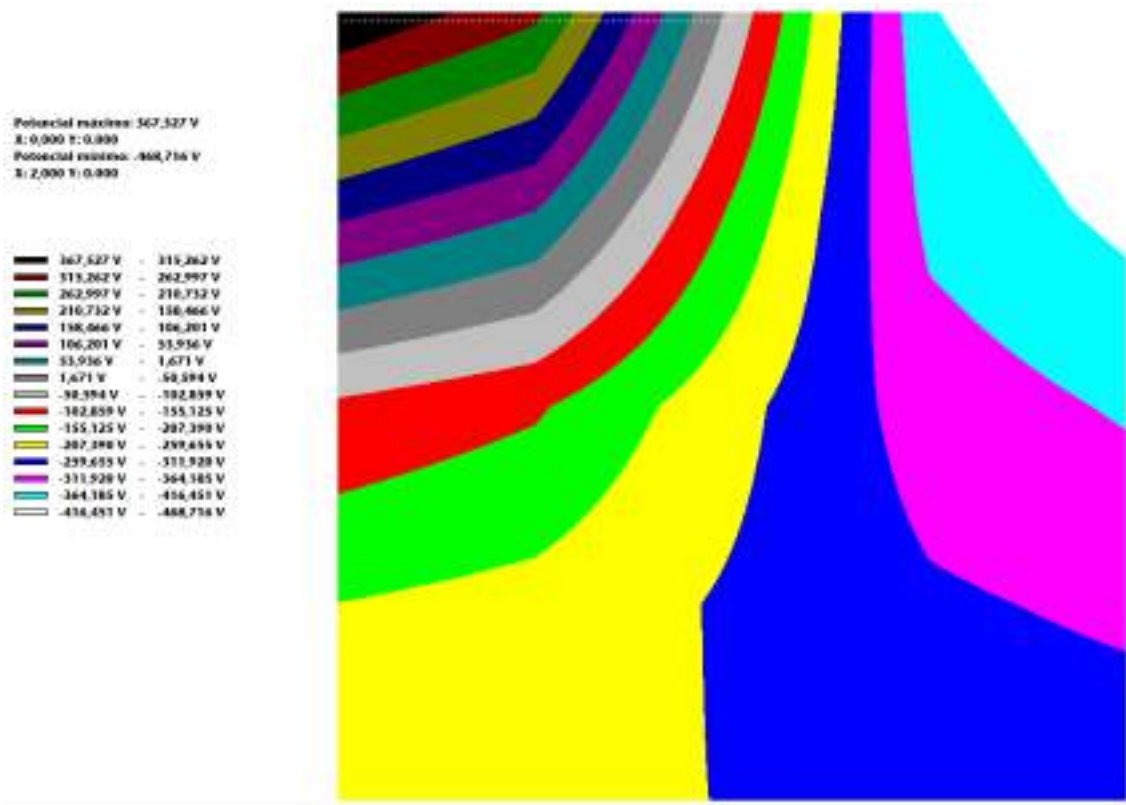
Apoyos nº 20 y 21:

- **Resumen de puesta a tierra**

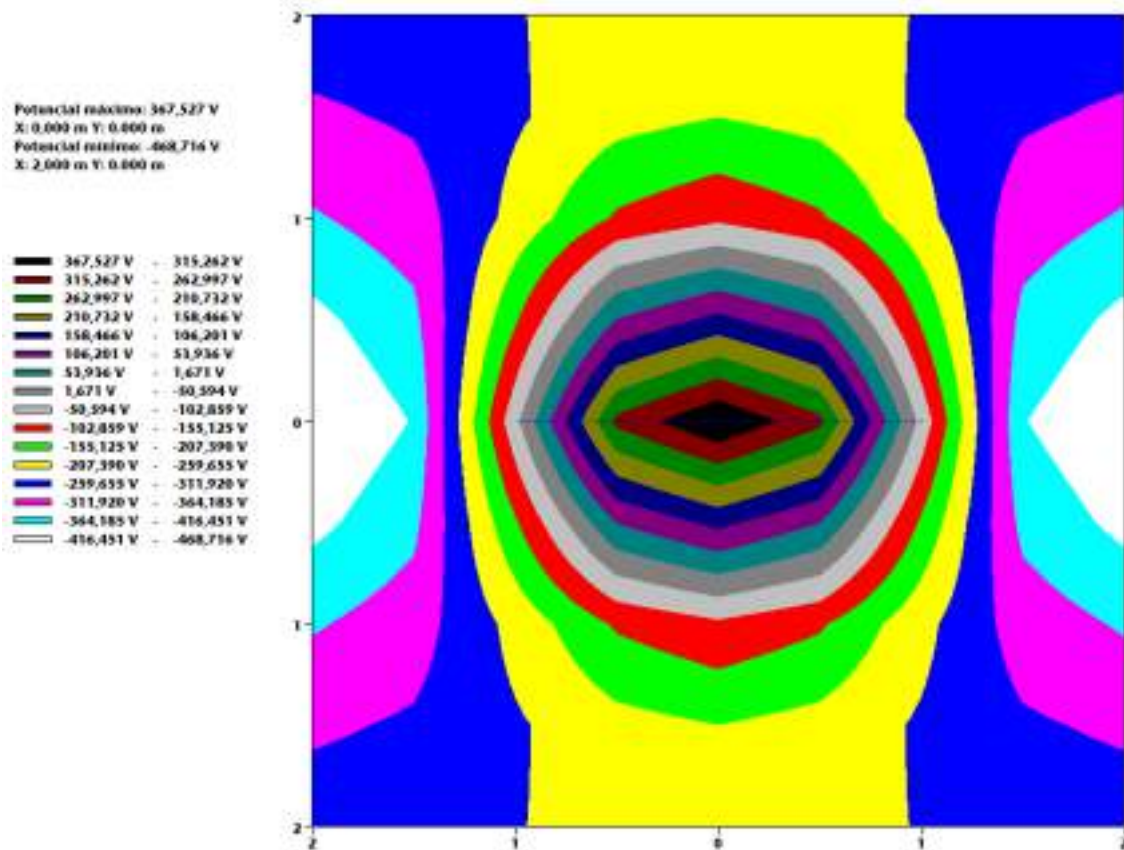
| Datos de la instalación   |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| Toma de tierra            | Pica                     |
| Apoyo aislado             | No                       |
| Apoyo frecuentado         | No                       |
| Desconexión automática    | No                       |
| Largo                     | 1,50 m                   |
| Ancho                     | 1,50 m                   |
| Conductor                 | Cobre                    |
| Sección                   | 50,00 mm <sup>2</sup>    |
| Picas                     | Si                       |
| Diámetro                  | 14,00 mm                 |
| Longitud                  | 2,00 m                   |
| Nº de picas               | 2                        |
| Profundidad enterramiento | 0,50 m                   |
| Resistividad del terreno  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad superficial  | 3000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Resistividad del calzado  | 1000,00 $\Omega \cdot m$ |
| Medidas correctoras       | Si                       |

- Gráficos

- Distribución de potenciales 1/4 de la zona de estudio:

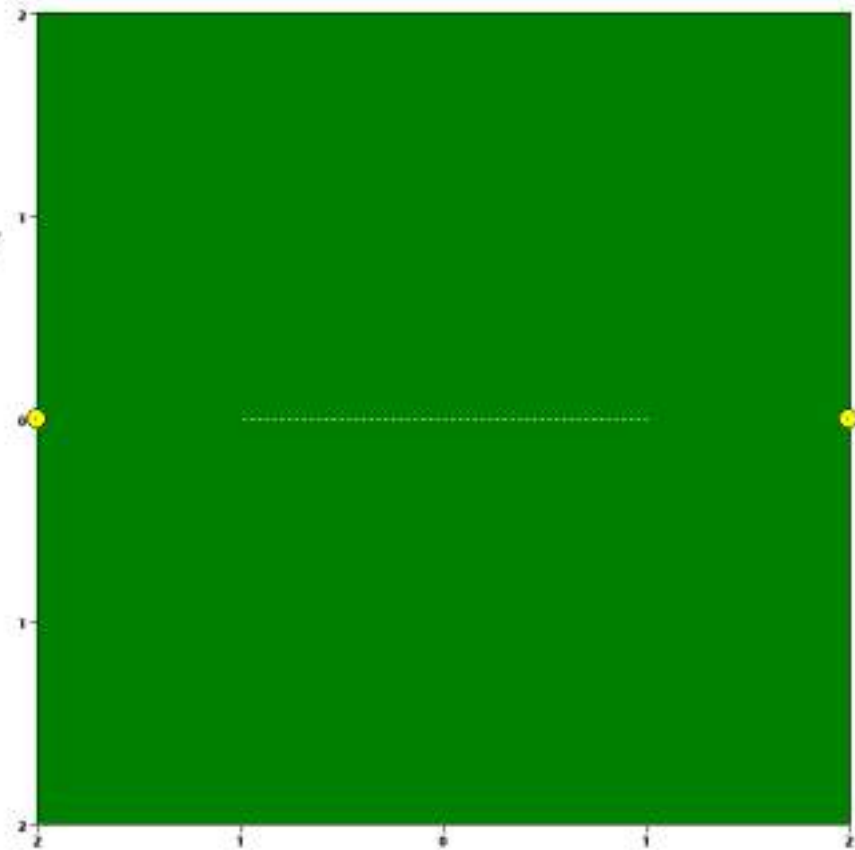


- Distribución de potenciales en la zona de estudio:



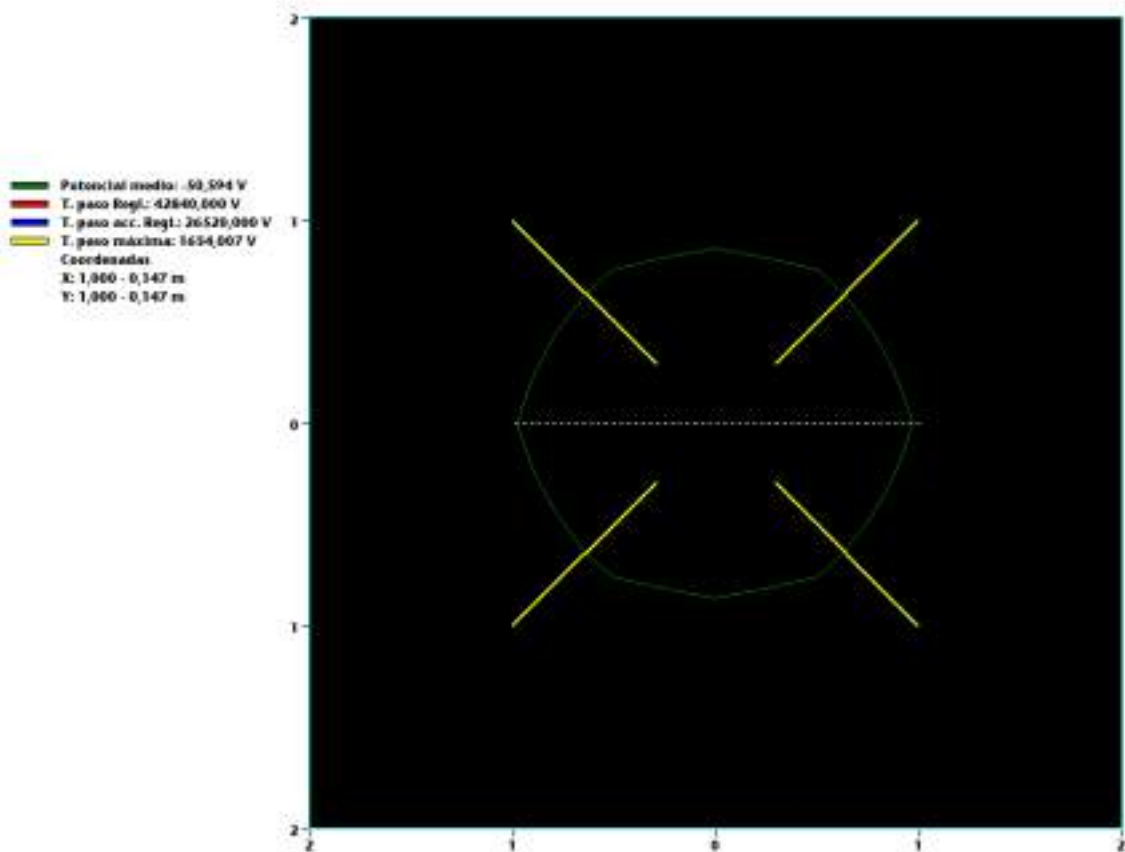
- Tensiones de contacto:

Potencial máximo: 367,527 V  
X: 0,000 m Y: 0,000 m  
Potencial mínimo: -468,716 V  
X: 2,000 m Y: 0,000 m  
Tensión peligrosa  
Tensión aceptable  
Potencial absoluto: 2228,947 V  
Tensión de contacto Regl.: 1126,000 V  
T. contacto más: 10545,414 V  
X: 2,000 m Y: 0,000 m

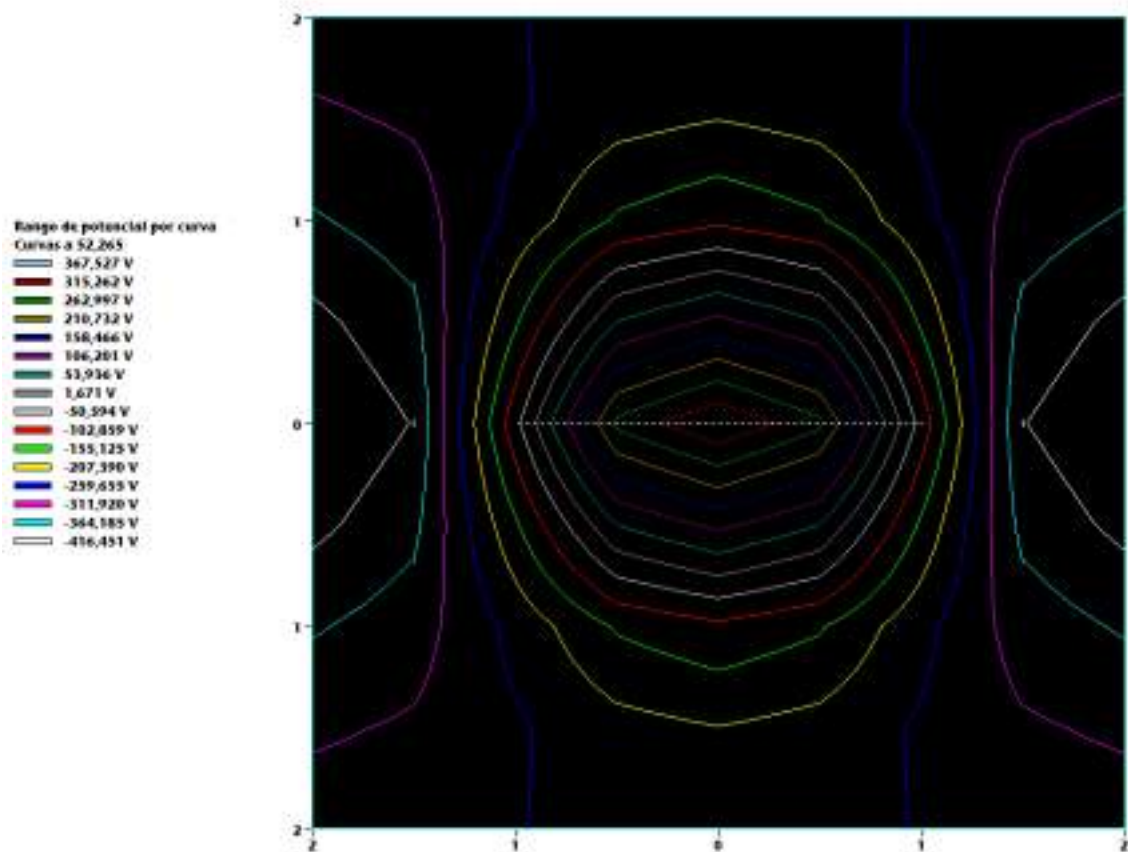




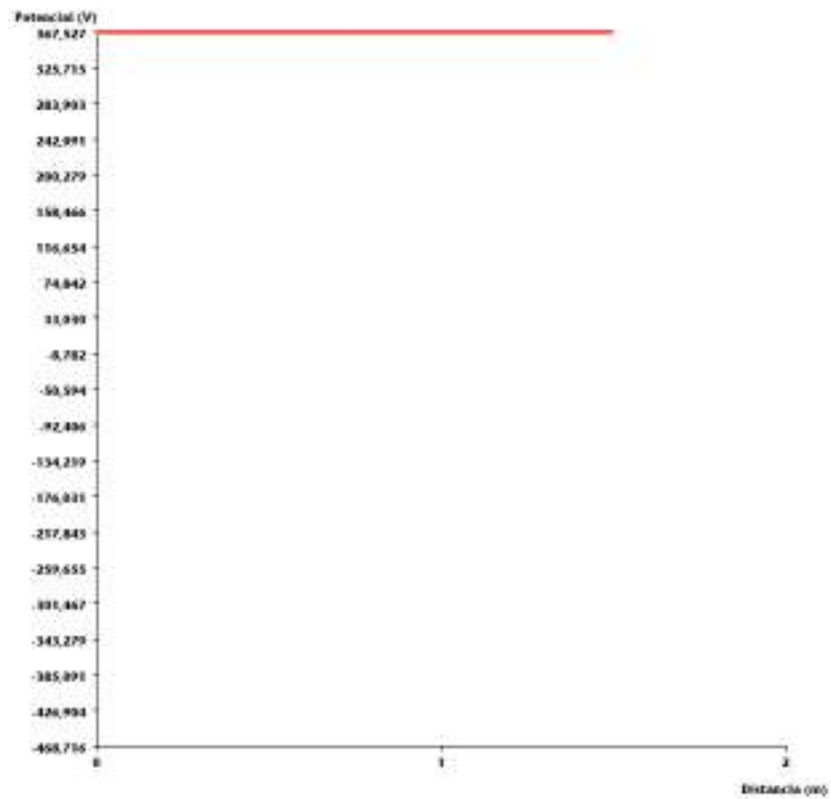
- Tensiones de paso:



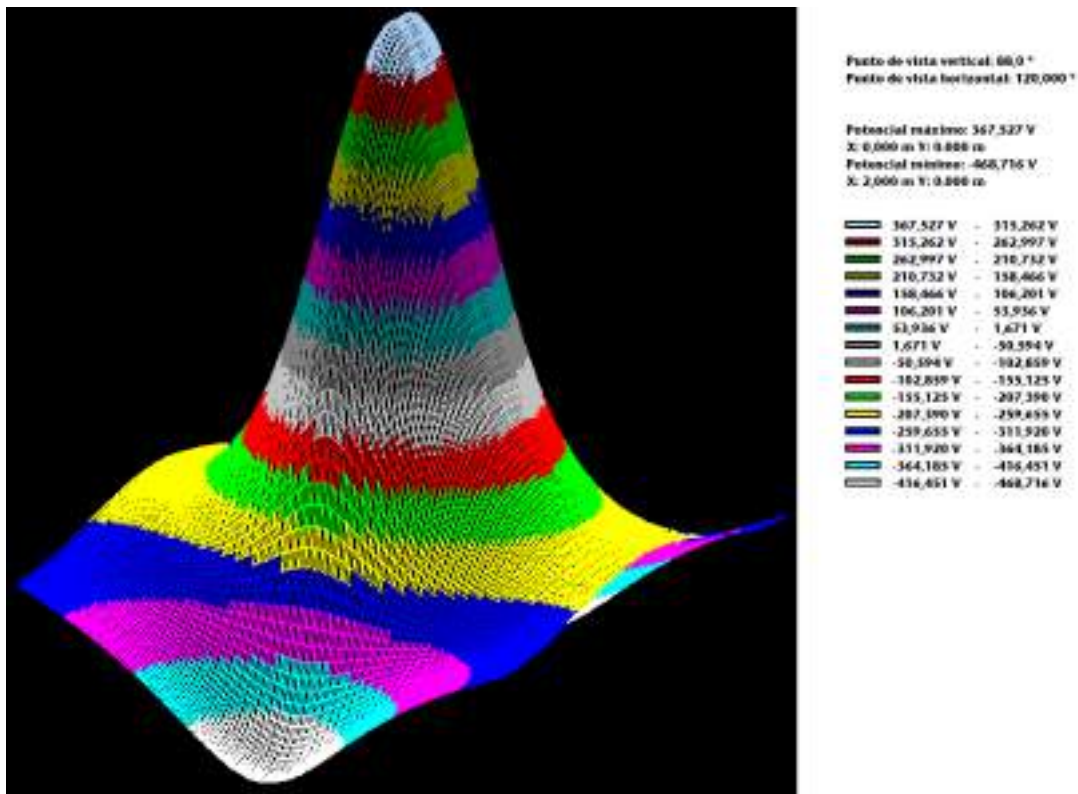
- Líneas equipotenciales:



- Línea de máximo potencial:



- Distribución de potenciales en 3D:



### 3.1.10. Comparativa de resultados obtenidos analíticamente respecto a los de Andelec

Tras la realización de los cálculos analíticos, y obtenidos los cuadros de resultados generados por Andelec en el apartado anterior, se realizará una comparativa entre ambos, justificando los resultados obtenidos.

#### - Parámetros eléctricos del tramo aéreo

|                          | Parámetros eléctricos |                 |
|--------------------------|-----------------------|-----------------|
|                          | Andelec               | Analíticamente  |
| $I_{carga}^{fase}$       | 74,9 A                | 74,895 A        |
| $R_{fase}^{70^{\circ}C}$ | 2,8947 $\Omega$       | 2,8921 $\Omega$ |
| $X_a^{fase}$             | 3,3116 $\Omega$       | 3,1135 $\Omega$ |
| $ \Delta V $             | 525,93 V              | 318,27 V        |
| $ \Delta V _{\%}$        | 2,63 %                | 1,59 %          |
| $\Delta P$               | 48,69 kW              | 48,67 kW        |
| $\Delta P_{\%}$          | 2,09 %                | 2,08 %          |

Los resultados obtenidos para los parámetros eléctricos del tramo aéreo han sido muy parecidos, aunque se aprecian pequeñas discrepancias en los valores correspondientes a la caída de tensión. Esto no tiene sentido, ya que si se sustituyen los parámetros eléctricos que proporcionan Andelec en las ecuaciones analíticas descritas en el apartado 3.1.5. Caída de tensión, se obtiene una caída de tensión de 329,44 V en módulo y de un 1,64 % en porcentaje. Estos valores son muy parecidos a los que se han calculado analíticamente.

#### - Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

|             | Apoyo nº 9 |                |
|-------------|------------|----------------|
|             | Andelec    | Analíticamente |
| $\beta$     | 47,14°     | 44,61°         |
| $D_{fuste}$ | 0,54 m     | 0,57 m         |

|               | Apoyo nº 9 |        |
|---------------|------------|--------|
| $D_{cruceta}$ | 0,41 m     | 0,43 m |

Los resultados obtenidos son muy parecidos.

- Puesta a tierra

|                       | Apoyos frecuentados |                |
|-----------------------|---------------------|----------------|
|                       | Anelec              | Analíticamente |
| $R_{anillo}$          | 134,57 $\Omega$     | 135 $\Omega$   |
| $U_c$                 | 714,00 V            | 714 V          |
| $U'_p \text{ acceso}$ | 8671,94 V           | 5247,53 V      |
| $U_p \text{ acceso}$  | 26520 V             | 34680 V        |

|                       | Apoyos no frecuentados |                |
|-----------------------|------------------------|----------------|
|                       | Anelec                 | Analíticamente |
| $R_{2 \text{ picas}}$ | 122,83 $\Omega$        | 201 $\Omega$   |
| $U_c$                 | 714,00 V               | 714 V          |

Como se puede observar, los valores de la resistencia de la puesta a tierra en anillo y de la tensión de contacto son prácticamente idénticos. En cuanto a los valores de las tensiones de paso, el programa no calcula la tensión de paso en el terreno, sino la del hormigón; y la tensión de paso en el acceso no coincide, esto puede deberse a que el programa Anelec haya adoptado otros valores de la resistividad del terreno u otro valor de la resistencia equivalente paralelo del calzado.



## 3.2. Cálculos mecánicos

### 3.2.1. Coeficientes de seguridad de aisladores y herrajes

Los aisladores y herrajes empleados en la LAMT tendrán un coeficiente de seguridad no inferior a 3:

$$CS = \frac{\text{Carga de rotura del aislador o herraje (daN)}}{\text{Tensión máxima (daN)}} \geq 3$$

Se calcularán, a continuación, los coeficientes de seguridad de los aisladores y herrajes del **apoyo nº 9 (alineación-suspensión)**, con cadena simple de aisladores de suspensión poliméricos (LA110-20kV-SUS-SIM-POL), y del **apoyo nº 10 (ángulo-amarre)**, con doble cadena de aisladores en amarre poliméricos (LA110-20kV-ANC-DOB-POL).

#### **Apoyo nº 9 (alineación-suspensión)**

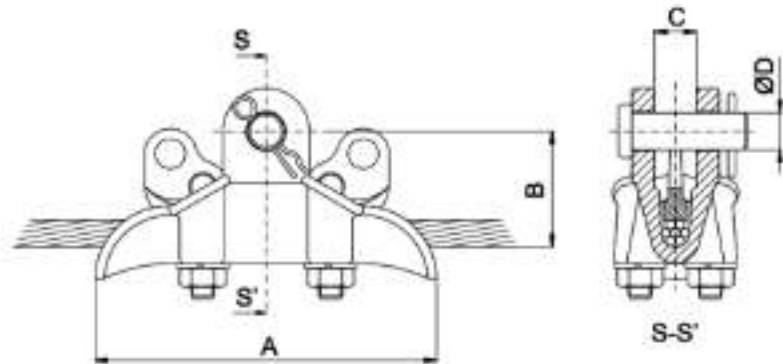
- CS aislador LA110-20kV-SUS-SIM-POL

$$CS = \frac{5000}{1176} = 4,25 \geq 3$$

- CS grapa de suspensión GS2

$$CS = \frac{4800}{1176} = 4,08 \geq 3$$

Grapas de suspensión GS  
Suspension clamps GS  
Pinces de suspension GS



Tipo, Dimensiones y pesos  
Types, dimensions and weights  
Type, dimensions et poids

| Tipo<br>Type | Dimensiones. Dimensions<br>Dimensions |      |    |    | Nº abarcones<br>Nº U.bolts<br>Nº d'écrous | Par de apriete<br>Torque of press<br>Couple de serrage<br>(daN.m) | a Conductor<br>a wire<br>a Conducteur<br>mm |      | Carga rotura.<br>UTS<br>Charge de rupture<br>kN | Peso aprox.<br>Aprox. weight<br>Poids aprox.<br>kg | Uds/Caja<br>Units/Box<br>Unités/Cartron |
|--------------|---------------------------------------|------|----|----|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|              | A                                     | B    | C  | D  |                                           |                                                                   | Min.                                        | Max. |                                                 |                                                    |                                         |
| GS1          | 144                                   | 50   | 18 | 16 | 2xM10                                     | 1.5                                                               | 5                                           | 12   | 28                                              | 0.50                                               | 40                                      |
| GS2          | 173                                   | 58   | 18 | 16 | 2xM12                                     | 3                                                                 | 12                                          | 17   | 48                                              | 0.88                                               | 30                                      |
| GS3          | 210                                   | 71.5 | 27 | 16 | 2xM12                                     | 4                                                                 | 17                                          | 23   | 70                                              | 1.18                                               | 30                                      |

- CS grillete normal GN

$$CS = \frac{7500}{1176} = 6,38 \geq 3$$

Grillete Normal GN  
Standard Shackle GN  
Manille Normale GN

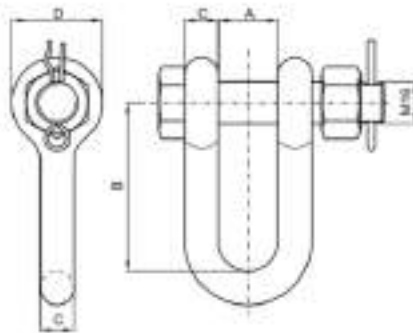


Fig. 1

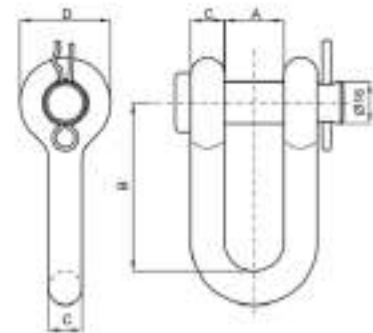


Fig. 2

Características  
Characteristics  
Caractéristiques

| Tipo<br>Type | Dimensiones<br>Dimensions<br>Dimensions<br>mm |      |    |    | Carga rotura<br>UTS<br>Charge de<br>rupture<br>kN | Peso<br>Weight<br>Poids aprox.<br>kg | Fig. | Units/Box<br>Units/Box<br>Unités/Boîte |
|--------------|-----------------------------------------------|------|----|----|---------------------------------------------------|--------------------------------------|------|----------------------------------------|
|              | A                                             | B    | C  | D  |                                                   |                                      |      |                                        |
| GN           | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 75                                                | 0.32                                 | 2    | 50                                     |
| GN (MUTATED) | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 125                                               |                                      | 2    | 50                                     |
| GN 16        | 30                                            | 68,5 | 16 | 33 | 100                                               | 0.52                                 | 2    | 50                                     |
| GNT          | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 125                                               | 0.36                                 | 1    | 50                                     |
| GNT 16       | 30                                            | 68,5 | 16 | 33 | 100                                               | 0.57                                 | 1    | 50                                     |

### Apoyo nº 10 (ángulo-amarre)

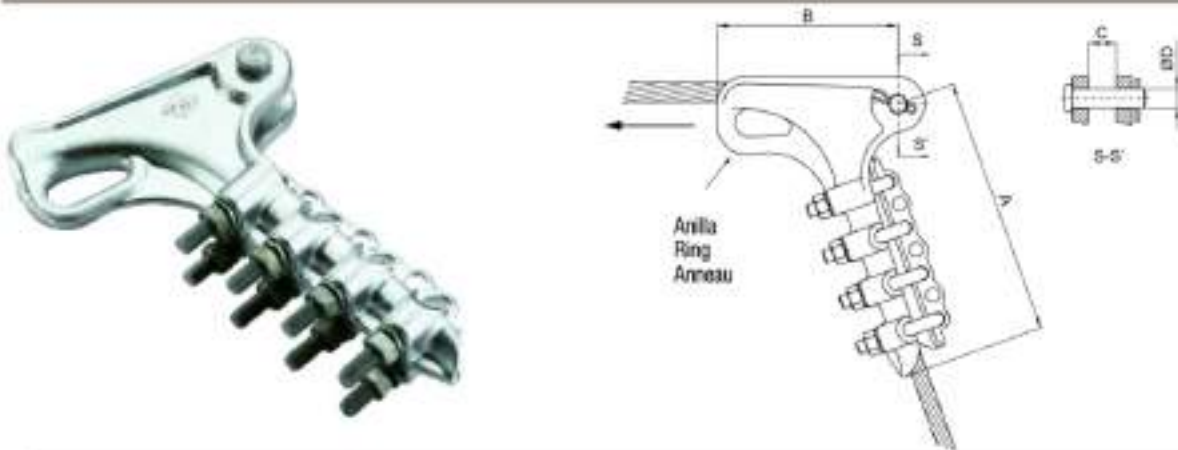
- CS aislador LA110-20kV-ANC-DOB-POL

$$CS = \frac{5000}{1367/2} = 7,32 \geq 3$$

- CS grapa amarre GA 2

$$CS = \frac{6000}{1367} = 4,39 \geq 3$$

Grapas de amarre GA  
Strain Clamps GA  
Finesses d'ancrage GA



Tipo, Dimensiones y pesos  
Types, dimensions and weights  
Type, dimensions et poids

| Tipo<br>Type | Dimensiones<br>Dimensions<br>Dimensions<br>mm |     |      |    | Nº abarcones<br>Nº U.bolts<br>Nº d'étriers | Par de apriete<br>Torque of press<br>Couple de serrage<br>daN.m | e Conductor<br>e wire, e<br>Conducteur<br>mm |      | Carga rotura<br>UTS<br>Charge de rupture<br>kN | Carga de rotura de la<br>anilla<br>UTS the ring<br>Charge de rupture de<br>l'anneau<br>kN | Peso aprox.<br>Aprox. weight<br>Poids aprox.<br>kg | Uds/Caja<br>Units/Box<br>Unités/Carton |
|--------------|-----------------------------------------------|-----|------|----|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------|
|              | A                                             | B   | C    | D  |                                            |                                                                 | Min.                                         | Max. |                                                |                                                                                           |                                                    |                                        |
| GA 1         | 100                                           | 78  | 18,5 | 16 | 2xM10                                      | 2                                                               | 5                                            | 10   | 35                                             | 14,4                                                                                      | 0,45                                               | 50                                     |
| GA1/1        | 110                                           | 124 | 20   | 16 | 2xM12                                      | 2                                                               | 5                                            | 12   | 35                                             | 14,4                                                                                      | 0,65                                               | 30                                     |
| GA 2         | 165                                           | 140 | 20   | 16 | 3xM12                                      | 3,5                                                             | 10                                           | 16   | 60                                             | 22,7                                                                                      | 1,10                                               | 30                                     |
| GA 3         | 240                                           | 170 | 22   | 16 | 4xM12                                      | 4,5                                                             | 16                                           | 20   | 80                                             | 31                                                                                        | 1,80                                               | 15                                     |

- CS grillete normal GN

$$CS = \frac{7500}{1367} = 5,49 \geq 3$$

Grillete Normal GN  
Standard Shackle GN  
Manille Normale GN

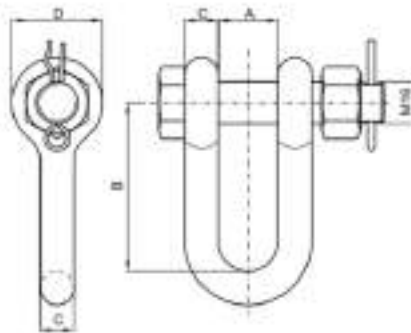


Fig. 1

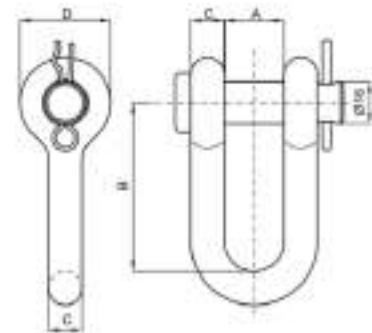


Fig. 2

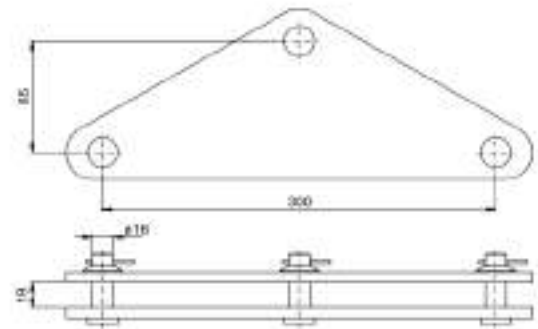
Características  
Characteristics  
Caractéristiques

| Tipo<br>Type | Dimensiones<br>Dimensions<br>Dimensions<br>mm |      |    |    | Carga rotura<br>UTS<br>Charge de<br>rupture<br>kN | Peso<br>Weight<br>Poids aprox.<br>kg | Fig. | Units/Box<br>Units/Box<br>Unités/Boîte |
|--------------|-----------------------------------------------|------|----|----|---------------------------------------------------|--------------------------------------|------|----------------------------------------|
|              | A                                             | B    | C  | D  |                                                   |                                      |      |                                        |
| GN           | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 75                                                | 0.32                                 | 2    | 50                                     |
| GN (MUTATED) | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 125                                               |                                      | 2    | 50                                     |
| GN 16        | 30                                            | 68,5 | 16 | 33 | 100                                               | 0.52                                 | 2    | 50                                     |
| GNT          | 23                                            | 65   | 13 | 35 | 125                                               | 0.36                                 | 1    | 50                                     |
| GNT 16       | 30                                            | 68,5 | 16 | 33 | 100                                               | 0.57                                 | 1    | 50                                     |

- CS yugo YG

$$CS = \frac{14000}{1367} = 10,24 \geq 3$$

Yugo YG  
Yoke YG  
Palonnier YG



Características  
Characteristics  
Caractéristiques

| Tipo<br>Type | Carga rotura<br>U.T.S.<br>Charge de rupture<br>kN | Uds/Caja<br>Units/Box<br>Unités/Carton |
|--------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|
| YG           | 140                                               | 6                                      |



- CS grillete revirado GR

$$CS = \frac{12000}{1367} = 8,78 \geq 3$$

Grillete Revirado GR y GRT  
Twisted Shackle GR and GRT  
Manille à 90° GR et GRT

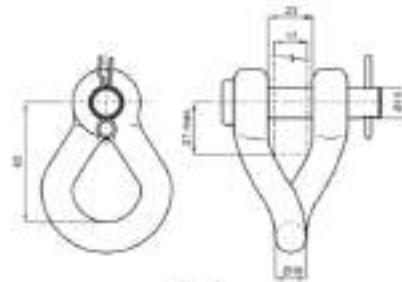


Fig. 3

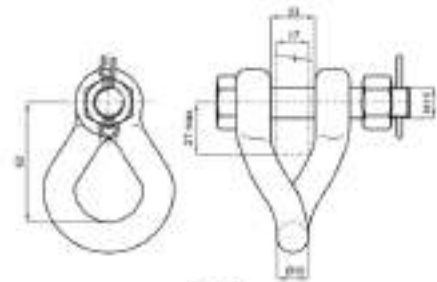


Fig. 4

Características  
Caractéristiques  
Caractéristiques

| Tipo<br>Type | Carga rotura<br>U.T.S.<br>Charge de rupture<br>kN | Peso<br>Weight<br>Poids<br>kg | Fig. | Uds/Caja<br>Units/Box<br>Unités/Cartron |
|--------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|------|-----------------------------------------|
| GR           | 120                                               | 0.65                          | 3    | 50                                      |
| GRT          | 120                                               | 0.70                          | 4    | 50                                      |

### 3.2.2. Tracción máxima admisible

La tracción máxima admisible del conductor seleccionado (LA-110) no resultará superior a su carga de rotura mínima dividida por 3, considerándolo sometido a las hipótesis de sobrecarga descritas en el apartado 3.2.1 Tracción máxima admisible de la ITC LAT 07, concretamente a la hipótesis de tracción máxima de viento a 120 km/h y -5°C de temperatura por ser zona A.

En el cantón más desfavorable, que es el 13-16, la tracción máxima de viento que alcanza el conductor es de 1377 daN.

La tracción máxima admisible para el conductor LA-110 es:

$$T_{admisible}^{máx} = \frac{Carga\ de\ rotura\ (daN)}{CS} = \frac{4317}{3} = 1439\ daN$$

Como la tracción máxima de viento que alcanza el conductor es de 1377 daN < 1439 daN que es su tracción máxima admisible, cumple.

### 3.2.3. Fenómenos vibratorios

Es importante realizar esta comprobación, ya que su incidencia puede acortar la vida útil de los conductores de fase, provocar desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos.

Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica, y se pueden mitigar eligiendo una tracción adecuada para el conductor a temperatura ambiente. Para ello, se seguirán las recomendaciones indicadas en el apartado 2.1.8 del anexo de cálculos justificativos de la Guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Lineas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa:

$$EDS = \frac{\text{Tracción del cable a } 15^{\circ}\text{C de temperatura y calma}}{\text{Carga de rotura del cable}} \leq 15 \%$$

$$THF = \frac{\text{Tracción del cable a } -5^{\circ}\text{C de temperatura y calma}}{\text{Carga de rotura del cable}} \leq 20 \%$$

Donde el EDS o “Every Day Stress” es la carga media diaria a la que se ve sometido el conductor, la cual se mide como un porcentaje respecto a su carga de rotura; y el THF o “Tensión en Horas Frías” representa la tensión del conductor en las horas frías respecto a su carga de rotura, medida como un porcentaje.

A continuación se calcularán, a modo de ejemplo, los valores del EDS y del THF correspondientes al **vano 8-9**:

$$EDS = \frac{648 \text{ (daN)}}{4317 \text{ (daN)}} = 0,15 = 15 \% \leq 15 \%$$

$$THF = \frac{827 \text{ (daN)}}{4317 \text{ (daN)}} = 0,1915 = 19,15 \% \leq 20 \%$$

Como se puede observar, ambos se encuentran dentro de los valores recomendados por Endesa.

### 3.2.4. Hipótesis de apoyos

Las hipótesis de cálculo que combinan los esfuerzos indicados en el apartado 3.1 de la ITC-LAT 07, para los diferentes tipos de apoyos, se pueden ver en el apartado 3.5.3 de la

misma ITC. A modo de resumen, las diferentes hipótesis que se tendrán en cuenta para el cálculo de los apoyos son:

- Hipótesis 1ª: viento.

Cargas permanentes. Viento transversal a 120 km/h. Temperatura -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15°C en zona C. Coeficiente de seguridad de 1,50.

- Hipótesis 2ª: hielo.

**Solamente para zonas B y C.** Cargas permanentes. Hielo. Temperatura -15°C en zona B y -20°C en zona C. Coeficiente de seguridad de 1,50.

- Hipótesis 3ª: desequilibrio de tracciones.

Cargas permanentes. Hielo en Zonas B y C. Desequilibrio de tracciones. Coeficiente de seguridad de 1,20.

- Hipótesis 4ª: rotura del conductor.

Cargas permanentes. Hielo en Zonas B y C. Rotura de un conductor o cable de tierra. Coeficiente de seguridad de 1,20.

A continuación, se procederá a determinar los esfuerzos correspondientes a las diferentes **hipótesis de cálculo de los apoyos del cantón 1-3**, y para uno de ellos, se comprobará si cumple la ecuación resistente de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1 de la Norma UNE 207017.

### Apoyo nº 1 (principio de línea)

| Tipo de Apoyo | Tipo de Esfuerzo | 1ª Hipótesis (Viento)                                                                                                                                                                                                                                                           | 2ª Hipótesis (Hielo)                 | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones) | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)                                                 |
|---------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Fin de Línea  | V                | $P_{cond} + P_{cad} + P_{ter}$                                                                                                                                                                                                                                                  | $P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{ter}$ | No se aplica                               | $P_{cond} + P_{cad} + P_{ter}$ (A)<br>$P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{ter}$ (B y C) |
|               |                  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_F}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_F}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |                                      |                                            |                                                                                    |
|               | T                | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2}$                                                                                                                                                                                                                           | 0                                    | No se aplica                               | 0                                                                                  |
|               | L                | $n \cdot T_x$                                                                                                                                                                                                                                                                   | $n \cdot T_h$                        | No se aplica                               | $n \cdot T_x$ (A)<br>$n \cdot T_h$ (B y C)                                         |

- **1ª Hipótesis (viento):**

- Esfuerzo Vertical (V)

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,84^2} = 0,941 \text{ daN/m}$$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) \right] =$$
$$= 1 \cdot 0,424 \cdot \left[ \frac{224}{2} + \frac{1285}{0,941} \cdot \left( \frac{32,52}{224} \right) \right] = 131,55 \text{ daN}$$

$$P_{cad} = 10,589 \text{ daN}$$

$$P_{her} \approx 0 \text{ daN}$$

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 131,55 + 10,589 + 0 = 142,14 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1}{2} = 1 \cdot 0,84 \cdot \frac{224}{2} = 94,08 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = n \cdot T_v = 1 \cdot 1285 = 1285 \text{ daN}$$

- **2ª Hipótesis** (hielo):

No se calcula porque el apoyo está situado en zona A.

- **3ª Hipótesis** (desequilibrio de tracciones):

No se aplica.

- **4ª Hipótesis** (rotura de conductor):

- Esfuerzo Vertical (V)

Es el mismo que el de la primera hipótesis.

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 131,55 + 10,589 + 0 = 142,14 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = 0 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = n \cdot T_v = 1 \cdot 1285 = 1285 \text{ daN}$$

### Apoyo nº 2 (alineación-suspensión)

| Tipo de Apoyo                                                                                                                              | Tipo de Esfuerzo | 1ª Hipótesis (Viento)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2ª Hipótesis (Hielo)                  | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)                                                        | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Suspensión en alineación                                                                                                                   | V                | $P_{cond} + P_{cad} + P_{herr}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | $P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{herr}$ | $P_{cond} + P_{cad} + P_{herr}$ (zona A)<br>$P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{herr}$ (zonas B y C)   |                                                          |
|                                                                                                                                            |                  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |                                       |                                                                                                   |                                                          |
|                                                                                                                                            | T                | $n \cdot F_T = n \cdot q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2}$                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0                                     | 0                                                                                                 | 0                                                        |
|                                                                                                                                            | L                | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                                     | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h$ (B y C)<br>$n \cdot (T_2 - T_1)$ | $(\%rot.) \cdot T_v$ (A)<br>$(\%rot.) \cdot T_h$ (B y C) |
| % des. = Coeficiente desequilibrio; 8% para $U_n \leq 66 \text{ kV}$<br>% rot. = Coeficiente rotura en % de la tensión del cable roto: 50% |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                       |                                                                                                   |                                                          |

- **1ª Hipótesis (viento):**

- Esfuerzo Vertical (V)

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,84^2} = 0,941 \text{ daN/m}$$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_v}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$1 \cdot 0,424 \cdot \left[ \frac{224 + 299,08}{2} + \frac{1285}{0,941} \cdot \left( \frac{32,52}{224} - \frac{11,54}{299,08} \right) \right] = 172,61 \text{ daN}$$

$$P_{cad} = 9,825 \text{ daN}$$

$$P_{her} \approx 0 \text{ daN}$$

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 172,61 + 9,825 + 0 = 182,44 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = n \cdot F_T = n \cdot q \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} = 1 \cdot 0,84 \cdot \frac{224 + 299,08}{2} = 219,69 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = 0 \text{ daN}$$

- **2ª Hipótesis** (hielo):

No se calcula porque el apoyo está situado en zona A.

- **3ª Hipótesis** (desequilibrio de tracciones):

- Esfuerzo Vertical (V)

Es el mismo que el de la primera hipótesis.

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 172,61 + 9,825 + 0 = 182,44 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = 0 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = n \cdot (\% des.) \cdot T_v = 1 \cdot 0,08 \cdot 1285 = 102,80 \text{ daN}$$



- **4ª Hipótesis** (rotura de conductor):

- Esfuerzo Vertical (V)

Es el mismo que el de la primera hipótesis.

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 172,61 + 9,825 + 0 = 182,44 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = 0 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = (\% \text{ rot.}) \cdot T_v = 0,5 \cdot 1285 = 642,50 \text{ daN}$$

**Apoyo nº 3 (ángulo-anclaje)**

| Tipo de Apoyo                                                                                                                                               | Tipo de Esfuerzo | 1ª Hipótesis (Viento)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2ª Hipótesis (Hielo)                 | 3ª Hipótesis (Desequilibrio de tracciones)                                                                                                                       | 4ª Hipótesis (Rotura de conductor)                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anclaje en ángulo                                                                                                                                           | V                | $P_{cond} + P_{cad} + P_{her}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{her}$ | $P_{cond} + P_{cad} + P_{her}$ (zona A)<br>$P_{cond+hielo} + P_{cad} + P_{her}$ (zonas B y C)                                                                    |                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                             |                  | $P_{cond} = n \cdot p \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2}$ $P_{cond+hielo} = n \cdot p_{ap} \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p_{ap}} \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{h2}}{p_{ap}} \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] \quad p_{ap} = p + h$ |                                      |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                             | T                | $n \cdot (F_T + R_{áng})$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | $n \cdot R_{áng,hielo}$              | $n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) | $n \cdot \%rot \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot \%rot \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C) |
|                                                                                                                                                             |                  | $F_T = q \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{áng} = 2 \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), R_{áng,hielo} = 2 \cdot T_h \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$                                                                                                                                                                                         |                                      |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                             | L                | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                                    | $n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$n \cdot (\%des.) \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)         | $\%rot \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (A)<br>$\%rot \cdot T_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$ (B y C)                 |
| % des. = Coeficiente desequilibrio para apoyos de anclaje; 50%.<br>% rot. = Coeficiente rotura para apoyos de anclaje en % de la rotura total del haz; 100% |                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                    |

- **1ª Hipótesis** (viento):

- Esfuerzo Vertical (V)

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,84^2} = 0,941 \text{ daN/m}$$

$$P_{cond} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v1}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} \right) - \frac{T_{v2}}{p_{ap}} \cdot \left( \frac{d_2}{a_2} \right) \right] =$$

$$= 1 \cdot 0,424 \cdot \left[ \frac{299,08 + 422,06}{2} + \frac{1285}{0,941} \cdot \left( \frac{11,54}{299,08} \right) - \frac{1355}{0,941} \cdot \left( \frac{-1,70}{422,06} \right) \right] =$$

$$= 177,68 \text{ daN}$$

$$P_{cad} = 10,589 \text{ daN}$$

$$P_{her} \approx 0 \text{ daN}$$

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 177,68 + 10,589 + 0 = 188,27 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = n \cdot (F_T + R_{ang}) =$$

$$= 1 \cdot \left( 0,84 \cdot \frac{299,08 + 422,06}{2} \cdot \cos \left( \frac{180 - 144}{2} \right) + (1285 + 1355) \cdot \sin \left( \frac{180 - 144}{2} \right) \right) =$$

$$= 1103,86 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = 0 \text{ daN}$$

- **2ª Hipótesis** (hielo):

No se calcula porque el apoyo está situado en zona A.

- **3ª Hipótesis** (desequilibrio de tracciones):

- Esfuerzo Vertical (V)

Es el mismo que el de la primera hipótesis.

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 177,68 + 10,589 + 0 = 188,27 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = n \cdot (2 - \%des.) \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) =$$
$$= 1 \cdot (2 - 0,5) \cdot 1355 \cdot \sin\left(\frac{180 - 144}{2}\right) = 628,08 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = n \cdot (\%des.) \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) =$$
$$= 1 \cdot (0,5) \cdot 1355 \cdot \cos\left(\frac{180 - 144}{2}\right) = 644,34 \text{ daN}$$

- **4ª Hipótesis** (rotura de conductor):

- Esfuerzo Vertical (V)

Es el mismo que el de la primera hipótesis.

$$V = P_{cond} + P_{cad} + P_{her} = 177,68 + 10,589 + 0 = 188,27 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Transversal (T)

$$T = n \cdot \%rot. \cdot T_v \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1 \cdot 1 \cdot 1355 \cdot \sin\left(\frac{180 - 144}{2}\right) = 418,72 \text{ daN}$$

- Esfuerzo Longitudinal (L)

$$L = \%rot. \cdot T_v \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 1 \cdot 1355 \cdot \cos\left(\frac{180 - 144}{2}\right) = 1288,68 \text{ daN}$$

Por último, se va a comprobar, en este caso para el a **apoyo nº 1**, si cumple la ecuación resistente de acuerdo con lo indicado en el apartado 5.1 de la Norma UNE 207017. Andelec propone emplear, para este apoyo, un Andel serie **C-7000-18**. Para ello, el apoyo deberá verificar las siguientes expresiones, tal como se indica en el apartado 2.2

del anexo de cálculos justificativos de la Guía de Interpretación AYZ10000 Proyecto Tipo Líneas Aéreas de Media Tensión v2 completa\_28122021 de Endesa:

$$V_1 + K \cdot H_1 \leq V + K \cdot H$$

$$H \geq H_1$$

$$V_1 \leq 3V$$

Donde:

- $V_1$ : Carga vertical centrada a la que se somete el apoyo.
- $K$ : Constante para cada apoyo. Coeficiente de repercusión de las cargas horizontales frente a las verticales. Este adopta el valor de  $K = 5$ .
- $H_1$ : Carga horizontal a la que se somete el apoyo.
- $V$ : Carga vertical entrada de trabajo más sobrecarga.
- $H$ : Carga horizontal de trabajo más sobrecarga.

**Tabla 8. Ecuación resistente para K=5**

| Carga nominal<br>daN | Cargas especificadas                |       | Ecuación resistente<br>V+K·H | Valor máximo de H |
|----------------------|-------------------------------------|-------|------------------------------|-------------------|
|                      | Carga de trabajo más sobrecarga daN |       |                              |                   |
|                      | V                                   | H     |                              |                   |
| 500                  | 600                                 | 500   | 3.100                        | 500               |
| 1.000                | 600                                 | 1.000 | 5.600                        | 1.000             |
| 2.000                | 600                                 | 2.000 | 10.600                       | 2.000             |
| 3.000                | 800                                 | 3.000 | 15.800                       | 3.000             |
| 4.500                | 800                                 | 4.000 | 23.300                       | 4.500             |
| 7.000                | 1.200                               | 7.000 | 36.200                       | 7.000             |
| 9.000                | 1.200                               | 9.000 | 46.200                       | 9.000             |

Estas expresiones deberán cumplirse tanto para las hipótesis normales (hipótesis 1ª y 2ª, con un CS=1,50), como para las hipótesis anormales (hipótesis 3ª y 4ª, con un CS=1,20). En cada caso, de entre las 2 hipótesis, se escogerá la más desfavorable.

- **Hipótesis normales** (CS=1,50)

$$V_1 + K \cdot H_1 = 3 \cdot 1,50 \cdot \left[ 142,14 + 5 \cdot (94,08 + 1285) \right] = 31668,93$$

$$V + K \cdot H = 36200$$

$$31668,93 \leq 36200$$

$$H = 7000$$

$$H_1 = 3 \cdot 1,50 \cdot (94,08 + 1285) = 6205,86$$

$$7000 \geq 6205,86$$

$$V_1 = 3 \cdot 1,50 \cdot 142,14 = 639,63$$

$$3V = 3 \cdot 1200 = 3600$$

$$639,63 \leq 3600$$

El apoyo cumple con las hipótesis normales.

- **Hipótesis anormales** (CS=1,20)

$$V_1 + K \cdot H_1 = 3 \cdot 1,20 \cdot \left[ 142,14 + 5 \cdot (0 + 1285) \right] = 23641,70$$

$$V + K \cdot H = 36200$$

$$23641,70 \leq 36200$$

$$H = 7000$$

$$H_1 = 3 \cdot 1,20 \cdot 1285 = 4626$$

$$7000 \geq 4626$$

$$V_1 = 3 \cdot 1,20 \cdot 142,14 = 511,70$$

$$3V = 3 \cdot 1200 = 3600$$

$$511,70 \leq 3600$$

El apoyo cumple con las hipótesis normales.

Por tanto, el apoyo Andel serie **C-7000-18** cumple con los requisitos.

Esta comprobación se podrá realizar de igual manera para el resto de los apoyos de la LAMT.

### 3.2.5. Flechas

#### - Flecha máxima

Es necesario determinarla para comprobar que la separación de los conductores entre sí es mayor que la indicada en el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07, así como para determinar la altura de los apoyos que garantice que la distancia de los conductores al terreno es mayor que la que especifica el apartado 5.5. de dicha ITC. Se ha de determinar para 3 hipótesis diferentes:

- a) Hipótesis de viento: los conductores se verán sometidos a la acción de su peso propio con una sobrecarga de viento de 120 km/h a una temperatura de 15°C.
- b) Hipótesis de temperatura. Se tendrá en cuenta el peso propio del conductor a su temperatura máxima previsible, en este caso, de 70°C.
- c) Hipótesis de hielo: Se considerará el peso propio del conductor con sobrecarga de hielo a 0°C. Sólo en zonas B y C.

Tras calcular la flecha máxima bajo las hipótesis anteriores, se tomará el mayor valor de todos.

#### - Flecha mínima

Es necesario determinarla para comprobar que no exista tiro vertical ascendente en los apoyos, y que se salvaguardan las distancias de seguridad en los cruzamientos de las líneas.

Las condiciones que se contemplan en esta hipótesis dependen de la zona.

En este caso, para zona A: temperatura de -5°C sin sobrecarga de viento.

Se calculará, a modo de ejemplo, las flechas máxima y mínima del **cantón 1-3**, para ello se empleará la ecuación de Truxá:

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



Donde:

- $p$ : Peso del conductor por unidad de longitud para la hipótesis considerada (daN/m).
- $a$ : Longitud proyectada del vano (m).
- $b$ : Longitud real del vano (m).
- $T$ : Tensión máxima (daN).

### **Vano 1-2**

$$a = 224 \text{ m}$$

$$d = 32,52 \text{ m}$$

$$b = \sqrt{a^2 + d^2} = \sqrt{224^2 + 32,52^2} = 226,35 \text{ m}$$

#### **- Flecha máxima**

- Hipótesis de viento a 120 km/h y una temperatura de 15°C.

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,84^2} = 0,941 \text{ daN/m}$$

$$f = \frac{0,941 \cdot 224 \cdot 226,35}{8 \cdot 1194} \cdot \left( 1 + \frac{224^2 \cdot 0,941^2}{48 \cdot 1194^2} \right) = 5 \text{ m}$$

- Hipótesis de temperatura a 70°C sin sobrecarga de viento.

$$f = \frac{0,424 \cdot 224 \cdot 226,35}{8 \cdot 506} \cdot \left( 1 + \frac{224^2 \cdot 0,424^2}{48 \cdot 506^2} \right) = 5,31 \text{ m}$$

- Hipótesis de hielo.

No procede porque el vano está situado en zona A.

Por tanto, la flecha máxima para el vano 1-2 es de 5,31 m.

- **Flecha mínima**

Se calculará para una temperatura de -5°C sin sobrecarga de viento.

$$f = \frac{0,424 \cdot 224 \cdot 226,35}{8 \cdot 728} \cdot \left( 1 + \frac{224^2 \cdot 0,424^2}{48 \cdot 728^2} \right) = 3,69 \text{ m}$$

**Vano 2-3**

$$a = 299,08 \text{ m}$$

$$d = 11,54 \text{ m}$$

$$b = \sqrt{a^2 + d^2} = \sqrt{299,08^2 + 11,54^2} = 299,30 \text{ m}$$

- **Flecha máxima**

- Hipótesis de viento a 120 km/h y una temperatura de 15°C.

$$p = 0,424 \text{ daN/m}$$

$$q = 60 \cdot \left( \frac{120}{120} \right)^2 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,84 \text{ daN/m}$$

$$p_{ap} = \sqrt{p^2 + q^2} = \sqrt{0,424^2 + 0,84^2} = 0,941 \text{ daN/m}$$

$$f = \frac{0,941 \cdot 299,08 \cdot 299,30}{8 \cdot 1194} \cdot \left( 1 + \frac{299,08^2 \cdot 0,941^2}{48 \cdot 1194^2} \right) = 8,83 \text{ m}$$

- Hipótesis de temperatura a 70°C sin sobrecarga de viento.

$$f = \frac{0,424 \cdot 299,08 \cdot 299,30}{8 \cdot 506} \cdot \left( 1 + \frac{299,08^2 \cdot 0,424^2}{48 \cdot 506^2} \right) = 9,39 \text{ m}$$

- Hipótesis de hielo.

No procede porque el vano está situado en zona A.

Por tanto, la fecha máxima para el vano 2-3 es de 9,39 m.

- **Flecha mínima**

Se calculará para una temperatura de -5°C sin sobrecarga de viento.

$$f = \frac{0,424 \cdot 299,08 \cdot 299,30}{8 \cdot 728} \cdot \left( 1 + \frac{299,08^2 \cdot 0,424^2}{48 \cdot 728^2} \right) = 6,52 \text{ m}$$

### 3.2.6. Área de servidumbre de vuelo

Según el apartado 5.12 de la ITC-LAT 07, se define la zona de servidumbre de vuelo como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento de 120 km/h a la temperatura de 15°C, sin contemplar distancia alguna adicional.

A continuación, se calculará la superficie correspondiente a la servidumbre de vuelo del **vano 19-20** (con ambos apoyos en alineación-amarre y cruceta TB-18).

La superficie total de la servidumbre de vuelo será:

$$S_T = S_1 + 2 \cdot S_2 + S_3$$

Donde:

- $S_1$ : Rectángulo entre crucetas externas ( $m^2$ ).
- $S_2$ : Proyección de la catenaria ( $m^2$ ).
- $S_3$ : Proyección al terreno de los aisladores desviadas por la acción del viento ( $m^2$ ).

$$S_1 = (a + c) \cdot l_{vano} = (1,25 + 1,50) \cdot 165,29 = 454,55 \text{ m}^2$$

Donde  $a$  y  $c$  son las longitudes de la cruceta.

$$\begin{aligned} S_2 &= A \cdot h \cdot \cosh \left( \frac{A}{2 \cdot h} \right) - 2 \cdot h^2 \cdot \sinh \left( \frac{A}{2 \cdot h} \right) = \\ &= 165,29 \cdot 1113,71 \cdot \cosh \left( \frac{165,29}{2 \cdot 1113,71} \right) - 2 \cdot 1113,71^2 \cdot \sinh \left( \frac{165,29}{2 \cdot 1113,71} \right) = \end{aligned}$$

$$= 338,09 \text{ m}^2$$

Donde  $A$  es la longitud proyectada del vano y  $h$  es el parámetro de la catenaria proyectada sobre el terreno.

$$h = \frac{T_{15^\circ C+v}}{p_{ap}} = \frac{1048 \text{ [daN]}}{0,941 \text{ [daN/m]}} = 1113,71 \text{ m}$$

En este caso,  $S_3 = 0$ , ya que se trata de un vano con ambos extremos en amarre.

Finalmente, la superficie total de la servidumbre de vuelo ha sido de:

$$S_T = S_1 + 2 \cdot S_2 + S_3 = 454,55 + 2 \cdot 338,09 = 1130,72 \text{ m}^2$$

### 3.2.7. Cimentaciones

Sobre un determinado apoyo actúan dos momentos flectores que su cimentación debe soportar adecuadamente, uno de ellos es debido a la acción del tiro de los conductores y el otro es debido a la acción del viento sobre su superficie. Al ser todas las cimentaciones de los apoyos de tipo monobloque, se empleará la ecuación de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

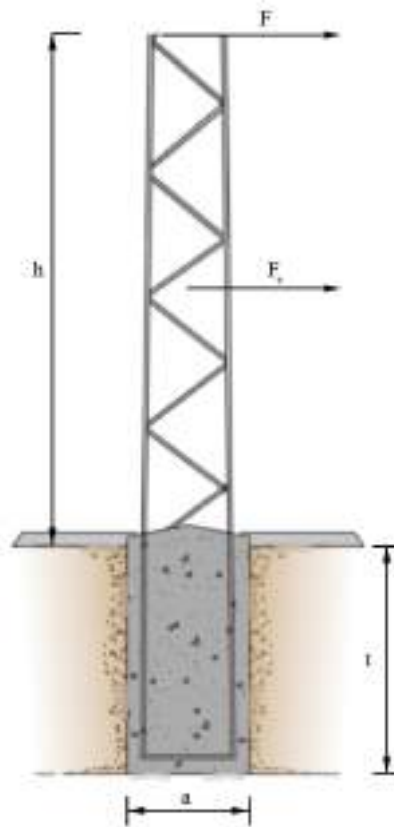
$$M_v = F \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) + F_v \cdot \left( \frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} \cdot t \right)$$

Y el momento resistente al vuelco:

$$M_r = M_1 + M_2$$

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4$$

$$M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0,40 \cdot p \cdot a$$



Donde:

- $M_v$ : Momento de vuelco ( $daN \cdot m$ ).
- $F$ : Esfuerzo nominal del apoyo ( $daN$ ).
- $h$ : Altura libre del apoyo al suelo ( $m$ ).
- $t$ : Profundidad de la cimentación ( $m$ ).
- $F_v$ : Esfuerzo de viento sobre la estructura ( $daN$ ).
- $h_t$ : Altura total del apoyo ( $m$ ).
- $M_r$ : Momento resistencia al vuelco ( $daN \cdot m$ ).
- $M_1$ : Momento debido al empotramiento lateral del terreno ( $daN \cdot m$ ).
- $M_2$ : Momento debido a las cargas verticales ( $daN \cdot m$ ).

- $K$ : Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad ( $daN/cm^3$ ). Se ha considerado un valor de  $K = 12 \text{ daN/cm}^3$  para el terreno de la LAMT.
- $a$ : anchura de la cimentación cuadrada ( $m$ ).
- $p$ : peso del apoyo ( $daN$ ).

En este tipo de cimentaciones, cuya estabilidad está fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de esta cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno.

El coeficiente de seguridad será, como mínimo, de 1,50 para las hipótesis normales (hipótesis 1ª y 2ª):

$$M_r \geq CS_{norm}^{hip} \cdot M_v$$

Y de 1,20 para las hipótesis anormales (hipótesis 3ª y 4ª):

$$M_r \geq CS_{anorm}^{hip} \cdot M_v$$

A modo de ejemplo, se calculará la cimentación monobloque del **apoyo nº 12** y se comprobará si cumple adecuadamente.

$$M_1 = 139 \cdot K \cdot a \cdot t^4 = 139 \cdot 12 \cdot 1,50 \cdot 2,95^4 = 189485,23 \text{ daN} \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_2 &= 880 \cdot a^3 \cdot t + 0,40 \cdot p \cdot a = 880 \cdot 1,50^3 \cdot 2,95 + 0,40 \cdot 2170,70 \cdot 1,50 = \\ &= 10063,92 \text{ daN} \cdot m \end{aligned}$$

En este caso, para el apoyo nº 12 se ha seleccionado un C-4500-26 de la serie C de Andel, siendo su peso de  $p = 2215 \text{ kg} \cdot 0,98 \text{ daN/kg} = 2170,70 \text{ daN}$ , obteniéndose este dato tras consultar el catálogo del fabricante:



# Apoyos metálicos de celosía para líneas Eléctricas Aéreas

## Apoyo C-4500

### 2.7.1 DIMENSIONES

| ALTURA H<br>(m) | BASE<br>(mm) | PESO<br>(Kg) | ALTURA AL SUELO $H_L$ (m)            |       |       |
|-----------------|--------------|--------------|--------------------------------------|-------|-------|
|                 |              |              | TIPO TERRENO K (Kg/cm <sup>3</sup> ) |       |       |
|                 |              |              | 8                                    | 12    | 16    |
| 10              | 736          | 672          | 7.50                                 | 7.75  | 7.90  |
| 12              | 814          | 855          | 9.40                                 | 9.70  | 9.85  |
| 14              | 891          | 998          | 11.35                                | 11.65 | 11.80 |
| 16              | 968          | 1216         | 13.30                                | 13.60 | 13.75 |
| 18              | 1045         | 1387         | 15.25                                | 15.55 | 15.70 |
| 20              | 1122         | 1619         | 17.25                                | 17.55 | 17.65 |
| 22              | 1200         | 1787         | 19.20                                | 19.50 | 19.60 |
| 24              | 1278         | 1990         | 21.15                                | 21.45 | 21.55 |
| 26              | 1356         | 2215         | 23.05                                | 23.40 | 23.55 |
| 28              | 1434         | 2384         | 25.05                                | 25.35 | 25.55 |
| 30              | 1512         | 2605         | 27.05                                | 27.35 | 27.50 |

$$M_r = M_1 + M_2 = 189485,23 + 10063,92 = 199549,15 \text{ daN} \cdot m$$

- Hipótesis normales

$$\begin{aligned}
 M_v &= F \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) + F_v \cdot \left( \frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} \cdot t \right) = \\
 &= 3 \cdot 1605 \cdot \left( 23,05 + \frac{2}{3} \cdot 2,95 \right) + 909 \cdot 13,97 = 133153,98 \text{ daN} \cdot m
 \end{aligned}$$

$$M_r = CS_{norm}^{hip} \cdot M_v; \quad CS_{norm}^{hip} = \frac{M_r}{M_v} = \frac{199549,15}{133153,98} = 1,50 \geq 1,50$$

La cimentación cumple con las hipótesis normales.

- **Hipótesis anormales**

$$\begin{aligned} M_v &= F \cdot \left( h + \frac{2}{3} \cdot t \right) + F_v \cdot \left( \frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} \cdot t \right) = \\ &= 3 \cdot (959 + 731) \cdot \left( 23,05 + \frac{2}{3} \cdot 2,95 \right) + 909 \cdot 13,97 = 139533,23 \text{ daN} \cdot m \end{aligned}$$

$$M_r = CS_{anorm}^{hip} \cdot M_v; \quad CS_{anorm}^{hip} = \frac{M_r}{M_v} = \frac{199549,15}{139533,23} = 1,43 \geq 1,20$$

La cimentación cumple con las hipótesis anormales.

Por tanto, la cimentación es válida.

### 3.2.8. Resumen de cálculos generados por Andelec

## Cuadro nº 1 Cálculo de conductores de fase - tensiones reglamentarias

Tensiones en daN - Flechas en m

| Zona A          | Zona B                    | Zona C                    |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|
| -5°C+V(120km/h) | -10°C+V(120km/h), -15°C+H | -15°C+V(120km/h), -20°C+H |

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnive (m) | Vano Reg. (m) | Const. Caten. | E.D.S. |             |       | T.H.F. % | Tensiones y Flechas |                |                       |                        |                  |       |         |       |         |       |
|--------|-----------|------|----------|-------------|---------------|---------------|--------|-------------|-------|----------|---------------------|----------------|-----------------------|------------------------|------------------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |           |      |          |             |               |               | Cálc.  | Valor máxi. | Temp. |          | T.máxima viento     | T.máxima hielo | T.máxima hielo+viento | T.Viento 1/2 (120km/h) | 15°C+V (120km/h) |       | 0°C+H   |       | 70°C    |       |
|        |           |      |          |             |               |               | %      | %           | °C    |          | T (daN)             | T (daN)        | T (daN)               | T (daN)                | T (daN)          | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 1- 2   | LA-110    | A    | 224      | 32,52       | 269           | 1195          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,86    | 1285                | ————           | ————                  | 931                    | 1194             | 5,00  | ——      | ——    | 506     | 5,31  |
| 2- 3   |           |      | 299      | 11,54       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 8,82  |         | ——    |         | 9,37  |
| 3- 4   | LA-110    | A    | 422      | -1,70       | 422           | 1350          | 15,00  | 15,00       | 15    | 15,81    | 1355                | ————           | ————                  | 921                    | 1302             | 16,11 | ——      | ——    | 572     | 16,52 |
| 4- 5   |           |      | 193      | 24,79       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 4,02  |         | ——    |         | 4,47  |
| 5- 6   | LA-110    | A    | 159      | 10,67       | 195           | 1051          | 15,00  | 15,00       | 15    | 18,09    | 1223                | ————           | ————                  | 941                    | 1100             | 2,71  | ——      | ——    | 445     | 3,02  |
| 6- 7   |           |      | 220      | 8,99        |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 5,18  |         | ——    |         | 5,77  |
| 7- 8   |           |      | 109      | 9,32        |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 1,37  |         | ——    |         | 1,60  |
| 8- 9   | LA-110    | A    | 169      | 15,71       | 154           | 935           | 15,00  | 15,00       | 15    | 19,16    | 1176                | ————           | ————                  | 949                    | 1027             | 3,29  | ——      | ——    | 396     | 3,84  |
| 9- 10  |           |      | 163      | 15,11       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 3,06  |         | ——    |         | 3,57  |
| 10- 11 | LA-110    | A    | 464      | 54,25       | 464           | 1375          | 15,00  | 15,00       | 15    | 15,68    | 1367                | ————           | ————                  | 920                    | 1320             | 19,35 | ——      | ——    | 582     | 19,75 |
| 11- 12 | LA-110    | A    | 119      | 2,53        | 119           | 803           | 14,82  | 15,00       | 15    | 20,00    | 1120                | ————           | ————                  | 949                    | 945              | 1,76  | ——      | ——    | 340     | 2,21  |
| 12- 13 | LA-110    | A    | 99       | 17,17       | 99            | 703           | 14,32  | 15,00       | 15    | 20,00    | 1068                | ————           | ————                  | 929                    | 878              | 1,33  | ——      | ——    | 298     | 1,77  |
| 13- 14 |           |      | 679      | 46,17       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 40,69 |         | ——    |         | 41,27 |
| 14- 15 | LA-110    | A    | 386      | 17,18       | 553           | 1406          | 14,90  | 15,00       | 15    | 15,38    | 1377                | ————           | ————                  | 912                    | 1342             | 13,09 | ——      | ——    | 595     | 13,28 |
| 15- 16 |           |      | 457      | -55,01      |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 18,47 |         | ——    |         | 18,74 |
| 16- 17 |           |      | 275      | 19,03       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 7,10  |         | ——    |         | 7,37  |
| 17- 18 | LA-110    | A    | 241      | 11,94       | 344           | 1288          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,20    | 1327                | ————           | ————                  | 925                    | 1257             | 5,44  | ——      | ——    | 545     | 5,65  |
| 18- 19 |           |      | 425      | 29,47       |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 16,97 |         | ——    |         | 17,62 |
| 19- 20 | LA-110    | A    | 165      | 3,85        | 165           | 969           | 15,00  | 15,00       | 15    | 18,85    | 1189                | ————           | ————                  | 947                    | 1048             | 3,06  | ——      | ——    | 410     | 3,52  |
| 20- 21 | LA-110    | A    | 424      | 6,66        | 387           | 1326          | 15,00  | 15,00       | 15    | 15,96    | 1344                | ————           | ————                  | 923                    | 1284             | 16,50 | ——      | ——    | 561     | 16,99 |
| 21- 22 |           |      | 335      | -31,58      |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 10,33 |         | ——    |         | 10,64 |
| 22- 23 |           |      | 249      | 2,71        |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 6,34  |         | ——    |         | 6,86  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 212      | 2,31        | 232           | 1131          | 15,00  | 15,00       | 15    | 17,38    | 1257                | ————           | ————                  | 935                    | 1152             | 4,59  | ——      | ——    | 479     | 4,97  |
| 24- 25 |           |      | 232      | -10,54      |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 5,51  |         | ——    |         | 5,96  |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 206      | -17,48      | 206           | 1076          | 15,00  | 15,00       | 15    | 17,87    | 1234                | ————           | ————                  | 939                    | 1116             | 4,49  | ——      | ——    | 455     | 4,95  |
| 26- 27 | LA-110    | A    | 107      | -17,77      | 107           | 744           | 14,53  | 15,00       | 15    | 20,00    | 1089                | ————           | ————                  | 937                    | 905              | 1,51  | ——      | ——    | 315     | 1,95  |
| 27- 28 |           |      | 310      | -54,42      |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 9,51  |         | ——    |         | 10,05 |
| 28- 29 | LA-110    | A    | 292      | -41,74      | 283           | 1215          | 15,00  | 15,00       | 15    | 16,70    | 1294                | ————           | ————                  | 930                    | 1208             | 8,39  | ——      | ——    | 515     | 8,87  |
| 29- 30 |           |      | 230      | -29,87      |               |               |        |             |       |          |                     |                |                       |                        |                  | 5,20  |         | ——    |         | 5,49  |

## Cuadro nº 2

### Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 1

Sección del conductor 116,20mm<sup>2</sup>

Tensiones en daN - Flechas en m

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Regulación (m) | Tensiones y Flechas |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|--------|-----------|------|----------|--------------|---------------------|---------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |           |      |          |              |                     | -5°C                |       | 0°C     |       | 5°C     |       | 10°C    |       | 15°C    |       | 20°C    |       |
|        |           |      |          |              |                     | T (daN)             | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 1- 2   | LA-110    | A    | 224,00   | 32,52        | 269,46              | 728                 | 3,69  | 706     | 3,80  | 685     | 3,92  | 666     | 4,03  | 648     | 4,15  | 631     | 4,26  |
| 2- 3   |           |      | 299,08   | 11,54        |                     |                     | 6,51  |         | 6,71  |         | 6,92  |         | 7,12  |         | 7,32  |         | 7,52  |
| 3- 4   | LA-110    | A    | 422,06   | -1,70        | 422,00              | 683                 | 13,82 | 673     | 14,02 | 664     | 14,20 | 656     | 14,39 | 648     | 14,58 | 640     | 14,76 |
| 4- 5   |           |      | 193,04   | 24,79        |                     |                     | 2,55  |         | 2,67  |         | 2,81  |         | 2,94  |         | 3,07  |         | 3,20  |
| 5- 6   | LA-110    | A    | 159,24   | 10,67        | 195,48              | 781                 | 1,72  | 743     | 1,80  | 709     | 1,89  | 677     | 1,98  | 648     | 2,07  | 621     | 2,16  |
| 6- 7   |           |      | 219,78   | 8,99         |                     |                     | 3,28  |         | 3,45  |         | 3,62  |         | 3,79  |         | 3,96  |         | 4,13  |
| 7- 8   |           |      | 108,81   | 9,32         |                     |                     | 0,76  |         | 0,81  |         | 0,86  |         | 0,92  |         | 0,97  |         | 1,03  |
| 8- 9   | LA-110    | A    | 169,15   | 15,71        | 153,95              | 827                 | 1,84  | 777     | 1,96  | 730     | 2,08  | 687     | 2,21  | 648     | 2,34  | 612     | 2,48  |
| 9- 10  |           |      | 162,96   | 15,11        |                     |                     | 1,71  |         | 1,82  |         | 1,94  |         | 2,06  |         | 2,18  |         | 2,31  |
| 10- 11 | LA-110    | A    | 463,91   | 54,25        | 464,00              | 677                 | 16,98 | 669     | 17,17 | 662     | 17,37 | 655     | 17,56 | 648     | 17,75 | 641     | 17,94 |
| 11- 12 | LA-110    | A    | 119,47   | 2,53         | 119,00              | 863                 | 0,87  | 802     | 0,94  | 744     | 1,01  | 690     | 1,09  | 640     | 1,17  | 595     | 1,26  |
| 12- 13 | LA-110    | A    | 99,33    | 17,17        | 99,00               | 863                 | 0,61  | 796     | 0,66  | 733     | 0,72  | 673     | 0,78  | 618     | 0,85  | 568     | 0,93  |
| 13- 14 |           |      | 679,19   | 46,17        |                     |                     | 36,98 |         | 37,28 |         | 37,58 |         | 37,87 |         | 38,16 |         | 38,45 |
| 14- 15 | LA-110    | A    | 385,85   | 17,18        | 553,34              | 664                 | 11,90 | 659     | 12,00 | 653     | 12,09 | 648     | 12,19 | 643     | 12,28 | 639     | 12,38 |
| 15- 16 |           |      | 457,24   | -55,01       |                     |                     | 16,80 |         | 16,93 |         | 17,07 |         | 17,20 |         | 17,33 |         | 17,46 |
| 16- 17 |           |      | 274,59   | 19,03        |                     |                     | 5,74  |         | 5,86  |         | 5,97  |         | 6,09  |         | 6,20  |         | 6,31  |
| 17- 18 | LA-110    | A    | 241,31   | 11,94        | 344,32              | 699                 | 4,40  | 685     | 4,49  | 672     | 4,58  | 660     | 4,67  | 648     | 4,75  | 636     | 4,84  |
| 18- 19 |           |      | 424,60   | 29,47        |                     |                     | 13,72 |         | 14,00 |         | 14,28 |         | 14,55 |         | 14,82 |         | 15,09 |
| 19- 20 | LA-110    | A    | 165,29   | 3,85         | 165,00              | 814                 | 1,77  | 767     | 1,88  | 723     | 1,99  | 684     | 2,11  | 648     | 2,23  | 615     | 2,35  |
| 20- 21 | LA-110    | A    | 424,18   | 6,66         | 387,25              | 689                 | 13,83 | 678     | 14,06 | 667     | 14,28 | 657     | 14,50 | 648     | 14,72 | 638     | 14,93 |
| 21- 22 |           |      | 335,45   | -31,58       |                     |                     | 8,67  |         | 8,81  |         | 8,95  |         | 9,08  |         | 9,22  |         | 9,36  |
| 22- 23 |           |      | 249,37   | 2,71         |                     |                     | 4,38  |         | 4,55  |         | 4,72  |         | 4,90  |         | 5,07  |         | 5,24  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 211,94   | 2,31         | 232,48              | 750                 | 3,17  | 722     | 3,30  | 695     | 3,42  | 670     | 3,55  | 648     | 3,67  | 626     | 3,80  |
| 24- 25 |           |      | 232,26   | -10,54       |                     |                     | 3,80  |         | 3,95  |         | 4,10  |         | 4,26  |         | 4,41  |         | 4,55  |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 205,58   | -17,48       | 206,00              | 771                 | 2,92  | 736     | 3,06  | 704     | 3,20  | 675     | 3,34  | 648     | 3,48  | 622     | 3,62  |
| 26- 27 | LA-110    | A    | 106,91   | -17,77       | 107,00              | 863                 | 0,71  | 798     | 0,77  | 737     | 0,83  | 680     | 0,90  | 627     | 0,98  | 579     | 1,06  |
| 27- 28 |           |      | 309,69   | -54,42       |                     |                     | 7,17  |         | 7,37  |         | 7,58  |         | 7,78  |         | 7,98  |         | 8,18  |
| 28- 29 | LA-110    | A    | 291,89   | -41,74       | 283,47              | 721                 | 6,33  | 701     | 6,51  | 682     | 6,69  | 664     | 6,87  | 648     | 7,04  | 632     | 7,22  |
| 29- 30 |           |      | 229,53   | -29,87       |                     |                     | 3,92  |         | 4,03  |         | 4,14  |         | 4,25  |         | 4,36  |         | 4,47  |

## Cuadro nº 2

### Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 2

Sección del conductor 116,20mm<sup>2</sup>

Tensiones en daN - Flechas en m

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Regulación (m) | Tensiones y Flechas |       |         |       |         |       |         |       |         |       |         |       |
|--------|-----------|------|----------|--------------|---------------------|---------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |           |      |          |              |                     | 25°C                |       | 30°C    |       | 35°C    |       | 40°C    |       | 45°C    |       | 50°C    |       |
|        |           |      |          |              |                     | T (daN)             | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 1- 2   | LA-110    | A    | 224,00   | 32,52        | 269,46              | 615                 | 4,37  | 600     | 4,48  | 585     | 4,59  | 572     | 4,69  | 559     | 4,80  | 548     | 4,90  |
| 2- 3   |           |      | 299,08   | 11,54        |                     |                     | 7,71  |         | 7,90  |         | 8,10  |         | 8,28  |         | 8,47  |         | 8,66  |
| 3- 4   | LA-110    | A    | 422,06   | -1,70        | 422,00              | 632                 | 14,94 | 624     | 15,12 | 617     | 15,30 | 610     | 15,48 | 603     | 15,66 | 596     | 15,83 |
| 4- 5   |           |      | 193,04   | 24,79        |                     |                     | 3,34  |         | 3,47  |         | 3,60  |         | 3,73  |         | 3,86  |         | 3,98  |
| 5- 6   | LA-110    | A    | 159,24   | 10,67        | 195,48              | 596                 | 2,25  | 573     | 2,34  | 553     | 2,43  | 533     | 2,51  | 516     | 2,60  | 499     | 2,69  |
| 6- 7   |           |      | 219,78   | 8,99         |                     |                     | 4,30  |         | 4,47  |         | 4,64  |         | 4,81  |         | 4,97  |         | 5,14  |
| 7- 8   |           |      | 108,81   | 9,32         |                     |                     | 1,09  |         | 1,15  |         | 1,20  |         | 1,26  |         | 1,32  |         | 1,38  |
| 8- 9   | LA-110    | A    | 169,15   | 15,71        | 153,95              | 580                 | 2,62  | 550     | 2,76  | 524     | 2,90  | 500     | 3,04  | 478     | 3,18  | 458     | 3,31  |
| 9- 10  |           |      | 162,96   | 15,11        |                     |                     | 2,44  |         | 2,57  |         | 2,70  |         | 2,83  |         | 2,95  |         | 3,08  |
| 10- 11 | LA-110    | A    | 463,91   | 54,25        | 464,00              | 634                 | 18,12 | 628     | 18,31 | 622     | 18,49 | 615     | 18,68 | 610     | 18,86 | 604     | 19,04 |
| 11- 12 | LA-110    | A    | 119,47   | 2,53         | 119,00              | 554                 | 1,35  | 518     | 1,45  | 486     | 1,54  | 457     | 1,64  | 431     | 1,74  | 409     | 1,83  |
| 12- 13 | LA-110    | A    | 99,33    | 17,17        | 99,00               | 523                 | 1,01  | 483     | 1,09  | 448     | 1,18  | 417     | 1,26  | 390     | 1,35  | 367     | 1,44  |
| 13- 14 |           |      | 679,19   | 46,17        |                     |                     | 38,74 |         | 39,03 |         | 39,32 |         | 39,60 |         | 39,88 |         | 40,16 |
| 14- 15 | LA-110    | A    | 385,85   | 17,18        | 553,34              | 634                 | 12,47 | 629     | 12,56 | 625     | 12,65 | 620     | 12,74 | 616     | 12,83 | 612     | 12,92 |
| 15- 16 |           |      | 457,24   | -55,01       |                     |                     | 17,60 |         | 17,73 |         | 17,85 |         | 17,98 |         | 18,11 |         | 18,24 |
| 16- 17 |           |      | 274,59   | 19,03        |                     |                     | 6,42  |         | 6,53  |         | 6,64  |         | 6,75  |         | 6,85  |         | 6,96  |
| 17- 18 | LA-110    | A    | 241,31   | 11,94        | 344,32              | 625                 | 4,93  | 615     | 5,01  | 605     | 5,09  | 595     | 5,17  | 586     | 5,26  | 577     | 5,34  |
| 18- 19 |           |      | 424,60   | 29,47        |                     |                     | 15,35 |         | 15,61 |         | 15,87 |         | 16,13 |         | 16,39 |         | 16,64 |
| 19- 20 | LA-110    | A    | 165,29   | 3,85         | 165,00              | 584                 | 2,47  | 557     | 2,59  | 532     | 2,71  | 510     | 2,83  | 489     | 2,95  | 471     | 3,06  |
| 20- 21 | LA-110    | A    | 424,18   | 6,66         | 387,25              | 629                 | 15,15 | 621     | 15,36 | 612     | 15,57 | 604     | 15,78 | 596     | 15,99 | 589     | 16,19 |
| 21- 22 |           |      | 335,45   | -31,58       |                     |                     | 9,49  |         | 9,62  |         | 9,76  |         | 9,89  |         | 10,02 |         | 10,14 |
| 22- 23 |           |      | 249,37   | 2,71         |                     |                     | 5,41  |         | 5,58  |         | 5,75  |         | 5,91  |         | 6,08  |         | 6,24  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 211,94   | 2,31         | 232,48              | 607                 | 3,92  | 588     | 4,04  | 571     | 4,17  | 555     | 4,28  | 541     | 4,40  | 527     | 4,52  |
| 24- 25 |           |      | 232,26   | -10,54       |                     |                     | 4,70  |         | 4,85  |         | 4,99  |         | 5,14  |         | 5,28  |         | 5,42  |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 205,58   | -17,48       | 206,00              | 599                 | 3,76  | 578     | 3,90  | 558     | 4,04  | 540     | 4,17  | 524     | 4,31  | 508     | 4,44  |
| 26- 27 | LA-110    | A    | 106,91   | -17,77       | 107,00              | 536                 | 1,15  | 498     | 1,23  | 464     | 1,33  | 434     | 1,42  | 407     | 1,51  | 384     | 1,60  |
| 27- 28 |           |      | 309,69   | -54,42       |                     |                     | 8,38  |         | 8,57  |         | 8,76  |         | 8,95  |         | 9,14  |         | 9,33  |
| 28- 29 | LA-110    | A    | 291,89   | -41,74       | 283,47              | 617                 | 7,39  | 603     | 7,57  | 590     | 7,73  | 577     | 7,90  | 565     | 8,07  | 554     | 8,23  |
| 29- 30 |           |      | 229,53   | -29,87       |                     |                     | 4,58  |         | 4,68  |         | 4,79  |         | 4,89  |         | 5,00  |         | 5,10  |



## Cuadro nº 2

### Cálculo de conductores de fase - tabla de tendido nº 3

Sección del conductor 116,20mm<sup>2</sup>

Tensiones en daN - Flechas en m

| Tramo  | Conductor | Zona | Vano (m) | Desnivel (m) | Vano Regulación (m) | Tensiones y Flechas |       |         |       |         |       |         |       |
|--------|-----------|------|----------|--------------|---------------------|---------------------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
|        |           |      |          |              |                     | 55°C                |       | 60°C    |       | 65°C    |       | 70°C    |       |
|        |           |      |          |              |                     | T (daN)             | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) | T (daN) | F (m) |
| 1- 2   | LA-110    | A    | 224,00   | 32,52        | 269,46              | 536                 | 5,01  | 526     | 5,11  | 515     | 5,21  | 506     | 5,31  |
| 2- 3   |           |      | 299,08   | 11,54        |                     |                     | 8,84  |         | 9,02  |         | 9,20  |         | 9,37  |
| 3- 4   | LA-110    | A    | 422,06   | -1,70        | 422,00              | 590                 | 16,01 | 584     | 16,18 | 578     | 16,35 | 572     | 16,52 |
| 4- 5   |           |      | 193,04   | 24,79        |                     |                     | 4,11  |         | 4,23  |         | 4,35  |         | 4,47  |
| 5- 6   | LA-110    | A    | 159,24   | 10,67        | 195,48              | 484                 | 2,77  | 470     | 2,85  | 457     | 2,93  | 445     | 3,02  |
| 6- 7   |           |      | 219,78   | 8,99         |                     |                     | 5,30  |         | 5,46  |         | 5,61  |         | 5,77  |
| 7- 8   |           |      | 108,81   | 9,32         |                     |                     | 1,43  |         | 1,49  |         | 1,54  |         | 1,60  |
| 8- 9   | LA-110    | A    | 169,15   | 15,71        | 153,95              | 441                 | 3,45  | 424     | 3,58  | 409     | 3,71  | 396     | 3,84  |
| 9- 10  |           |      | 162,96   | 15,11        |                     |                     | 3,21  |         | 3,33  |         | 3,45  |         | 3,57  |
| 10- 11 | LA-110    | A    | 463,91   | 54,25        | 464,00              | 598                 | 19,22 | 593     | 19,40 | 587     | 19,57 | 582     | 19,75 |
| 11- 12 | LA-110    | A    | 119,47   | 2,53         | 119,00              | 389                 | 1,93  | 371     | 2,02  | 355     | 2,12  | 340     | 2,21  |
| 12- 13 | LA-110    | A    | 99,33    | 17,17        | 99,00               | 346                 | 1,52  | 328     | 1,61  | 312     | 1,69  | 298     | 1,77  |
| 13- 14 |           |      | 679,19   | 46,17        |                     |                     | 40,44 |         | 40,72 |         | 41,00 |         | 41,27 |
| 14- 15 | LA-110    | A    | 385,85   | 17,18        | 553,34              | 608                 | 13,01 | 603     | 13,10 | 599     | 13,19 | 595     | 13,28 |
| 15- 16 |           |      | 457,24   | -55,01       |                     |                     | 18,36 |         | 18,49 |         | 18,61 |         | 18,74 |
| 16- 17 |           |      | 274,59   | 19,03        |                     |                     | 7,06  |         | 7,16  |         | 7,27  |         | 7,37  |
| 17- 18 | LA-110    | A    | 241,31   | 11,94        | 344,32              | 569                 | 5,42  | 560     | 5,49  | 553     | 5,57  | 545     | 5,65  |
| 18- 19 |           |      | 424,60   | 29,47        |                     |                     | 16,89 |         | 17,13 |         | 17,38 |         | 17,62 |
| 19- 20 | LA-110    | A    | 165,29   | 3,85         | 165,00              | 454                 | 3,18  | 438     | 3,29  | 423     | 3,41  | 410     | 3,52  |
| 20- 21 | LA-110    | A    | 424,18   | 6,66         | 387,25              | 582                 | 16,39 | 575     | 16,59 | 568     | 16,79 | 561     | 16,99 |
| 21- 22 |           |      | 335,45   | -31,58       |                     |                     | 10,27 |         | 10,40 |         | 10,52 |         | 10,64 |
| 22- 23 |           |      | 249,37   | 2,71         |                     |                     | 6,39  |         | 6,55  |         | 6,71  |         | 6,86  |
| 23- 24 | LA-110    | A    | 211,94   | 2,31         | 232,48              | 514                 | 4,63  | 501     | 4,75  | 490     | 4,86  | 479     | 4,97  |
| 24- 25 |           |      | 232,26   | -10,54       |                     |                     | 5,56  |         | 5,69  |         | 5,83  |         | 5,96  |
| 25- 26 | LA-110    | A    | 205,58   | -17,48       | 206,00              | 493                 | 4,57  | 480     | 4,70  | 467     | 4,83  | 455     | 4,95  |
| 26- 27 | LA-110    | A    | 106,91   | -17,77       | 107,00              | 364                 | 1,69  | 346     | 1,78  | 329     | 1,86  | 315     | 1,95  |
| 27- 28 |           |      | 309,69   | -54,42       |                     |                     | 9,51  |         | 9,69  |         | 9,87  |         | 10,05 |
| 28- 29 | LA-110    | A    | 291,89   | -41,74       | 283,47              | 544                 | 8,39  | 533     | 8,55  | 524     | 8,71  | 515     | 8,87  |
| 29- 30 |           |      | 229,53   | -29,87       |                     |                     | 5,20  |         | 5,30  |         | 5,39  |         | 5,49  |



### Cuadro nº 3

#### Cálculo de apoyos nº1

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coef.<br>de<br>segurid. | Cond. | 1ª Hipótesis<br>Viento |              |              | 2ª Hipótesis  |              |              |               |              |              | 3ª Hipótesis<br>Desequilibrio de<br>tracciones |              |              | 4ª Hipótesis<br>Rotura de conductores |              |              |                 |     |      |                                |  |  |
|-------------|---------|----------------------------|-------------------------|-------|------------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|------------------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------------|--------------|--------------|-----------------|-----|------|--------------------------------|--|--|
|             |         |                            |                         |       |                        |              |              | Hielo         |              |              | Hielo+Viento  |              |              |                                                |              |              | Fases no afectadas                    |              |              | Fases afectadas |     |      | Esf.<br>tor.<br>aplica.<br>daN |  |  |
|             |         |                            |                         |       | Verti.<br>daN          | Tran.<br>daN | Long.<br>daN | Verti.<br>daN | Tran.<br>daN | Long.<br>daN | Verti.<br>daN | Tran.<br>daN | Long.<br>daN | Verti.<br>daN                                  | Tran.<br>daN | Long.<br>daN | Verti.<br>daN                         | Tran.<br>daN | Long.<br>daN |                 |     |      |                                |  |  |
| 1           | P.Línea | ———                        | R                       | Fase  | -16                    | 128          | 1285         | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | ——                                             | ——           | ——           | -16                                   | ——           | 1285         | -8              | ——  | ——   | 1285                           |  |  |
| 2           | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 192                    | 248          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 192                                            | ——           | 103          | 192                                   | ——           | ——           | 96              | ——  | 643  | 643                            |  |  |
| 3           | Áng-Anc | 144                        | R                       | Fase  | 219                    | 1181         | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 219                                            | 827          | 678          | 219                                   | 827          | ——           | 109             | 413 | 1288 | 1288                           |  |  |
| 4           | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 99                     | 326          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 99                                             | ——           | 203          | 99                                    | ——           | ——           | 49              | ——  | 1355 | 1355                           |  |  |
| 5           | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 128                    | 176          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 128                                            | ——           | 98           | 128                                   | ——           | ——           | 64              | ——  | 612  | 612                            |  |  |
| 6           | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 114                    | 188          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 114                                            | ——           | 98           | 114                                   | ——           | ——           | 57              | ——  | 612  | 612                            |  |  |
| 7           | Áng-Anc | 128                        | R                       | Fase  | 88                     | 1235         | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 88                                             | 1044         | 612          | 88                                    | 1044         | ——           | 44              | 522 | 1102 | 1102                           |  |  |
| 8           | Ali-Sus | ———                        | N                       | Fase  | 57                     | 121          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 57                                             | ——           | 94           | 57                                    | ——           | ——           | 29              | ——  | 588  | 588                            |  |  |
| 9           | Ali-Sus | ———                        | N                       | Fase  | 73                     | 144          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 73                                             | ——           | 94           | 73                                    | ——           | ——           | 36              | ——  | 588  | 588                            |  |  |
| 10          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 151                    | 331          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 151                                            | ——           | 205          | 151                                   | ——           | ——           | 76              | ——  | 1367 | 1367                           |  |  |
| 11          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 226                    | 313          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 226                                            | ——           | 205          | 226                                   | ——           | ——           | 113             | ——  | 1367 | 1367                           |  |  |
| 12          | Áng-Anc | 138                        | N                       | Fase  | -21                    | 884          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | -21                                            | 788          | 560          | -21                                   | 788          | ——           | -10             | 394 | 1045 | 1045                           |  |  |
| 13          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 247                    | 394          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 247                                            | ——           | 207          | 247                                   | ——           | ——           | 124             | ——  | 1377 | 1377                           |  |  |
| 14          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 259                    | 476          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 259                                            | ——           | 110          | 259                                   | ——           | ——           | 130             | ——  | 689  | 689                            |  |  |
| 15          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 300                    | 383          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 300                                            | ——           | 110          | 300                                   | ——           | ——           | 150             | ——  | 689  | 689                            |  |  |
| 16          | Áng-Anc | 156                        | R                       | Fase  | 81                     | 928          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 81                                             | 561          | 689          | 81                                    | 561          | ——           | 40              | 281 | 1347 | 1347                           |  |  |
| 17          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 140                    | 245          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 140                                            | ——           | 106          | 140                                   | ——           | ——           | 70              | ——  | 663  | 663                            |  |  |
| 18          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 148                    | 308          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 148                                            | ——           | 106          | 148                                   | ——           | ——           | 74              | ——  | 663  | 663                            |  |  |
| 19          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 195                    | 315          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 195                                            | ——           | 199          | 195                                   | ——           | ——           | 98              | ——  | 1327 | 1327                           |  |  |
| 20          | Ali-Ama | ———                        | N                       | Fase  | 134                    | 258          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 134                                            | ——           | 202          | 134                                   | ——           | ——           | 67              | ——  | 1344 | 1344                           |  |  |
| 21          | Ali-Sus | ———                        | N                       | Fase  | 230                    | 323          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 230                                            | ——           | 108          | 230                                   | ——           | ——           | 115             | ——  | 672  | 672                            |  |  |
| 22          | Áng-Anc | 146                        | R                       | Fase  | 102                    | 1058         | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 102                                            | 757          | 672          | 102                                   | 757          | ——           | 51              | 379 | 1286 | 1286                           |  |  |
| 23          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 117                    | 222          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 117                                            | ——           | 101          | 117                                   | ——           | ——           | 58              | ——  | 629  | 629                            |  |  |
| 24          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 145                    | 215          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 145                                            | ——           | 101          | 145                                   | ——           | ——           | 73              | ——  | 629  | 629                            |  |  |
| 25          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 156                    | 252          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 156                                            | ——           | 189          | 156                                   | ——           | ——           | 78              | ——  | 1257 | 1257                           |  |  |
| 26          | Áng-Anc | 123                        | N                       | Fase  | 106                    | 1250         | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 106                                            | 1124         | 617          | 106                                   | 1124         | ——           | 53              | 562 | 1082 | 1082                           |  |  |
| 27          | Ali-Ama | ———                        | R                       | Fase  | 151                    | 243          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 151                                            | ——           | 194          | 151                                   | ——           | ——           | 75              | ——  | 1294 | 1294                           |  |  |
| 28          | Ali-Sus | ———                        | R                       | Fase  | 128                    | 281          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 128                                            | ——           | 104          | 128                                   | ——           | ——           | 64              | ——  | 647  | 647                            |  |  |
| 29          | Ali-Sus | ———                        | N                       | Fase  | 105                    | 224          | ——           | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | 105                                            | ——           | 104          | 105                                   | ——           | ——           | 53              | ——  | 647  | 647                            |  |  |
| 30          | F.Línea | ———                        | N                       | Fase  | -24                    | 102          | 1294         | ——            | ——           | ——           | ——            | ——           | ——           | ——                                             | ——           | ——           | -24                                   | ——           | 1294         | -12             | ——  | ——   | 1294                           |  |  |

### Cuadro nº 3 Cálculo de apoyos nº2

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo | Coeficiente<br>de<br>seguridad | Altura conductor<br>en perfil<br>necesaria<br>m | Altura<br>conductor<br>real<br>m | Desviación<br>cadena | Flecha<br>máxima<br>m | Separación<br>Conductores<br>m | Contrapeso<br>daN | Coeficientes L, N, S |                           |                         |
|-------------|---------|-----------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|
|             |         |                 |                                |                                                 |                                  |                      |                       |                                |                   | Semi suma<br>vanos L | Diferencia<br>tangentes N | Coeficiente<br>ángulo S |
| 1           | P.Línea | —               | R                              | 11,50                                           | 12,42                            | —                    | 5,31                  | 1,57                           | —                 | 112,00               | 0,145                     | —                       |
| 2           | Ali-Sus | —               | R                              | 16,66                                           | 18,10                            | 28                   | 9,37                  | 2,11                           | —                 | 261,50               | 0,107                     | —                       |
| 3           | Áng-Anc | 144             | R                              | 13,20                                           | 14,93                            | —                    | 16,52                 | 2,63                           | —                 | 360,50               | 0,043                     | 0,618                   |
| 4           | Ali-Ama | —               | R                              | 13,00                                           | 13,58                            | —                    | 16,52                 | 2,63                           | —                 | 307,50               | -0,132                    | —                       |
| 5           | Ali-Sus | —               | R                              | 20,00                                           | 20,09                            | 33                   | 4,47                  | 1,58                           | —                 | 176,00               | 0,061                     | —                       |
| 6           | Ali-Sus | —               | R                              | 20,50                                           | 22,05                            | 36                   | 5,77                  | 1,74                           | —                 | 189,50               | 0,026                     | —                       |
| 7           | Áng-Anc | 128             | R                              | 21,00                                           | 22,03                            | —                    | 5,77                  | 1,63                           | —                 | 164,50               | -0,045                    | 0,877                   |
| 8           | Ali-Sus | —               | N                              | 20,49                                           | 20,60                            | 54                   | 3,84                  | 1,45                           | —                 | 139,00               | -0,007                    | —                       |
| 9           | Ali-Sus | —               | N                              | 20,49                                           | 20,60                            | 47                   | 3,84                  | 1,45                           | —                 | 166,00               | 0,000                     | —                       |
| 10          | Ali-Ama | —               | R                              | 22,36                                           | 23,42                            | —                    | 19,75                 | 2,85                           | —                 | 313,50               | -0,024                    | —                       |
| 11          | Ali-Ama | —               | R                              | 20,00                                           | 21,44                            | —                    | 19,75                 | 2,85                           | —                 | 291,50               | 0,096                     | —                       |
| 12          | Áng-Anc | 138             | N                              | 20,00                                           | 21,25                            | —                    | 2,21                  | 1,08                           | —                 | 109,00               | -0,152                    | 0,717                   |
| 13          | Ali-Ama | —               | R                              | 15,46                                           | 17,07                            | —                    | 41,27                 | 4,04                           | —                 | 389,00               | 0,105                     | —                       |
| 14          | Ali-Sus | —               | R                              | 18,09                                           | 18,55                            | 43                   | 41,27                 | 4,09                           | —                 | 532,50               | 0,023                     | —                       |
| 15          | Ali-Sus | —               | R                              | 13,87                                           | 14,63                            | 29                   | 18,74                 | 2,85                           | —                 | 421,50               | 0,165                     | —                       |
| 16          | Áng-Anc | 156             | R                              | 15,22                                           | 16,91                            | —                    | 18,74                 | 2,78                           | —                 | 366,00               | -0,190                    | 0,416                   |
| 17          | Ali-Sus | —               | R                              | 19,00                                           | 20,09                            | 42                   | 7,37                  | 1,92                           | —                 | 258,00               | 0,020                     | —                       |
| 18          | Ali-Sus | —               | R                              | 20,86                                           | 22,84                            | 48                   | 17,62                 | 2,77                           | —                 | 333,00               | -0,020                    | —                       |
| 19          | Ali-Ama | —               | R                              | 12,72                                           | 13,58                            | —                    | 17,62                 | 2,71                           | —                 | 295,00               | 0,046                     | —                       |
| 20          | Ali-Ama | —               | N                              | 10,00                                           | 11,50                            | —                    | 16,99                 | 2,66                           | —                 | 294,50               | 0,008                     | —                       |
| 21          | Ali-Sus | —               | N                              | 9,58                                            | 11,24                            | 31                   | 16,99                 | 2,70                           | —                 | 379,50               | 0,110                     | —                       |
| 22          | Áng-Anc | 146             | R                              | 17,14                                           | 18,09                            | —                    | 10,64                 | 2,15                           | —                 | 292,00               | -0,105                    | 0,585                   |
| 23          | Ali-Sus | —               | R                              | 21,33                                           | 22,05                            | 47                   | 6,86                  | 1,86                           | —                 | 230,50               | 0,000                     | —                       |
| 24          | Ali-Sus | —               | R                              | 22,50                                           | 24,03                            | 32                   | 5,96                  | 1,76                           | —                 | 222,00               | 0,056                     | —                       |
| 25          | Ali-Ama | —               | R                              | 24,00                                           | 24,61                            | —                    | 5,96                  | 1,65                           | —                 | 219,00               | 0,039                     | —                       |
| 26          | Áng-Anc | 123             | N                              | 23,10                                           | 24,01                            | —                    | 4,95                  | 1,52                           | —                 | 156,50               | 0,081                     | 0,954                   |
| 27          | Ali-Ama | —               | R                              | 19,81                                           | 20,67                            | —                    | 10,05                 | 2,09                           | —                 | 208,50               | 0,009                     | —                       |
| 28          | Ali-Sus | —               | R                              | 21,00                                           | 22,05                            | 52                   | 10,05                 | 2,18                           | —                 | 301,00               | -0,033                    | —                       |
| 29          | Ali-Sus | —               | N                              | 18,11                                           | 18,32                            | 51                   | 8,87                  | 2,03                           | —                 | 261,00               | -0,013                    | —                       |
| 30          | F.Línea | —               | N                              | 8,57                                            | 10,31                            | —                    | 5,49                  | 1,59                           | —                 | 115,00               | 0,130                     | —                       |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 1**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliz.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refer.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                              |                                |                             |                              |
| 1           | P.Línea | —                          | R                  | A    | 11,50                | Tres.<br>1,57             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | -16            | 128           | 1285         | C-7000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,48                 | Fase  | 400            | 384           | 1652         | 67,50                        | 2,40                           | 18,00                       | 12,42                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | —              | —             | —            |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | -8/-16         | —             | 1285         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,31                 | Fase  | 400/400        | —             | 1418         | 90,67                        |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
| 2           | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 16,66                | Tres.<br>2,11             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 192            | 248           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,30                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 77,54                        | 2,40                           | 24,00                       | 18,10                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 192            | —             | 103          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,08                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 26,94                        |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 96/192         | —             | 643          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,35                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 87,79                        |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |

### Cuadro nº 4

#### Elección de apoyos nº 2

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliz.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refer.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                              |                                |                             |                              |
| 3           | Áng-<br>Anc | 144                        | R                  | A    | 13,20                | Tres.<br>2,63             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 219            | 1181          | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,07                 | Fase  | 270            | 1311          | —            | 89,75                        | 3,10                           | 22,00                       | 14,93                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 219            | 827           | 678          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,37                 | Fase  | 270            | 947           | 798          | 86,07                        |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 109/219        | 413/827       | 1288         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,43                 | Fase  | 270/270        | 1240/1240     | 1495         | 81,02                        |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
| 4           | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 13,00                | Tres.<br>2,63             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 99             | 326           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,76                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 52,69                        | 3,10                           | 20,00                       | 13,58                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 99             | —             | 203          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,10                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 25,28                        |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 49/99          | —             | 1355         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,24                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 96,81                        |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                                |                             |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 3**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              |       | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |       |                               |                                |                              |                              |
| 5           | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 20,00                | Tres.<br>1,58             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 128            | 176           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,73                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 54,64 | 2,40                          | 26,00                          | 20,09                        |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 128            | —             | 98           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,12                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 23,54 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 64/128         | —             | 612          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,40                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 83,55 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
| 6           | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 20,50                | Tres.<br>1,74             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 114            | 188           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,68                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 56,98 | 2,40                          | 28,00                          | 22,05                        |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 114            | —             | 98           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,12                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 23,02 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 57/114         | —             | 612          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,40                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 83,55 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 4**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                    |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliz.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norm.<br>m | Alt.<br>de<br>refer.<br>m | Alt.<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|--------------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo           |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Verti<br>c.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                              |                               |                           |                            |
| 7           | Áng-<br>Anc | 128                        | R                  | A    | 21,00                | Tres.<br><br>1,63         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 88                 | 1235          | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,02                 | Fase  | 270            | 1311          | —            | 92,15                        | 2,40                          | 28,00                     | 22,03                      |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —                  | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 88                 | 1044          | 612          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,28                 | Fase  | 270            | 1089          | 656          | 93,32                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 44/88              | 522/1044      | 1102         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,56                 | Fase  | 270/270        | 1566/<br>1566 | 1495         | 70,22                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
| 8           | Ali-<br>Sus | —                          | N                  | A    | 20,49                | Tres.<br><br>1,45         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 57                 | 121           | —            | C-500                  | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,20                 | Fase  | 250            | 199           | —            | 53,31                        | 2,40                          | 26,00                     | 20,60                      |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —                  | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 57                 | —             | 94           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,98                 | Fase  | 250            | —             | 248          | 35,39                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 29/57              | —             | 588          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,46                 | Fase  | 250/250        | —             | 750          | 78,38                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —                  | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                              |                               |                           |                            |



**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 5**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altur<br>a<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 9           | Ali-Sus | —                          | N                  | A    | 20,49                    | Tres.<br><br>1,45         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 73             | 144           | —            | C-500                  | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,05                 | Fase  | 250            | 199           | —            | 63,66                         | 2,40                           | 26,00                        | 20,60                        |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 73             | —             | 94           |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,96                 | Fase  | 250            | —             | 248          | 36,43                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 36/73          | —             | 588          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,46                 | Fase  | 250/250        | —             | 750          | 78,38                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
| 10          | Ali-Ama | —                          | R                  | A    | 22,36                    | Tres.<br><br>2,85         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 151            | 331           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,72                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 54,82                         | 3,10                           | 30,00                        | 23,42                        |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 151            | —             | 205          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,08                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 26,48                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 76/151         | —             | 1367         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,23                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 97,63                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                          |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 6**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              |       | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |       |                               |                                |                              |                              |
| 11          | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 20,00                | Tres.<br><br>2,85         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 226            | 313           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,74                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 53,89 | 3,10                          | 28,00                          | 21,44                        |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 226            | —             | 205          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,06                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 27,92 |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 113/226        | —             | 1367         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,23                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 97,63 |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
| 12          | Áng-<br>Anc | 138                        | N                  | A    | 20,00                | Tres.<br><br>1,08         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | -21            | 884           | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,20                 | Fase  | 270            | 1605          | —            | 53,56 | 1,20                          | 26,00                          | 21,25                        |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | -21            | 788           | 560          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,47                 | Fase  | 270            | 959           | 731          | 77,68 |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | -10/-21        | 394/788       | 1045         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,61                 | Fase  | 270/270        | 1182/1182     | 1495         | 65,58 |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 7**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                           |                              |
| 13          | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 15,46                | Tres.<br>4,04              | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 247            | 394           | —            | C-4500-TR              | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 3,15                 | Fase  | 270            | 1311          | —            | 32,13                         | 4,24                           | 24,00                     | 17,07                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 247            | —             | 207          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,23                 | Fase  | 270            | —             | 1745         | 13,84                         |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 124/247        | —             | 1377         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,43                 | Fase  | 270/270        | —             | 1698         | 81,10                         |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
| 14          | Ali-<br>Sus | —                          | R                  | A    | 18,09                | Tres.<br>4,09              | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 259            | 476           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,25                 | Fase  | 259            | 606           | —            | 79,88                         | 4,24                           | 26,00                     | 18,55                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 259            | —             | 110          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,19                 | Fase  | 259            | —             | 826          | 17,64                         |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 130/259        | —             | 689          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,61                 | Fase  | 250/250        | —             | 1050         | 65,57                         |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                           |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 8**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |             | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|-------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |             |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 15          | Ali-<br>Sus | —                          | R                  | A    | 13,87                | Tres.<br><br>2,85         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 300            | 383           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,50                 | Fase  | 300            | 600           | —           | 66,58                         | 3,10                           | 22,00                        | 14,63                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —           | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 300            | —             | 110          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,18                 | Fase  | 300            | —             | 819         | 18,42                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 150/300        | —             | 689          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,81                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400        | 49,18                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
| 16          | Áng-<br>Anc | 156                        | R                  | A    | 15,22                | Tres.<br><br>2,78         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 81             | 928           | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,45                 | Fase  | 270            | 1311          | —           | 69,46                         | 3,10                           | 24,00                        | 16,91                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —           | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 81             | 561           | 689          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,55                 | Fase  | 270            | 809           | 936         | 70,57                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 40/81          | 281/561       | 1347         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,40                 | Fase  | 270/270        | 1099/1099     | 1495        | 83,36                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —           |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 9**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>condu. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 17          | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 19,00                | Tres.<br>1,92              | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 140            | 245           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,36                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 73,97                         | 2,40                           | 26,00                        | 20,09                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 140            | —             | 106          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,09                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 25,61                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 70/140         | —             | 663          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,31                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 90,62                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
| 18          | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 20,86                | Tres.<br>2,77              | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 148            | 308           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,04                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 91,46                         | 3,10                           | 30,00                        | 22,84                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 148            | —             | 106          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,09                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 25,92                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 74/148         | —             | 663          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,31                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 90,62                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                            |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 10**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 19          | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 12,72                | Tres.<br><br>2,71         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 195            | 315           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,75                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 53,56                         | 3,10                           | 20,00                        | 13,58                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 195            | —             | 199          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,08                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 26,64                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 98/195         | —             | 1327         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,26                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 94,76                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
| 20          | Ali-<br>Ama | —                          | N                  | A    | 10,00                | Tres.<br><br>2,66         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 134            | 258           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,48                 | Fase  | 250            | 770           | —            | 34,51                         | 3,10                           | 18,00                        | 11,50                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 134            | —             | 202          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,09                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 25,75                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 67/134         | —             | 1344         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,25                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 96,00                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |



**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 11**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              |       | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |       |                               |                                |                              |                              |
| 21          | Ali-Sus | —                          | N                  | A    | 9,58                 | Tres.<br>2,70             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 230            | 323           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,80                 | Fase  | 250            | 412           | —            | 79,94 | 3,10                          | 18,00                          | 11,24                        |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 230            | —             | 108          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,05                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 29,29 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 115/230        | —             | 672          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,30                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 91,80 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
| 22          | Áng-Anc | 146                        | R                  | A    | 17,14                | Tres.<br>2,15             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 102            | 1058          | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,26                 | Fase  | 270            | 1311          | —            | 79,30 | 2,40                          | 24,00                          | 18,09                        |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —     |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 102            | 757           | 672          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,43                 | Fase  | 270            | 915           | 830          | 80,79 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 51/102         | 379/757       | 1286         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,43                 | Fase  | 270/270        | 1136/1136     | 1495         | 80,59 |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |       |                               |                                |                              |                              |

### Cuadro nº 4

### Elección de apoyos nº 12

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót<br>.                | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 23          | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 21,33                | Tres.<br>1,86             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 117            | 222           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,50                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 66,45                         | 2,40                           | 28,00                        | 22,05                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 117            | —             | 101          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,12                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 23,66                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 58/117         | —             | 629          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,37                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 85,89                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
| 24          | Ali-Sus | —                          | R                  | A    | 22,50                | Tres.<br>1,76             | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 145            | 215           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,51                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 66,05                         | 2,40                           | 30,00                        | 24,03                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 145            | —             | 101          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,10                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 24,74                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 73/145         | —             | 629          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,37                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 85,89                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |

**Cuadro nº 4**  
**Elección de apoyos nº 13**  
Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 25          | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 24,00                | Tres.<br><br>1,65         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 156            | 252           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,95                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 42,71                         | 2,40                           | 30,00                        | 24,61                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | —                    | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | —                    | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 156            | —             | 189          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,10                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 24,68                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 78/156         | —             | 1257         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,32                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 89,82                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
| 26          | Áng-<br>Anc | 123                        | N                  | A    | 23,10                | Tres.<br><br>1,52         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 106            | 1250          | —            | C-4500                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 1,88                 | Fase  | 270            | 1650          | —            | 74,77                         | 2,40                           | 30,00                        | 24,01                        |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | —                    | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | —                    | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 106            | 1124          | 617          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 1,22                 | Fase  | 225            | 1130          | 623          | 98,24                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 53/106         | 562/1124      | 1082         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,57                 | Fase  | 270/270        | 1686/1686     | 1495         | 69,29                         |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.1                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      | Tie.2                | —     | —              | —             |              |                               |                                |                              |                              |

### Cuadro nº 4

### Elección de apoyos nº 14

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo        | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliz.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norm.<br>m | Alt.<br>de<br>refer.<br>m | Alt.<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|-------------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót.                    | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                              |                               |                           |                            |
| 27          | Ali-<br>Ama | —                          | R                  | A    | 19,81                | Tres.<br><br>2,09         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 151            | 243           | —            | C-2000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,98                 | Fase  | 250            | 608           | —            | 41,23                        | 2,40                          | 26,00                     | 20,67                      |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 151            | —             | 194          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,10                 | Fase  | 250            | —             | 827          | 25,22                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 75/151         | —             | 1294         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,29                 | Fase  | 250/250        | —             | 1400         | 92,45                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
| 28          | Ali-<br>Sus | —                          | R                  | A    | 21,00                | Tres.<br><br>2,18         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 128            | 281           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,875                | 2,19                 | Fase  | 250            | 319           | —            | 83,06                        | 2,40                          | 28,00                     | 22,05                      |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,875                | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                            |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 128            | —             | 104          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,10                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 24,64                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 64/128         | —             | 647          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,34                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 88,41                        |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |
|             |             |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                              |                               |                           |                            |

### Cuadro nº 4

### Elección de apoyos nº 15

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Coe.<br>de<br>seg. | Zona | Altura<br>libre<br>m | Monta.<br>y sep.<br>cond. | Esfuerzo por fase y tierra |       |                |               |              | Refer.<br>del<br>apoyo | Árbol de cargas del apoyo |                      |                      |       |                |               |              | Utiliza.<br>del<br>apoyo<br>% | Separ.<br>fases<br>norma.<br>m | Altura<br>de<br>refere.<br>m | Altura<br>libre<br>real<br>m |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------|----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------|-------|----------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | Hipót.                     | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                        | Hipót<br>.                | Coe.<br>seg.<br>apo. | Coe.<br>seg.<br>real | Cond. | Esfuerzo       |               |              |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                        |                           |                      |                      |       | Vertic.<br>daN | Trans.<br>daN | Long.<br>daN |                               |                                |                              |                              |
| 29          | Ali-Sus | —                          | N                  | A    | 18,11                | Tres.<br><br>2,03         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | 105            | 224           | —            | C-1000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,20                 | Fase  | 250            | 412           | —            | 53,02                         | 2,40                           | 24,00                        | 18,32                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | 105            | —             | 104          |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | 2,11                 | Fase  | 250            | —             | 474          | 23,78                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | 53/105         | —             | 647          |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,34                 | Fase  | 250/250        | —             | 732          | 88,41                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
| 30          | F.Línea | —                          | N                  | A    | 8,57                 | Tres.<br><br>1,59         | 1ª<br>Vien.                | Fase  | -24            | 102           | 1294         | C-7000                 | 1ª<br>Vien.               | 1,5                  | 2,20                 | Fase  | 400            | 384           | 2176         | 53,35                         | 2,40                           | 16,00                        | 10,31                        |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 2ª<br>Hielo                | Fase  | —              | —             | —            |                        | 2ª<br>Hielo               | 1,5                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 3ª<br>Dese.<br>trac.       | Fase  | —              | —             | —            |                        | 3ª<br>Dese.<br>trac.      | 1,2                  | —                    | Fase  | —              | —             | —            | —                             |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           | 4ª<br>Rotu.<br>cond.       | Fase  | -12/-24        | —             | 1294         |                        | 4ª<br>Rotu.<br>cond.      | 1,2                  | 1,30                 | Fase  | 400/400        | —             | 1418         | 91,31                         |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.1 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.1 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |
|             |         |                            |                    |      |                      |                           |                            | Tie.2 | —              | —             | —            |                        |                           |                      |                      | Tie.2 | —              | —             | —            |                               |                                |                              |                              |

## Cuadro nº 5

### Cálculo de cadenas de aisladores

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Cadena adoptada        | Cálculo eléctrico    |                    | Cálculo mecánico    |              |                       |                       |                       |
|-------------|---------|------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|             |         |                        | Nivel de aislamiento |                    | Datos para cálculo  |              |                       | Coeficiente seguridad |                       |
|             |         |                        | Apoyo<br>cm/kV       | Calculado<br>cm/kV | Carga rotura<br>daN | Pesos<br>daN | Tensión máxima<br>daN | Condiciones normales  | Condiciones anormales |
| 1           | P.Línea | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 1            | 1285                  | 5000,00               | 3,89                  |
| 2           | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 192          | 643                   | 26,10                 | 7,78                  |
| 3           | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 219          | 1288                  | 22,84                 | 3,88                  |
| 4           | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 99           | 1355                  | 50,75                 | 3,69                  |
| 5           | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 128          | 612                   | 39,21                 | 8,17                  |
| 6           | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 114          | 612                   | 43,88                 | 8,17                  |
| 7           | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 88           | 1102                  | 56,56                 | 4,54                  |
| 8           | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 57           | 588                   | 87,05                 | 8,51                  |
| 9           | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 73           | 588                   | 68,55                 | 8,51                  |
| 10          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 151          | 1367                  | 33,03                 | 3,66                  |
| 11          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 226          | 1367                  | 22,11                 | 3,66                  |
| 12          | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 1            | 1045                  | 5000,00               | 4,79                  |
| 13          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 247          | 1377                  | 20,21                 | 3,63                  |
| 14          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 259          | 689                   | 19,29                 | 7,26                  |
| 15          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 300          | 689                   | 16,67                 | 7,26                  |
| 16          | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 81           | 1347                  | 62,09                 | 3,71                  |
| 17          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 140          | 663                   | 35,66                 | 7,54                  |
| 18          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 148          | 663                   | 33,69                 | 7,54                  |
| 19          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 195          | 1327                  | 25,60                 | 3,77                  |
| 20          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 134          | 1344                  | 37,42                 | 3,72                  |
| 21          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 230          | 672                   | 21,77                 | 7,44                  |
| 22          | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 102          | 1286                  | 49,05                 | 3,89                  |
| 23          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 117          | 629                   | 42,79                 | 7,95                  |
| 24          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 145          | 629                   | 34,45                 | 7,95                  |
| 25          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 156          | 1257                  | 32,13                 | 3,98                  |
| 26          | Áng-Anc | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 106          | 1082                  | 46,97                 | 4,62                  |
| 27          | Ali-Ama | LA110-20kV-ANC-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 151          | 1294                  | 33,19                 | 3,86                  |
| 28          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-DOB-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 128          | 647                   | 39,15                 | 7,73                  |
| 29          | Ali-Sus | LA110-20kV-SUS-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 105          | 647                   | 47,43                 | 7,73                  |
| 30          | F.Línea | LA110-20kV-ANC-SIM-POL | 1,80                 | 3,03               | 5000                | 1            | 1294                  | 5000,00               | 3,86                  |



## Cuadro nº 6

### Cálculo de cimentaciones

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Características de los apoyos |                         |                         | Viento sobre<br>apoyos |             | Momentos de vuelco |                                   |               |                                           | MV<br>Total<br>/MV<br>Real | Coefic.<br>de<br>compr.<br>sibilid.<br>daN/m² | Cimentación    |                |           |                 |                |
|-------------|---------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|--------------------|-----------------------------------|---------------|-------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|-----------|-----------------|----------------|
|             |         | Esfuerzo<br>útil<br>daN       | Altura sobre<br>terreno |                         |                        |             | Conductor<br>daNm  | Viento<br>sobre<br>apoyos<br>daNm | Total<br>daNm | Total<br>absorbido<br>cimentación<br>daNm |                            |                                               | Lado<br>A<br>m | Lado<br>B<br>m | Alto<br>m | Volúmenes       |                |
|             |         |                               | Cogolla<br>m            | Resulta<br>conduc.<br>m | Esfuerzo<br>daN        | Altura<br>m |                    |                                   |               |                                           |                            |                                               |                |                |           | Excavaci.<br>m³ | Hormigón<br>m³ |
| 1           | P.Línea | 6108                          | 15,42                   | 13.62                   | 559                    | 9,22        | 93697              | 5157                              | 98853         | 149016                                    | 1,51                       | 12                                            | 1,82           | 1,82           | 2,58      | 8,55            | 9,21           |
| 2           | Ali-Sus | 957                           | 22,04                   | 19.30                   | 527                    | 12,31       | 19719              | 6486                              | 26204         | 39485                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,40           | 1,40           | 1,96      | 3,84            | 4,23           |
| 3           | Áng-Anc | 5234                          | 19,13                   | 16.73                   | 724                    | 11,91       | 97570              | 8628                              | 106198        | 159098                                    | 1,50                       | 12                                            | 1,35           | 1,35           | 2,87      | 5,23            | 5,60           |
| 4           | Ali-Ama | 1823                          | 17,78                   | 15.38                   | 593                    | 10,48       | 30736              | 6218                              | 36954         | 55611                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,27           | 1,27           | 2,22      | 3,58            | 3,90           |
| 5           | Ali-Sus | 957                           | 24,03                   | 21.29                   | 561                    | 13,31       | 21629              | 7469                              | 29098         | 43927                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 1,97      | 4,43            | 4,88           |
| 6           | Ali-Sus | 957                           | 25,99                   | 23.25                   | 629                    | 14,34       | 23531              | 9020                              | 32551         | 49237                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,55           | 1,55           | 2,01      | 4,83            | 5,31           |
| 7           | Áng-Anc | 5234                          | 25,03                   | 23.23                   | 1000                   | 14,98       | 131937             | 14974                             | 146911        | 218709                                    | 1,49                       | 12                                            | 1,60           | 1,60           | 2,97      | 7,60            | 8,12           |
| 8           | Ali-Sus | 598                           | 24,21                   | 21.80                   | 561                    | 13,19       | 13743              | 7401                              | 21144         | 31405                                     | 1,49                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 1,79      | 4,03            | 4,48           |
| 9           | Ali-Sus | 598                           | 24,21                   | 21.80                   | 561                    | 13,19       | 13743              | 7401                              | 21144         | 31405                                     | 1,49                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 1,79      | 4,03            | 4,48           |
| 10          | Ali-Ama | 1823                          | 27,62                   | 25.22                   | 994                    | 15,59       | 48869              | 15501                             | 64369         | 96824                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,63           | 1,63           | 2,38      | 6,32            | 6,85           |
| 11          | Ali-Ama | 1823                          | 25,64                   | 23.24                   | 911                    | 14,57       | 45235              | 13279                             | 58514         | 88345                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,55           | 1,55           | 2,36      | 5,67            | 6,15           |
| 12          | Áng-Anc | 5069                          | 23,05                   | 21.85                   | 909                    | 13,97       | 120733             | 12703                             | 133435        | 198476                                    | 1,49                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 2,95      | 6,64            | 7,09           |
| 13          | Ali-Ama | 3933                          | 22,47                   | 19.47                   | 816                    | 12,82       | 83734              | 10461                             | 94195         | 141894                                    | 1,51                       | 12                                            | 1,45           | 1,45           | 2,73      | 5,74            | 6,16           |
| 14          | Ali-Sus | 1823                          | 24,89                   | 20.95                   | 828                    | 13,54       | 40996              | 11210                             | 52205         | 78459                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 2,31      | 5,20            | 5,65           |
| 15          | Ali-Sus | 1802                          | 19,77                   | 16.43                   | 670                    | 11,49       | 32282              | 7694                              | 39976         | 60204                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,34           | 1,34           | 2,23      | 4,00            | 4,36           |
| 16          | Áng-Anc | 5234                          | 21,11                   | 18.71                   | 816                    | 12,93       | 108002             | 10548                             | 118550        | 176661                                    | 1,49                       | 12                                            | 1,45           | 1,45           | 2,89      | 6,08            | 6,50           |
| 17          | Ali-Sus | 957                           | 24,03                   | 21.29                   | 561                    | 13,31       | 21629              | 7469                              | 29098         | 43927                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 1,97      | 4,43            | 4,88           |
| 18          | Ali-Sus | 957                           | 27,98                   | 24.64                   | 714                    | 15,35       | 24867              | 10958                             | 35825         | 54395                                     | 1,52                       | 12                                            | 1,65           | 1,65           | 2,02      | 5,50            | 6,04           |
| 19          | Ali-Ama | 1823                          | 17,78                   | 15.38                   | 593                    | 10,48       | 30736              | 6218                              | 36954         | 55611                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,27           | 1,27           | 2,22      | 3,58            | 3,90           |
| 20          | Ali-Ama | 2309                          | 15,70                   | 13.30                   | 518                    | 9,53        | 34250              | 4943                              | 39193         | 59053                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,19           | 1,19           | 2,30      | 3,26            | 3,54           |
| 21          | Ali-Sus | 1236                          | 16,05                   | 13.04                   | 374                    | 9,30        | 17728              | 3478                              | 21206         | 31724                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,19           | 1,19           | 1,95      | 2,76            | 3,04           |
| 22          | Áng-Anc | 5234                          | 21,09                   | 19.29                   | 816                    | 12,94       | 111107             | 10559                             | 121666        | 181429                                    | 1,49                       | 12                                            | 1,45           | 1,45           | 2,91      | 6,12            | 6,54           |
| 23          | Ali-Sus | 957                           | 25,99                   | 23.25                   | 629                    | 14,34       | 23531              | 9020                              | 32551         | 49237                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,55           | 1,55           | 2,01      | 4,83            | 5,31           |
| 24          | Ali-Sus | 957                           | 27,97                   | 25.23                   | 714                    | 15,35       | 25438              | 10962                             | 36401         | 55348                                     | 1,52                       | 12                                            | 1,65           | 1,65           | 2,03      | 5,53            | 6,07           |
| 25          | Ali-Ama | 1823                          | 27,61                   | 25.81                   | 994                    | 15,59       | 49956              | 15508                             | 65464         | 98336                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,63           | 1,63           | 2,39      | 6,35            | 6,88           |
| 26          | Áng-Anc | 5258                          | 27,01                   | 25.21                   | 1090                   | 15,99       | 143022             | 17428                             | 160449        | 240060                                    | 1,50                       | 12                                            | 1,70           | 1,70           | 2,99      | 8,64            | 9,22           |
| 27          | Ali-Ama | 1823                          | 23,67                   | 21.87                   | 828                    | 13,55       | 42701              | 11221                             | 53922         | 81015                                     | 1,50                       | 12                                            | 1,50           | 1,50           | 2,33      | 5,24            | 5,69           |
| 28          | Ali-Sus | 957                           | 25,99                   | 23.25                   | 629                    | 14,34       | 23531              | 9020                              | 32551         | 49237                                     | 1,51                       | 12                                            | 1,55           | 1,55           | 2,01      | 4,83            | 5,31           |
| 29          | Ali-Sus | 1236                          | 21,93                   | 19.52                   | 527                    | 12,38       | 25836              | 6524                              | 32360         | 48153                                     | 1,49                       | 12                                            | 1,40           | 1,40           | 2,07      | 4,06            | 4,45           |
| 30          | F.Línea | 7680                          | 13,31                   | 11.51                   | 479                    | 8,29        | 102170             | 3976                              | 106145        | 160678                                    | 1,51                       | 12                                            | 1,70           | 1,70           | 2,69      | 7,77            | 8,35           |

## Cuadro nº 7

### Apoyos y crucetas normalizadas Andel S. A.

| Apoyo<br>nº | Apoyo elegido                                         |                          |                          |                      | Armado y cruceta elegida |                           |                     |                             |                       |                       |                 |
|-------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
|             | Referencia del apoyo según<br>catálogo del fabricante | Altura<br>normaliz.<br>m | Recrecido<br>cabeza<br>m | Altura<br>total<br>m | Armado<br>base           | Longitud<br>crucetas<br>m | Referenc.<br>armado | Separación<br>crucetas<br>m | Altura<br>cúpula<br>m | Referencia<br>cruceta | Cruceta<br>tipo |
| 1           | Andel Serie C C-7000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 2           | Andel Serie C C-1000                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 3           | Andel Serie C C-4500                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 4           | Andel Serie C C-2000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 5           | Andel Serie C C-1000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 6           | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 7           | Andel Serie C C-4500                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 8           | Andel Serie C C-500                                   | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 9           | Andel Serie C C-500                                   | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 10          | Andel Serie C C-2000                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 11          | Andel Serie C C-2000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 12          | Andel Serie C C-4500                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-6                | 0,60                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 13          | Andel Serie C C-4500-TR                               | 24,00                    | 1,20                     | 25,20                | Tresbolillo              | 2,00/1,75                 | TB-24               | 2,40                        | —                     | TB45-S17              | ATC-17          |
| 14          | Andel Serie C C-2000                                  | 26,00                    | 1,20                     | 27,20                | Tresbolillo              | 2,00/1,75                 | TB-24               | 2,40                        | —                     | TB45-S17              | ATC-17          |
| 15          | Andel Serie C C-2000                                  | 22,00                    | —                        | 22,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 16          | Andel Serie C C-4500                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 17          | Andel Serie C C-1000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 18          | Andel Serie C C-1000                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 19          | Andel Serie C C-2000                                  | 20,00                    | —                        | 20,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 20          | Andel Serie C C-2000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 21          | Andel Serie C C-1000                                  | 18,00                    | —                        | 18,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-18               | 1,80                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 22          | Andel Serie C C-4500                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 23          | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 24          | Andel Serie C C-1000                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 25          | Andel Serie C C-2000                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 26          | Andel Serie C C-4500                                  | 30,00                    | —                        | 30,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 27          | Andel Serie C C-2000                                  | 26,00                    | —                        | 26,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 28          | Andel Serie C C-1000                                  | 28,00                    | —                        | 28,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 29          | Andel Serie C C-1000                                  | 24,00                    | —                        | 24,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |
| 30          | Andel Serie C C-7000                                  | 16,00                    | —                        | 16,00                | Tresbolillo              | 1,50/1,25                 | TB-12               | 1,20                        | —                     | TB45-S12              | ATC-12          |

## Cuadro nº 8

### Cálculo de eolovanos y gravivanos

Esfuerzos por fase.

| Apoyo<br>nº | Tipo    | Valor<br>ángulo<br>(Sexa.) | Cota<br>apoyo<br>m | Altura<br>libre<br>m | Desni.<br>poster.<br>m | Vano<br>poster.<br>m | Tipo<br>de<br>condu. | Eolo-<br>vano<br>m | 1ª Hipótesis<br>viento |               |              | 2ª Hipótesis |               |              |              |               |              | Hipótesis de<br>flecha mínima |               |              |
|-------------|---------|----------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|-------------------------------|---------------|--------------|
|             |         |                            |                    |                      |                        |                      |                      |                    | Gravi.<br>m            | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN | Hielo        |               |              | Hielo+Viento |               |              | Gravi.<br>m                   | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN |
|             |         |                            |                    |                      |                        |                      |                      |                    |                        |               |              | Gravi.<br>m  | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN | Gravi.<br>m  | P.ver.<br>daN | Tense<br>daN |                               |               |              |
| 1           | P.Línea | —                          | 203,69             | 11,50                | 32,52                  | 224,0                | Fase                 | 112,00             | 24,57                  | 23,11         | 1285,25      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | -136,52                       | -57,86        | 727,84       |
| 2           | Ali-Sus | —                          | 231,04             | 16,66                | 11,54                  | 299,1                | Fase                 | 261,54             | 325,38                 | 306,91        | 1285,25      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 443,80                        | 189,02        | 727,84       |
| 3           | Áng-Anc | 144                        | 246,05             | 13,20                | -1,70                  | 422,1                | Fase                 | 360,57             | 386,76                 | 364,98        | 1355,35      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 433,30                        | 183,96        | 682,67       |
| 4           | Ali-Ama | —                          | 244,54             | 13,00                | 24,79                  | 193,0                | Fase                 | 307,55             | 231,03                 | 218,01        | 1223,24      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 64,97                         | 27,68         | 780,98       |
| 5           | Ali-Sus | —                          | 262,33             | 20,00                | 10,67                  | 159,2                | Fase                 | 176,14             | 211,07                 | 199,01        | 1223,24      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 288,73                        | 123,00        | 780,98       |
| 6           | Ali-Sus | —                          | 272,50             | 20,50                | 8,99                   | 219,8                | Fase                 | 189,51             | 204,67                 | 192,74        | 1223,24      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 237,63                        | 100,78        | 780,98       |
| 7           | Áng-Anc | 128                        | 280,99             | 21,00                | 9,32                   | 108,8                | Fase                 | 164,29             | 140,25                 | 132,15        | 1175,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 72,55                         | 30,82         | 827,04       |
| 8           | Ali-Sus | —                          | 290,82             | 20,49                | 15,71                  | 169,1                | Fase                 | 138,98             | 135,12                 | 127,21        | 1175,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 124,99                        | 53,10         | 827,04       |
| 9           | Ali-Sus | —                          | 306,53             | 20,49                | 15,11                  | 163,0                | Fase                 | 166,05             | 166,12                 | 156,52        | 1175,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 166,33                        | 70,75         | 827,04       |
| 10          | Ali-Ama | —                          | 319,77             | 22,36                | 54,25                  | 463,9                | Fase                 | 313,43             | 290,64                 | 273,92        | 1366,76      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 308,38                        | 130,89        | 676,79       |
| 11          | Ali-Ama | —                          | 376,38             | 20,00                | 2,53                   | 119,5                | Fase                 | 291,69             | 354,80                 | 335,90        | 1119,73      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 434,40                        | 185,93        | 863,38       |
| 12          | Áng-Anc | 138                        | 378,91             | 20,00                | 17,17                  | 99,3                 | Fase                 | 109,40             | 34,16                  | 32,17         | 1067,68      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | -198,17                       | -84,34        | 863,38       |
| 13          | Ali-Ama | —                          | 400,62             | 15,46                | 46,17                  | 679,2                | Fase                 | 389,26             | 432,15                 | 408,71        | 1377,06      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 634,31                        | 270,00        | 663,82       |
| 14          | Ali-Sus | —                          | 444,17             | 18,09                | 17,18                  | 385,8                | Fase                 | 532,52             | 547,12                 | 519,11        | 1377,06      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 568,58                        | 243,31        | 663,82       |
| 15          | Ali-Sus | —                          | 465,57             | 13,87                | -55,01                 | 457,2                | Fase                 | 421,55             | 530,40                 | 501,87        | 1377,06      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 678,71                        | 289,93        | 663,82       |
| 16          | Áng-Anc | 156                        | 409,20             | 15,22                | 19,03                  | 274,6                | Fase                 | 365,92             | 242,57                 | 228,48        | 1326,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 64,13                         | 27,15         | 699,17       |
| 17          | Ali-Sus | —                          | 424,46             | 19,00                | 11,94                  | 241,3                | Fase                 | 257,95             | 270,30                 | 254,78        | 1326,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 290,56                        | 123,43        | 699,17       |
| 18          | Ali-Sus | —                          | 434,55             | 20,86                | 29,47                  | 424,6                | Fase                 | 332,96             | 320,79                 | 302,41        | 1326,70      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 300,37                        | 127,40        | 699,17       |
| 19          | Ali-Ama | —                          | 472,16             | 12,72                | 3,85                   | 165,3                | Fase                 | 294,95             | 325,10                 | 307,16        | 1189,37      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 364,37                        | 155,16        | 813,61       |
| 20          | Ali-Ama | —                          | 478,73             | 10,00                | 6,66                   | 424,2                | Fase                 | 294,74             | 297,94                 | 280,98        | 1343,93      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 314,06                        | 133,17        | 688,93       |
| 21          | Ali-Sus | —                          | 485,81             | 9,58                 | -31,58                 | 335,4                | Fase                 | 379,81             | 450,61                 | 425,63        | 1343,93      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 558,00                        | 237,47        | 688,93       |
| 22          | Áng-Anc | 146                        | 446,67             | 17,14                | 2,71                   | 249,4                | Fase                 | 292,41             | 225,12                 | 211,99        | 1257,46      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 120,42                        | 51,01         | 750,28       |
| 23          | Ali-Sus | —                          | 445,20             | 21,33                | 2,31                   | 211,9                | Fase                 | 230,65             | 230,64                 | 217,24        | 1257,46      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 230,62                        | 97,72         | 750,28       |
| 24          | Ali-Sus | —                          | 446,33             | 22,50                | -10,54                 | 232,3                | Fase                 | 222,10             | 256,00                 | 241,19        | 1257,46      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 321,77                        | 136,44        | 750,28       |
| 25          | Ali-Ama | —                          | 434,29             | 24,00                | -17,48                 | 205,6                | Fase                 | 218,92             | 241,84                 | 227,88        | 1233,69      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 293,18                        | 124,48        | 771,28       |
| 26          | Áng-Anc | 123                        | 417,72             | 23,10                | -17,77                 | 106,9                | Fase                 | 156,25             | 192,10                 | 181,03        | 1088,77      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 339,01                        | 144,53        | 863,38       |
| 27          | Ali-Ama | —                          | 403,24             | 19,81                | -54,42                 | 309,7                | Fase                 | 208,30             | 231,24                 | 219,04        | 1294,37      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 168,26                        | 73,10         | 721,03       |
| 28          | Ali-Sus | —                          | 347,63             | 21,00                | -41,74                 | 291,9                | Fase                 | 300,79             | 280,54                 | 264,97        | 1294,37      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 245,88                        | 105,46        | 721,03       |
| 29          | Ali-Sus | —                          | 308,78             | 18,11                | -29,87                 | 229,5                | Fase                 | 260,71             | 252,60                 | 238,24        | 1294,37      | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 239,15                        | 102,14        | 721,03       |
| 30          | F.Línea | —                          | 288,45             | 8,57                 | —                      | —                    | Fase                 | 114,77             | -63,60                 | -59,85        | —            | —            | —             | —            | —            | —             | —            | 15,04                         | 6,37          | —            |

### 3.2.9. Comparativa de resultados obtenidos analíticamente respecto a los de Andelec

Tras la realización de los cálculos analíticos, y obtenidos los cuadros de resultados generados por Andelec en el apartado anterior, se realizará una comparativa entre ambos, justificando los resultados obtenidos.

#### - Coeficiente de seguridad de aisladores

|                    | Coeficiente seguridad |                |
|--------------------|-----------------------|----------------|
|                    | Andelec               | Analíticamente |
| <b>Apoyo nº 9</b>  | 8,51                  | 4,25           |
| <b>Apoyo nº 10</b> | 3,66                  | 7,32           |

Como se puede observar, los resultados no coinciden. En el caso del apoyo nº 9, Andelec divide entre 2 la tensión máxima a la que está sometido el aislador, como si se tratase de una cadena doble de aisladores. Esto es incorrecto, ya que se trata de una cadena simple de aisladores.

Para el apoyo nº 10, se produce algo parecido. En este caso, aún tratándose de una cadena doble de aisladores, Andelec no divide entre 2 la tensión máxima, obteniéndose así un C.S. inferior al calculado analíticamente.

#### - Fenómenos vibratorios

|                 | EDS     |                | THF     |                |
|-----------------|---------|----------------|---------|----------------|
|                 | Andelec | Analíticamente | Andelec | Analíticamente |
| <b>Vano 8-9</b> | 15 %    | 15 %           | 19,16 % | 19,15 %        |

Los resultados obtenidos son muy parecidos.

#### - Hipótesis de apoyos

|  | Apoyo nº 1 (P. Línea) |         |          |
|--|-----------------------|---------|----------|
|  | 1ª hipótesis          |         |          |
|  | V                     | T       | L        |
|  | Andelec               |         |          |
|  | -16 daN               | 128 daN | 1285 daN |

| Apoyo nº 1 (P. Línea) |            |           |          |
|-----------------------|------------|-----------|----------|
| <b>Analíticamente</b> | 142,14 daN | 94,08 daN | 1285 daN |
| <b>2ª hipótesis</b>   |            |           |          |
|                       | <b>V</b>   | <b>T</b>  | <b>L</b> |
| <b>Andelec</b>        | —          | —         | —        |
| <b>Analíticamente</b> | —          | —         | —        |
| <b>3ª hipótesis</b>   |            |           |          |
|                       | <b>V</b>   | <b>T</b>  | <b>L</b> |
| <b>Andelec</b>        | —          | —         | —        |
| <b>Analíticamente</b> | —          | —         | —        |
| <b>4ª hipótesis</b>   |            |           |          |
|                       | <b>V</b>   | <b>T</b>  | <b>L</b> |
| <b>Andelec</b>        | -16 daN    | —         | 1285 daN |
| <b>Analíticamente</b> | 142,14 daN | —         | 1285 daN |

| Apoyo nº 2 (Alineación-Suspensión) |            |            |          |
|------------------------------------|------------|------------|----------|
| <b>1ª hipótesis</b>                |            |            |          |
|                                    | <b>V</b>   | <b>T</b>   | <b>L</b> |
| <b>Andelec</b>                     | 192 daN    | 248 daN    | —        |
| <b>Analíticamente</b>              | 182,44 daN | 219,69 daN | —        |
| <b>2ª hipótesis</b>                |            |            |          |
|                                    | <b>V</b>   | <b>T</b>   | <b>L</b> |
| <b>Andelec</b>                     | —          | —          | —        |
| <b>Analíticamente</b>              | —          | —          | —        |
| <b>3ª hipótesis</b>                |            |            |          |
|                                    | <b>V</b>   | <b>T</b>   | <b>L</b> |

| Apoyo nº 2 (Alineación-Suspensión) |            |   |            |
|------------------------------------|------------|---|------------|
| 1ª hipótesis                       |            |   |            |
| Andelec                            | 192 daN    | — | 103 daN    |
| Analíticamente                     | 182,44 daN | — | 102,80 daN |
| 4ª hipótesis                       |            |   |            |
|                                    | V          | T | L          |
| Andelec                            | 96 daN     | — | 643 daN    |
| Analíticamente                     | 182,44 daN | — | 642,50 daN |

| Apoyo nº 3 (Ángulo-Anclaje) |            |             |             |
|-----------------------------|------------|-------------|-------------|
| 1ª hipótesis                |            |             |             |
|                             | V          | T           | L           |
| Andelec                     | 219 daN    | 1181 daN    | —           |
| Analíticamente              | 188,27 daN | 1103,86 daN | —           |
| 2ª hipótesis                |            |             |             |
|                             | V          | T           | L           |
| Andelec                     | —          | —           | —           |
| Analíticamente              | —          | —           | —           |
| 3ª hipótesis                |            |             |             |
|                             | V          | T           | L           |
| Andelec                     | 219 daN    | 827 daN     | 678 daN     |
| Analíticamente              | 188,27 daN | 628,08 daN  | 644,34 daN  |
| 4ª hipótesis                |            |             |             |
|                             | V          | T           | L           |
| Andelec                     | 109 daN    | 413 daN     | 1288 daN    |
| Analíticamente              | 188,27 daN | 418,72 daN  | 1288,68 daN |



Los resultados obtenidos varían como se puede observar, debido a que Andelec comete errores de cálculo en los esfuerzos de algunas hipótesis. A modo de ejemplo, se puede apreciar que el esfuerzo vertical  $V$ , al estar los apoyos situados en zona A, deberían coincidir en todas las hipótesis (1ª, 3ª y 4ª hipótesis), tal como se indica en las expresiones analíticas. Esta premisa no se cumple.

También se puede apreciar un cálculo incorrecto del esfuerzo vertical  $V$  en los apoyos de principio y fin de línea. Para que el esfuerzo vertical  $V$  pueda ser negativo en este caso, como los apoyos son de principio y fin de línea, el desnivel ha de ser negativo. Como en el apoyo de principio de línea el desnivel es positivo, y este término es el único que puede hacer que el esfuerzo vertical sea negativo, el esfuerzo vertical calculado por Andelec debería salir positivo. Esto tampoco se cumple.

En el resto de los esfuerzos de las demás hipótesis, los resultados son bastante parecidos, coincidiendo en algunos casos.

#### - Flechas

| Flecha máxima    |         |                |         |                |
|------------------|---------|----------------|---------|----------------|
| 15°C+V (120km/h) |         |                | 70°C    |                |
|                  | Andelec | Analíticamente | Andelec | Analíticamente |
| Vano 1-2         | 5 m     | 5 m            | 5,31 m  | 5,31 m         |
| Vano 2-3         | 8,82 m  | 8,83 m         | 9,37 m  | 9,39 m         |

| Flecha mínima |         |                |
|---------------|---------|----------------|
| -5°C          |         |                |
|               | Andelec | Analíticamente |
| Vano 1-2      | 3,69 m  | 3,69 m         |
| Vano 2-3      | 6,51 m  | 6,52 m         |

Los resultados obtenidos son muy parecidos.

- Cimentaciones

|                       | Apoyo nº 12     |                 |                                     |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------------|
|                       | $M_r$           | $M_v$           | $CS_{norm}^{hip} = \frac{M_r}{M_v}$ |
| <b>Andelec</b>        | 198476 daN·m    | 133435 daN·m    | 1,49                                |
| <b>Analíticamente</b> | 199549,15 daN·m | 133153,98 daN·m | 1,50                                |

Los resultados obtenidos son muy parecidos.

## 4. Tramo línea subterránea en anillo

### 4.1. Cálculos eléctricos

#### 4.1.1. Resistencia

El valor de la resistencia del conductor unipolar seleccionado se puede consultar en el catálogo del fabricante (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA). Para una temperatura de servicio de 90°C:

$$R_{unitaria}^{90^{\circ}C} = 0,161 \, \Omega/km$$

#### 4.1.2. Reactancia inductiva

Su valor, al igual que en el apartado anterior, se puede consultar en el catálogo del fabricante (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA):

$$X_a^{unitaria} = 0,102 \, \Omega/km$$

#### 4.1.3. Capacidad

Se puede considerar que es despreciable ya que presenta un valor muy pequeño (ver apartado 9.1.2. Conductor de la MEMORIA) y el anillo presenta una longitud corta.

#### 4.1.4. Intensidad máxima admisible en régimen permanente

Ya calculada en el apartado 2.1.4. Intensidad máxima admisible en régimen permanente del presente ANEXO.

#### 4.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

Ya calculada en el apartado 2.1.5. Intensidad máxima admisible en cortocircuito del presente ANEXO.

#### 4.1.6. Reparto de los CT necesarios para las urbanizaciones

Tal como se puede ver en el apartado 9.2. Centros de transformación de la MEMORIA, para satisfacer adecuadamente la demanda existente en las urbanizaciones se colocarán tantos CT pfu.4/20 como sean necesarios, los cuales constan de un transformador con aislamiento en aceite de 630 kVA cada uno de ellos.

A continuación, se procederá a calcular el número de CT necesarios para cada una de las urbanizaciones, teniendo en cuenta lo expuesto en el apartado 1. Previsión de potencia del ANEXO I y considerando despreciable la potencia demandada por el alumbrado público:

- **San Jorge de Ardalejos**

$$C_s = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5 = 15,3 + (75 - 21) \cdot 0,5 = 42,3$$

$$P = P_{VIV} = 42,3 \cdot \left( \frac{75 \cdot 9200}{557} \right) = 389,16 \text{ kW}$$

$$S_{demandada} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{389,16 \cdot 10^3}{0,9} = 432,4 \text{ kVA}$$

Conocida la potencia aparente demandada ( $S_{demandada}$ ) y la potencia aparente del transformador ( $S_{trafo} = 630 \text{ kVA}$ ), el número de transformadores necesarios será:

$$n_{trafos} = \frac{S_{demandada}}{S_{trafo}} = \frac{432,4}{630} = 0,69 \approx 1$$

La intensidad demandada por el Centro de Transformación 2 en el lado de alta del transformador es la siguiente:

$$I_{demandada} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{389,16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 12,48 \text{ A} = I_{CT2}$$

**- La Paca**

$$C_S = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5 = 15,3 + (287 - 21) \cdot 0,5 = 148,3$$

$$P_{VIV} = 148,3 \cdot \left( \frac{182 \cdot 5750 + 105 \cdot 9200}{287} \right) = 1039,91 \text{ kW}$$

$$P_{GARAJES} = 30 \text{ kW}$$

$$P = P_{VIV} + P_{GARAJES} = 1039,91 + 30 = 1069,91 \text{ kW}$$

$$S_{demandada} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{1069,91 \cdot 10^3}{0,9} = 1188,79 \text{ kVA}$$

Conocida la potencia aparente demandada ( $S_{demandada}$ ) y la potencia aparente del transformador ( $S_{trafo} = 630 \text{ kVA}$ ), el número de transformadores necesarios será:

$$n_{trafos} = \frac{S_{demandada}}{S_{trafo}} = \frac{1188,79}{630} = 1,89 \approx 2$$

Las intensidades demandadas por los Centros de Transformación 1 y 3 en el lado de alta del transformador, suponiendo que ambas son equilibradas, resultan ser las siguientes:

$$I_{demandada} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos \varphi} = \frac{1069,91 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 34,32 \text{ A}$$

$$I_{CT1} = I_{CT3} = \frac{I_{demandada}}{2} = \frac{34,32}{2} = 17,16 \text{ A}$$

**- La Chichara**

$$C_S = 15,3 + (n - 21) \cdot 0,5 = 15,3 + (195 - 21) \cdot 0,5 = 102,3$$

$$P = P_{VIV} = 102,3 \cdot \left( \frac{195 \cdot 9200}{195} \right) = 941,16 \text{ kW}$$

$$S_{demandada} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{941,16 \cdot 10^3}{0,9} = 1045,73 \text{ kVA}$$

Conocida la potencia aparente demandada ( $S_{demandada}$ ) y la potencia aparente del transformador ( $S_{trafo} = 630 \text{ kVA}$ ), el número de transformadores necesarios será:

$$n_{trafos} = \frac{S_{demandada}}{S_{trafo}} = \frac{1045,73}{630} = 1,66 \approx 2$$

Las intensidades demandadas por los Centros de Transformación 4 y 5 en el lado de alta del transformador, suponiendo que ambas son equilibradas, son las siguientes:

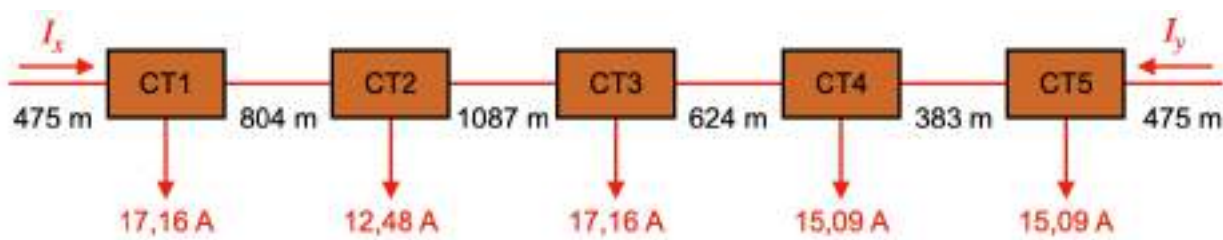
$$I_{demandada} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot \cos\varphi} = \frac{941,16 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 30,19 \text{ A}$$

$$I_{CT4} = I_{CT5} = \frac{I_{demandada}}{2} = \frac{30,19}{2} = 15,09 \text{ A}$$

#### 4.1.7. Caída de tensión

Esta dependerá de parámetros tales como las intensidades circulantes en el anillo y las distancias existentes entre los diferentes CT, cuya ubicación se puede ver con mayor detalle en el apartado 36 de los PLANOS del presente proyecto.

A continuación se muestra el esquema de la red en anillo correspondiente a la LSMT de las urbanizaciones, el cual es equivalente al de una línea cuyos extremos están alimentados a la misma tensión:



Las ecuaciones correspondientes al anillo son las siguientes:

$$I_x = \frac{\sum I_i \cdot L_i}{L}; \quad I_y = \sum I_i - \frac{\sum I_i \cdot L_i}{L} = \sum I_i - I_x$$

Empleando estas expresiones para calcular las intensidades entrantes por ambos extremos del anillo ( $I_x$  e  $I_y$ ), se obtienen los siguientes resultados:

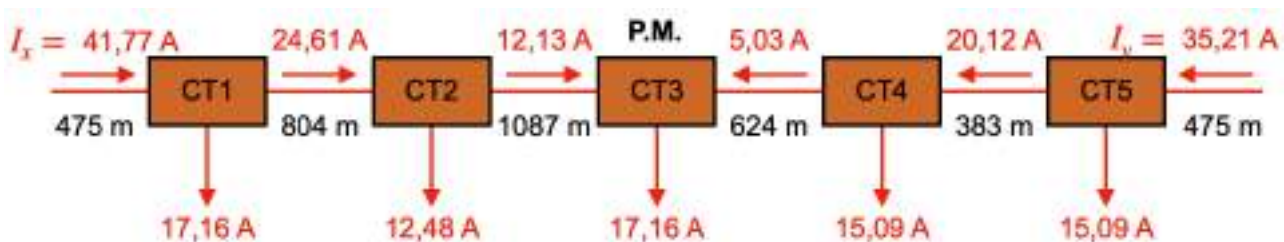
$$I_x = \frac{475 \cdot 17,16 + 1279 \cdot 12,48 + 2366 \cdot 17,16 + 2990 \cdot 15,09 + 3373 \cdot 15,09}{3848} =$$

$$= 41,77 \text{ A}$$

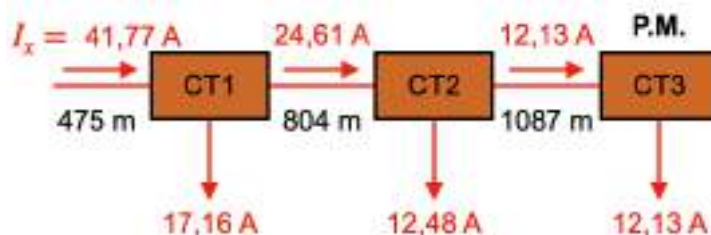
$$I_y = 17,16 + 12,48 + 17,16 + 15,09 + 15,09 - 41,77 = 35,21 \text{ A}$$

En el anillo existe un punto, el cual se corresponde con alguno de los CT, que recibe una corriente entrante por cada uno de sus extremos y en el que el sentido de la potencia se invierte. Este punto se denomina punto de mínima (P.M.) y es donde se alcanza la mayor caída de tensión del anillo.

En el siguiente esquema se muestran las intensidades circulantes por el anillo y el punto de mínima (P.M.):



Tras determinar el punto de mínima se puede realizar el cálculo de la caída de tensión que se produce en el anillo, ya que este permite dividir el esquema de la red en anillo en dos ramas (rama izquierda y rama derecha). Independientemente de la rama seleccionada, el resultado deberá ser el mismo para ambas, en este caso se seleccionará la rama de la izquierda:



$$\begin{aligned} |\Delta V_{CT1-P.M.}| &= \sqrt{3} \cdot (R_{unitaria}^{90^\circ C} + jX_a^{unitaria}) \cdot \sum I_i \cdot L_i = \\ &= \sqrt{3} \cdot (0,161 + j0,102) \cdot 10^{-3} \cdot (475 \cdot 41,77 + 1279 \cdot 24,61 + 2366 \cdot 12,13) = \\ &= 26,41 \text{ V} \end{aligned}$$



Como la caída de tensión existente entre el apoyo nº 30 (conversión aéreo-subterráneo) y el CT1 es despreciable, la caída de tensión porcentual que se produce en el anillo es la siguiente:

$$|\Delta V_{\%}| = \frac{|\Delta V_{CT1-P.M.}|}{V_{línea}} = \frac{26,41}{20 \cdot 10^3} = 0,13 \%$$

#### 4.1.8. Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia totales que se producen en el anillo son:

$$\Delta P = 3 \cdot R_{unitaria}^{90^\circ C} \cdot \sum (L_i \cdot I_i^2) = 3 \cdot 0,161 \cdot 10^{-3} \cdot (475 \cdot 41,77^2 + 1279 \cdot 24,61^2 + 2366 \cdot 12,13^2 + 475 \cdot 35,21^2 + 858 \cdot 20,12^2 + 1482 \cdot 5,03^2) = 1412,88 \text{ W}$$

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P_{TOTAL}} = \frac{1412,88}{2,335 \cdot 10^6} = 0,06 \%$$

### 5. Parámetros globales de la línea

#### 5.1. Caída de tensión

Calculadas las caídas de tensión correspondientes a los diferentes tramos de la línea en los apartados anteriores (tanto en los tramos subterráneos como en el tramo aéreo), la caída de tensión global de esta es:

$$|\Delta V|_{\%} = \frac{|\Delta V|}{V_{línea}} = \frac{27,84 + 318,27 + 26,41}{20 \cdot 10^3} = 1,86 \%$$

Como se puede ver, la caída de tensión que se produce en la línea es baja, cumpliendo con el valor recomendado por Endesa ( $|\Delta V|_{\%} < 5 \%$ ).

#### 5.2. Pérdidas de potencia

Tras calcular las pérdidas de potencia correspondientes a los diferentes tramos de la línea en los apartados anteriores (tanto en los tramos subterráneos como en el tramo aéreo), el resultado final obtenido es el siguiente:

$$\Delta P_{\%} = \frac{\Delta P}{P_{TOTAL}} = \frac{5,28 \cdot 10^3 + 48,67 \cdot 10^3 + 1,41 \cdot 10^3}{2,335 \cdot 10^6} = 2,37 \%$$



Como se puede observar, las pérdidas de potencia que se producen en la línea son pequeñas.

Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo  
Graduado en Ingeniería Eléctrica





## **3.2. ANEXO II: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# Índice

## Página

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Objeto.....                                                                        | 223 |
| 2. Disposiciones de seguridad de carácter general a tener en cuenta en las obras..... | 223 |
| 2.1. Riesgos generales de la obra .....                                               | 223 |
| 2.2. Riesgos eliminables .....                                                        | 226 |
| 2.3. Accesos y vallado.....                                                           | 226 |
| 2.4. Vías y salidas de emergencia .....                                               | 227 |
| 2.5. Orden y limpieza .....                                                           | 227 |
| 2.6. Caída de materiales y personas y riesgos de derrumbamiento.....                  | 227 |
| 2.7. Alumbrado .....                                                                  | 227 |
| 2.8. Prevención de incendios .....                                                    | 228 |
| 3. Posibles labores a realizar en el transcurso de las obras .....                    | 228 |
| 3.1. Tala y poda de masa forestal .....                                               | 228 |
| 3.1.1. Posibles labores de tala y poda a realizar y herramientas .....                | 229 |
| 3.2. Apertura de pistas .....                                                         | 232 |
| 3.3. Desbroce del terreno.....                                                        | 233 |
| 3.4. Movimientos de tierras y excavación .....                                        | 235 |
| 3.5. Cimentaciones .....                                                              | 238 |
| 3.6. Encofrado y desencofrado .....                                                   | 239 |
| 3.7. Albañilería .....                                                                | 241 |
| 3.8. Armado e izado de apoyos.....                                                    | 243 |
| 3.9. Tendido de conductores .....                                                     | 247 |
| 3.10. Instalaciones de puesta a tierra de los apoyos .....                            | 250 |
| 3.11. Carga, transporte y descarga de material .....                                  | 251 |
| 3.12. Trabajos en altura .....                                                        | 253 |
| 3.13. Trabajos con exposición a agentes químicos .....                                | 255 |
| 3.14. Trabajos en vías públicas.....                                                  | 258 |
| 3.15. Operaciones en el interior de los CT.....                                       | 259 |





|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 4. Formación e información de los trabajadores .....  | 260 |
| 5. Medicina preventiva y asistencial.....             | 261 |
| 5.1. Reconocimientos médicos .....                    | 261 |
| 5.2. Centros asistenciales en caso de accidente ..... | 262 |
| 5.3. Botiquín de primeros auxilios .....              | 263 |
| 6. Señalización de trabajos en vías públicas .....    | 263 |

## 1. Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con el Art. 7 del citado Real Decreto, el objeto del presente Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

## 2. Disposiciones de seguridad de carácter general a tener en cuenta en las obras

Se tomarán todas las precauciones adecuadas para:

- Garantizar que todos los lugares de trabajo sean seguros y estén exentos de riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.
- Proteger a las personas que se encuentren en una obra o en sus inmediaciones de todos los riesgos que pueda acarrear ésta. Se indicarán con claridad todos los huecos, aberturas y otros lugares que puedan entrañar un peligro para los trabajadores.

### 2.1. Riesgos generales de la obra

Se consideran riesgos generales aquellos que afectan al trabajador simplemente por estar en la obra, sin importar su oficio, el trabajo que esté realizando o si lo está haciendo en ese momento.

Estos riesgos generales impactan a todos los trabajadores presentes en la obra.

Las protecciones colectivas se indicarán en cada unidad de obra, maquinaria y/o medio auxiliar que generen los distintos riesgos.

#### **Riesgos asociados:**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caídas de objetos por manipulación.

- Pisadas sobre objetos punzantes.
- Golpes o cortes con objetos o herramientas.
- Atrapamiento por/entre objetos.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas.
- Atropellos, golpes y choques con/contra vehículos.
- Riesgos derivados de los trabajos realizados bajo condiciones meteorológicas adversas (bajas temperaturas, fuertes vientos, lluvias, etc.).
- Ambientes de polvo en suspensión.
- Proyección de partículas o de chispas en cara y cuerpo de los operarios, debido a la manipulación de herramientas o maquinaria.
- Otros.

#### **Medidas de prevención:**

- Zonas de paso limpias e iluminadas.
- Está prohibido retirar las protecciones colectivas. Se repondrán inmediatamente las protecciones colectivas que por algún motivo puntual y concreto se hayan tenido que retirar.
- No se transitará por debajo de cargas suspendidas.
- Zonas de paso y acopios ordenados.
- Se transitará por la obra prestando la mayor atención posible.
- En los acopios, los materiales estarán colocados de forma estable, aún en condiciones climatológicas rigurosas.
- No se transitará junto a máquinas o vehículos.
- Todo el equipo debe usar botas antideslizantes y especiales para evitar caídas en pendientes y al mismo nivel.
- Deben evitarse subidas o posiciones en zonas muy inclinadas, a menos que se esté debidamente asegurado con una cuerda, un cinturón de sujeción y un punto fijo en la parte superior de la zona.

- Todos los trabajos que se realicen en alturas, de comprobación o replanteo, tienen que desarrollarse con cinturón de sujeción y estar anclado a puntos fijos de las estructuras.
- Uso de gafas antipartículas en caso necesario.
- Empleo de chalecos reflectantes para aumentar la visibilidad de los operarios, especialmente si se trata de trabajos en calzada.

### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco.
- Guantes de lona y piel.
- Mono de trabajo.
- Botas de seguridad antideslizantes.
- Botas de agua.
- Impermeables.
- Mascarilla antipolvo.
- Pantalla facial antiimpactos.
- Chalecos reflectantes.

### **Protecciones colectivas:**

- Señalización homologada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento o cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Conos y jalones de señalización.

### **Protecciones de uso circunstancial:**

- Señalización normalizada de tráfico.
- Balizas luminosas.
- Vallas metálicas normalizadas para desviación de tráfico y contención de peatones.
- Ropa de protección frente al mal tiempo.

## 2.2. Riesgos eliminables

Siempre que deban ejecutarse trabajos en proximidad de elementos en tensión se procederá al descargo de las partes activas en proximidad.

Dicho descargo será realizado por personal cualificado y autorizado por escrito por la Propiedad previa solicitud de descargo.

Todos los trabajos deberán realizarse según lo establecido en el REAL DECRETO 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

## 2.3. Accesos y vallado

Se procurará en lo posible que los accesos a los apoyos se realicen por medio de caminos existentes. Para aquellos apoyos que por su ubicación no dispongan de caminos, se construirán pistas de acceso con dimensionamiento y pendiente adecuada que permita el acceso tanto de vehículo todoterreno como de maquinaria.

Los accesos de materiales y para el personal, estarán debidamente señalizados. En dichos accesos, en sitio visible, se colocarán carteles prohibiendo la entrada a personas ajenas a la obra.



## 2.4. Vías y salidas de emergencia

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad. En caso de peligro, todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad para los trabajadores. Las vías y salidas específicas de emergencia se señalizarán conforme al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Dicha señalización se fijará en los lugares adecuados y tendrá la resistencia suficiente.

## 2.5. Orden y limpieza

Durante los trabajos, se aplicará un programa adecuado de orden y limpieza que tenga en cuenta el almacenamiento adecuado de materiales y equipos y la evacuación de desperdicios, desechos y escombros a intervalos apropiados. No se depositarán ni acumularán en las obras materiales sueltos innecesarios que puedan obstruir los medios de acceso y salida de los lugares de trabajo y los lugares de paso.

## 2.6. Caída de materiales y personas y riesgos de derrumbamiento

Se tomarán precauciones adecuadas para proteger a las personas contra la caída de materiales y herramientas o de maquinaria, cuando ésta sea izada o apeada, instalando para ello vallas o barreras, o apostando algún trabajador para que vigile las operaciones. Si la seguridad lo exige, se emplearán apeos, vientos, obenques, apuntalamientos, riostras o soportes, o se tomarán otras precauciones eficaces para impedir todo riesgo de derrumbamiento, desplome o desmoronamiento mientras se realizan trabajos de construcción, conservación, reparación, desmontaje o demolición. Se protegerán con cubiertas o vallas todas las aberturas que puedan entrañar un riesgo de caída para los trabajadores; esas aberturas se señalizarán de la manera más apropiada. Si las circunstancias lo permiten, se instalarán barandillas y plintos conformes a las disposiciones de las leyes y reglamentos nacionales, con objeto de proteger a los trabajadores contra caídas de un lugar de trabajo a altura peligrosa. Cuando no fuere posible hacerlo, se instalarán redes y lonas de seguridad adecuadas, o bien se facilitarán cinturones, chalecos o arneses de seguridad apropiados.

## 2.7. Alumbrado

Cuando la iluminación natural no sea suficiente para garantizar la seguridad, se preverá un alumbrado suficiente y apropiado, incluidas, cuando proceda, lámparas portátiles en todos los lugares de trabajo y en cualquier otro lugar de la obra por el que pueda tener que pasar un trabajador. En la medida de lo posible, el alumbrado artificial no

deslumbrará ni producirá sombras. En caso necesario, se preverán resguardos adecuados para las lámparas. Los cables de alimentación del material de alumbrado eléctrico portátil serán de un diámetro y características adecuados al voltaje necesario, y tendrán una resistencia mecánica suficiente para soportar las rudas condiciones de su utilización en las obras.

## 2.8. Prevención de incendios

El proyecto de ejecución no contempla el uso de materiales y sustancias en la obra que puedan provocar un incendio. Sin embargo, se equipará con un número adecuado de dispositivos de lucha contra incendios en puntos específicos. Cada contratista deberá prever sus propios medios de extinción de incendios, asegurándose de que estén ubicados en zonas de fácil acceso en caso de emergencia durante sus actividades. Estos dispositivos deberán ser revisados y mantenidos regularmente, además de estar señalizados de acuerdo con el Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Asimismo, la maquinaria de obra debe contar con medios de extinción de incendios de polvo seco, con la siguiente capacidad extintiva según la ORDEN de 27 de julio de 1999:

- Hasta 1.000 kg de PMA: Un extintor de clase 8A/34B.
- Hasta 3.500 kg de PMA: Un extintor de clase 13A/55B.
- Hasta 7.000 kg de PMA: Un extintor de clase 21A/113B.
- Hasta 20.000 kg de PMA: Un extintor de clase 34A/144B.
- Más de 20.000 kg de PMA: Dos extintores de clase 34A/144B.

## 3. Posibles labores a realizar en el transcurso de las obras

### 3.1. Tala y poda de masa forestal

Antes de realizar las labores de talado, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Estudio de la caída natural.
- Elección de la dirección de caída.
- Preparación y limpieza del terreno próximo al tronco.
- Preparación del tronco.



Si la dirección de caída natural no coincide con la elegida, se forzará ésta mediante cuerdas y se efectuará la “entalla” en tal dirección. La caída será guiada cuando pueda producir daños a terceros, propiedades, etc.

Para efectuar la tala, se realizará un corte o “entalladura de dirección” y luego el corte de caída. Antes del talado, se cortarán las ramas que estén demasiado bajas. Ningún operario permanecerá en las proximidades de caída en la trayectoria del árbol, incluso de los árboles próximos a dicha trayectoria. No se efectuarán operaciones de tala con vientos fuertes. Si es necesario derribar un árbol cerca de líneas eléctricas, telefónicas, etc., se deberán cortar las ramas a una altura suficiente para que el árbol caiga sin traspasar la distancia de seguridad. Una vez comenzada la tarea de talado, ésta deberá terminar totalmente antes de retirarse al finalizar la jornada de trabajo.

### **3.1.1. Posibles labores de tala y poda a realizar y herramientas**

#### **Desramado:**

- En primer lugar, se cortarán las ramas que obstaculicen el trabajo.
- El desramado comenzará por la base siguiendo hacia la copa, efectuándose siempre desde un mismo lado del tronco.
- Seguidamente se cortarán las ramas que provocan tensiones en la rama principal. Finalmente, se cortará la rama principal.
- Siempre se iniciará el corte por la parte de la rama sometida a tracción.
- Si las ramas son muy grandes, se cortarán en dos veces o en las que se considere necesarias.
- Se tendrá especial cuidado al terminar de cortar las ramas de forma que no alcancen al operario por movimientos incontrolados.

#### **Tronzado:**

- Previamente se realizará un examen de las partes sometidas a tensiones (compresión, tracción).
- Se preverán los posibles movimientos del tronco.
- En pendientes, siempre se efectuarán los cortes desde la parte contraria al sentido de rotación del tronco.
- Se procurará hacer el corte siempre un poco inclinado.

### **Poda:**

- Una persona dirigirá los trabajos desde el suelo.
- No se situarán varios operarios en un árbol simultáneamente.
- Antes de acceder a cualquier árbol, se deberán inspeccionar las ramas para comprobar si tienen debilidades en su estructura.
- Nunca se deben utilizar las ramas secas como soporte de asentamiento o agarradera.
- Al ascender o descender del árbol, los operarios no transportarán herramientas en las manos.
- Durante los trabajos que impliquen la caída de ramas, no permanecerá ninguna persona debajo de la zona afectada.
- Se respetarán las distancias de seguridad en el caso de cortar ramas en proximidad de líneas eléctricas. Si no fuera posible, se procederá al descargo de las mismas. Si los trabajos deben realizarse con tensión, se utilizará el procedimiento de T.E.T. correspondiente.
- Para evitar daños a terceros o interrupciones en carreteras y vías, se tendrá especial cuidado en la caída de las ramas. Si es necesario, se guiará y controlará su caída mediante cuerdas o medios auxiliares.

### **Manipulación y quema de ramas y matorrales:**

- Antes de proceder a la quema de ramas o matorrales, se cumplirá con la legislación vigente, obteniendo los permisos necesarios.
- Se apilarán en montones pequeños, fuera de las zonas de paso, de líneas eléctricas, telefónicas, etc.
- No se abandonará una zona de fuego sin extinguirlo totalmente.
- Se dispondrá de un extintor de incendios.

### **Herramientas de mano (hachas, palancas, ganchos, etc.):**

- No se efectuarán los cortes en dirección al cuerpo.
- El hacha se sujetará de forma segura.

- Se mantendrá una distancia suficiente entre los operarios que manejen estas herramientas.
- Se seguirán las medidas correctoras y consignas preventivas que sean de aplicación en el apartado "Herramientas Manuales".

### **Herramientas mecánicas (motosierras, desbrozadoras, etc.):**

- Se seguirán las medidas correctoras y consignas preventivas que sean de aplicación en el apartado "Herramientas Eléctricas de Mano".
- Serán utilizadas por personal capacitado para ello. El traslado se realizará con la herramienta parada. No se situará ningún operario en el radio de acción de las herramientas.
- No se cortará con la punta del espadín para evitar el riesgo de rebote de la motosierra.
- El reaprovisionamiento de combustible se realizará en lugares despejados y libres de materiales inflamables. Se esperarán unos minutos antes de reaprovisionar para que la herramienta se enfríe. Mientras esté caliente, se colocará sobre un tronco o madera, nunca sobre hojas secas.
- Antes de arrancar el motor, se deberá alejar unos metros del lugar donde se ha reaprovisionado de combustible. Está estrictamente prohibido fumar o producir llama dentro de la Zona de Trabajo.

### **Riesgos asociados:**

- Caída de objetos desprendidos.
- Contactos eléctricos.
- Golpes y cortes con objetos o herramientas.
- Sobreesfuerzos.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Caída desde altura.
- Propagación de incendios.

### **Medidas de prevención:**

- Se prohíbe cualquier trabajo de medición o estancia de personas en la zona de influencia donde se encuentran operando las máquinas que realizan labores de desbroce.
- Se evitarán los periodos de trabajo en solitario en la medida de lo posible, salvo circunstancias excepcionales o de emergencia.

### **Protecciones individuales:**

- Casco de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Calzado de seguridad.
- Botas de goma o P.V.C.
- Protectores auditivos.
- Protección respiratoria con mascarillas autofiltrantes para partículas.
- Fajas lumbares antivibraciones.

## **3.2. Apertura de pistas**

### **Riesgos asociados:**

- Atrapamientos por o entre objetos.
- Caídas de personas al mismo o a distinto nivel.
- Sobreesfuerzos.

### **Medidas de prevención:**

- Las pistas o caminos de acceso deberán ser lo suficientemente anchos para evitar roces y choques, tanto de materiales como del personal que trabaja en la obra.
- Se procurará que las pendientes no sean pronunciadas para prevenir caídas o vuelcos de vehículos o materiales debido al desplazamiento del centro de gravedad.
- La construcción de estos accesos se realizará con máquinas y equipos adecuados, según el volumen y las necesidades específicas de la obra.

Protecciones Individuales:

- Casco de seguridad.
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Ropa de protección para el mal tiempo.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad.

### 3.3. Desbroce del terreno

**Riesgos asociados:**

- Caídas al mismo nivel.
- Pisadas sobre objetos.
- Exposición a ambientes pulvígenos.
- Exposición al ruido.
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos por vuelcos de maquinaria.
- Sobreesfuerzos.
- Atropellos o golpes con vehículos.
- Accidentes causados por seres vivos.

**Medidas de prevención:**

- El personal interviniente conocerá y observará las normas específicas para este tipo de trabajo, usando calzado adecuado (bota de agua) con piso no desgastado.
- Se reconocerá el terreno y reflejarán sus incidencias, poniendo atención a materiales abandonados.

- Se prohibirá la permanencia del personal en las proximidades de la maquinaria durante su trabajo.
- Toda máquina o vehículo estará dotada de pörtico-antivuelco.
- Los obstáculos enterrados, tales como líneas eléctricas y conducciones peligrosas, deben estar perfectamente señalizados en toda la longitud afectada.
- Se rastrillará periódicamente con la pala el barro que se vaya acumulando.
- El material de origen vegetal se irá depositando en montones separados de los restos de la excavación de las zanjas, de forma que se facilite su posterior restauración.
- Se definirán vías para el paso de vehículos en la retirada del material.
- La existencia de pequeños taludes debe ser señalizada tanto para la identificación por parte de los conductores de vehículos como por peatones.
- Antes de entrar personal en la obra, se aconseja que la maquinaria pesada efectúe algunas pasadas, o se emitan algunos ruidos, con el fin de ahuyentar a animales salvajes en la zona.
- Será obligatoria la presencia de un recurso preventivo para ejecutar estos trabajos.

#### **Protecciones individuales:**

- Casco de seguridad contra choques e impactos.
- Mascarillas de protección para ambientes pulvígenos.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad (chaleco reflectante).
- Botas de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Botas de agua de seguridad con puntera reforzada de acero.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

#### **Protecciones colectivas:**

- Señalización homologada indicativa de riesgo.

- Cordón reflectante de balizamiento o cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Conos y jalones de señalización.
- Malla de señalización.

### 3.4. Movimientos de tierras y excavación

El movimiento de tierras comprende las operaciones de excavación, retirada del material sobrante con carga y transporte del mismo, y terraplén o relleno.

#### **Riesgos asociados:**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída desde altura.
- Caída desde altura considerable.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Accidente durante el desplazamiento como peatón o pasajero.
- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.
- Exposición a ruido.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Golpes y cortes contra objetos inmóviles.
- Golpes y cortes por objetos móviles.



- Temperaturas ambientales extremas.
- Exposición a vibraciones.
- Accidente causado por seres vivos.

### **Medidas de prevención:**

- Previamente al inicio de los trabajos se realizará un estudio del terreno para determinar sus características y consiguiente definición de taludes o en su defecto entibación necesaria.
- Previamente al inicio de los trabajos se realizará una identificación de las conducciones existentes en las zonas de actuación (agua, alcantarillado, electricidad, gas, etc.). En presencia de conducciones o servicios subterráneos imprevistos se paralizarán de inmediato los trabajos, dando aviso urgente a la dirección de la obra. Las tareas se reanudarán cuando la dirección de obra lo considere oportuno.
- En caso de ser necesario, se colocará vallado perimetral de obra alrededor de la misma.
- Se prohibirá trabajar o permanecer observando dentro del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras. En caso de proximidad para la supervisión de trabajos, será obligatorio el uso de casco de seguridad.
- Queda prohibida la simultaneidad del trabajo de la máquina con la permanencia de operarios en el interior de la excavación.
- Todas las excavaciones de obra se señalizarán en todo su perímetro con el fin de evitar caídas a distinto nivel limitando el acceso de vehículos y personas. Cuando la profundidad de la excavación sea superior a 2 metros, se deberá proteger mediante el uso de barandillas con suficiente rigidez y estabilidad.
- Deberán eliminarse los árboles, arbustos y matorros cuyas raíces hayan quedado al descubierto, mermando la estabilidad propia y del corte efectuado del terreno.
- Los productos de la excavación que no hayan de retirarse de inmediato, así como los materiales que hayan de acopiarse (tubos, ladrillos, elementos para entibaciones, etc.) se colocarán a una distancia de al menos 2 m del borde de la excavación para que no supongan una sobrecarga que pueda dar lugar a desprendimientos o corrimientos de tierras en los taludes.
- Cuando en los trabajos de excavación se empleen máquinas, camiones, etc. que supongan una sobrecarga, así como la existencia de tráfico rodado que transmita

vibraciones que puedan dar lugar a desprendimientos de tierras en los taludes, se adoptarán las medidas oportunas de refuerzo de entibaciones.

- La circulación de vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de excavación de 4 metros.

### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco de seguridad.
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Calzado de protección básico (resistente y con puntera resistente a impactos) con resistencia a la perforación (requisitos mínimos).
- Ropa de protección frente al mal tiempo.
- Ropa de protección de alta visibilidad (chalecos reflectantes).
- Protectores auditivos tipo tapones o tipo orejeras para operadores de maquinaria u operarios que trabajen en su proximidad.
- Ropa de protección impermeable en ambientes húmedos.
- Sistema de protección anticaídas con cinturones de sujeción y elementos de amarre para operarios en plataformas de trabajo.
- Fajas lumbares antivibraciones para operadores de maquinaria y vehículos que generen vibraciones.
- Botas impermeables en trabajos en terrenos anegados.
- Protección ocular tipo gafas de montura universal o de montura integral resistentes a proyecciones.
- Protección respiratoria con mascarillas autofiltrantes para partículas en ambientes pulvígenos.

### **Protecciones colectivas:**

- Señalización homologada indicativa de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento o cinta de balizamiento para delimitación de áreas afectadas.
- Conos y jalones de señalización.

- Baliza luminosa para señalización nocturna.
- Señalización normalizada de tráfico.
- Señalistas.
- Vallas metálicas normalizadas para desviación de tráfico y contención de peatones.

### 3.5. Cimentaciones

#### **Riesgos asociados:**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída desde altura.
- Caída de objetos en manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Sobreesfuerzos.
- Accidente por acción de la naturaleza.
- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.

#### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Inspección del tajo antes de iniciar los trabajos para detectar grietas o desplazamientos del terreno, revisando las zanjas regularmente.
- No trabajar en zanjas de más de 2 metros de profundidad sin protección adecuada, como barandillas completas con pasamanos a 90 cm, listón intermedio y rodapié.
- Señalizar correctamente pozos y zanjas para evitar caídas.
- Vigilar y reforzar encofrados durante el vertido del hormigón, deteniendo el vertido en caso de fallos.
- Mantener limpieza y orden en el área de trabajo y zonas de paso.

- Utilizar medios específicos para acceso seguro a zonas de trabajo.
- Acotar áreas con riesgo de caída de herramientas o materiales.
- Utilizar medios mecánicos para trasladar materiales siempre que sea posible.

#### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Sistema de protección anticaídas con cinturones de sujeción y elementos de amarre.
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Calzado de seguridad con puntera resistente a impactos y resistencia a perforación.
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Sistemas de protección anticaídas con arnés y elementos de amarre con absorbedor de energía.

#### **Protecciones colectivas:**

- Señales normalizadas indicativas de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento.
- Red horizontal en vanos.
- Marquesinas de protección.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Red vertical en borde de piso.
- Barandillas, listón intermedio y rodapié en andamios y plataformas.
- Dispositivo de puesta a tierra en equipos de soldadura.

### **3.6. Encofrado y desencofrado**

#### **Riesgos de la actividad:**

- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Temperaturas ambientales extremas.
- Contacto eléctrico (apuntalamiento con piezas mecánicas).

- Accidente por acción de la naturaleza.
- Atrapamiento por o entre objetos.

#### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Revisión de elementos de encofrado antes de su uso.
- No usar armazones de encofrado como plataformas de trabajo.
- Asegurar firmemente los encofrados antes de soltarlos de las grúas.
- Situarse en lugares resguardados antes de soltar elementos de encofrado.
- Remachar o extraer clavos y puntas de la madera usada tras el desencofrado.
- Advertir del riesgo de caída a distinto nivel al caminar sobre el entablado.
- No usar puntales metálicos deformados, retirándolos e inutilizándolos.
- Tomar precauciones especiales en presencia de conducciones eléctricas.
- Suspender el montaje de paneles en días ventosos.
- Revisar frecuentemente los elementos del encofrado para detectar roturas.

#### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Sistema de protección anticaídas con cinturones de sujeción y elementos de amarre.
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Calzado de seguridad con puntera resistente a impactos y resistencia a perforación.
- Sistemas de protección anticaídas con arnés y elementos de amarre con absorbedor de energía.
- Calzado de seguridad antideslizante.

#### **Protecciones colectivas:**

- Señales normalizadas indicativas de riesgo.
- Cordón reflectante de balizamiento.
- Red horizontal en vanos.
- Marquesinas de protección.

- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Barandillas, listón intermedio y rodapié en andamios y plataformas.
- Dispositivo de puesta a tierra en equipos de soldadura.

### 3.7. Albañilería

#### **Riesgos asociados:**

- Proyección de fragmentos o partículas.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída desde altura.
- Caída de objetos desprendidos.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Sobreesfuerzos.
- Contacto eléctrico directo.
- Contacto eléctrico indirecto.

#### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Delimitación y señalización de la zona de trabajo.
- Mantener la zona de trabajo libre de obstáculos.
- Usar andamios y plataformas de trabajo con barandilla completa y accesos seguros.
- Realizar operaciones de carga y descarga siguiendo procedimientos de seguridad.
- Adecuada iluminación del área de trabajo.
- Prohibir trabajar junto a paramentos recién levantados antes de 48 horas.
- Utilizar gafas de protección en trabajos con ladrillería.

### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Protección ocular tipo gafas resistentes a proyecciones.
- Sistema de protección anticaídas con cinturones de sujeción y elementos de amarre.
- Guantes de protección contra riesgos mecánicos.
- Sistema de protección anticaídas con arnés y elementos de amarre con absorbedor de energía.
- Calzado de seguridad antideslizante.
- Calzado de seguridad.

### **Protecciones colectivas:**

- Señales normalizadas de regulación de tráfico.
- Señales normalizadas indicativas de riesgo.
- Baliza luminosa para señalización nocturna.
- Cordón reflectante de balizamiento.
- Cinta de balizamiento.
- Valla metálica autónoma para contención de peatones.
- Valla metálica normalizada para desviación de tráfico.
- Semáforo portátil para control de tráfico.
- Señalista con paletas de tráfico.
- Marquesina de protección.
- Lona de protección contra caída de escombros y polvo.
- Calzos para acopio de tubos.
- Redes verticales y horizontales.
- Barandilla completa con pasamanos a 90 cm, listón intermedio y rodapié en andamios y plataformas.
- Señal normalizada de medios de extinción de incendios.



- Extintor de polvo polivalente.

### 3.8. Armado e izado de apoyos

El armado e izado incluirá el transporte a obra de todos los elementos de la estructura y la tornillería, debiendo utilizarse los vehículos y grúas adecuados, incluso para las tareas de carga y descarga.

#### **Riesgos asociados:**

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel durante el ascenso, trabajos y descenso de los apoyos o protecciones.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación, desprendimiento de cargas suspendidas con grúa.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.
- Atrapamiento por vehículos, máquinas o equipos.
- Sobreesfuerzos, malas posturas o manejo de cargas pesadas.
- Quemaduras, contactos térmicos.
- Contactos eléctricos.
- Atropellos, golpes con vehículos.
- Agresión de animales.
- Estrés térmico.

#### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Previo al amarre de los conductores y cables de tierra en los apoyos de principio y fin del tramo a tender, se atirantarán dichos apoyos a bloques de hormigón mediante cables de acero de similar diámetro al utilizado como piloto, a fin de contrarrestar la tensión mecánica unilateral producida por los cables. Comprobar que antes de realizar

el tendido los apoyos del cantón a tender se encuentran venteados y atirantados sus crucetas.

- Se estudiará cada maniobra atendiendo a las situaciones que se van planteando.
- El izado del apoyo, se realizará siempre que resulte posible mediante grúas móviles, al considerar que dichos sistemas de izado ofrecen una mayor seguridad al estar expuestos los operarios menor tiempo a trabajos en altura.
- Todos los apoyos dispondrán de dispositivos fijos de escala “patés” con objeto de facilitar el acceso de los operarios. Todos los operarios harán uso de la línea de vida al realizar el ascenso/descenso de los apoyos.
- Se utilizarán dos sistemas de izado, el de grúa con pluma y el de rotación, si las características del terreno no permitiesen el izado de los apoyos con grúa.
- En ambos sistemas de izado, queda disminuida prácticamente la presencia de los operarios en trabajos de altura uno de los mayores peligros en esta fase de montaje de líneas, y como consecuencia, se reducen considerablemente la probabilidad de accidentes.
- En el primer caso, se armarán los apoyos enteros en el suelo y se izarán con grúa con pluma telescópica y con capacidad de fuerza y altura suficiente para que la maniobra de izado se realice con toda seguridad.
- Se emplazará en lugar seguro para que los gatos de la grúa no puedan fallar en evitación del vuelco.
- Los puntos de amarre de la torre deben responder suficientemente a los esfuerzos a los que se le vayan a someter y, durante el izado, que se realizará lentamente y sin tirones, el personal se situará fuera de las áreas de peligro utilizando retenidas a distancia, hasta que el apoyo mantenga su verticalidad, momento en el que el personal debe proceder al ensamblaje del mismo.
- En caso del izado por rotación, se realizará con una o dos plumas metálicas de altura y resistencia probada, procediendo a embragar el apoyo a la mayor altura posible y colocando dos bisagras en dos patas de los anclajes. Dos barras paralelas unirán las otras dos patas con el fin de evitar deformaciones en los anclajes.
- Este segundo sistema de izado requiere un examen del apoyo para que no haya deformaciones en el momento de su izado.

- Igualmente debe ser examinada la situación de los vientos lo mismo en la pluma que en el apoyo, principalmente los que trabajan en sentido lateral y vuelco, recomendándose colocación de tráctel o aparejos en todos ellos, para poder mantener las tensiones equilibradas en cada momento.
- El personal del izado tiene que ser consciente de la responsabilidad que existe al dejar piezas sin coser, debido a que posteriormente al subir cualquier operario puede cogerse a ella y al no haber quedado bien atornillada ser esto causa de un accidente.
- Durante el armado e izado de apoyos, los operarios trabajarán con todos los elementos de protección personal obligatorios y evitando el trabajo de dos o más operarios a diferentes alturas, en la misma vertical. Esta forma de actuación se mantendrá durante el apriete final y graneteado de los tornillos, donde a cada operario se le asignará un área de trabajo.
- La “pluma” será lo suficientemente robusta para soportar el peso que le designemos, considerando los esfuerzos secundarios a que estará sometida, condiciones de trabajo, etc.
- Antes del empleo de la “pluma” es recomendable un ensayo dinamométrico en los talleres que ha sido fabricada, sometiéndola al trabajo más desfavorable.
- El cabrestante será de una potencia adecuada al esfuerzo exigido. Se debe prestar una atención especial a los elementos auxiliares, como son: la tiradera del cable, trócolas, etc.
- Para izar la pluma se recomienda un plumín de madera que se colocará en el centro del apoyo y arriostrando con vientos a los anclajes si el apoyo es de cuatro patas, si fuera monoblock, directamente al suelo. En la cabeza del plumín irá una polea por donde se hará pasar la tiradera del cabrestante amarrado a la pluma, como mínimo por las dos terceras partes de su altura.
- El cabrestante se situará, como mínimo a 25 m de distancia del apoyo y durante el izado unos operarios controlarán los vientos laterales de la pluma para que ésta se vaya izando en línea con el plumín y el cabrestante.
- La pluma será portadora en la cabeza de cuatro vientos de cable de acero que se situarán en sentido diagonal al apoyo que esta izando.
- Cuando haya que levantar el apoyo entero o por tramos, se situará otro viento de carga en la parte opuesta al peso que levantamos. Estos vientos serán lo suficientemente resistentes y no se permite que tengan empalmes.

- Para mayor seguridad se situarán dos vientos de carga con una separación de anclaje en el suelo de entre 2 y 4 m de distancia entre sí. Los vientos de carga no deben ir directamente a los pistolos, ya que es conveniente intercalar un tráctér para cada viento con el fin de darle el tense necesario para que la pluma trabaje en las debidas condiciones.
- La fijación de estos vientos en tierra será a bloques-contrapesos que se situarán en un chasis, que colocado en tierra (asegurado si fuese necesario) con unas barras que eviten el arrastre del conjunto de bloques. Se intercalará un dinamómetro entre el chasis y el viento para comprobar el esfuerzo de tiro existente.
- La longitud de los vientos con relación a la altura entre la cabeza de la pluma y el suelo, será recomendable que sea como mínimo, vez y media la altura citada.
- En los casos en los que no se puedan situar los vientos apropiadamente, se estudiará el sistema de izado que se debe aplicar, reduciendo principalmente los pesos a elevar con el fin de no someter a la pluma a esfuerzos de flexión que podrían ser motivo de accidente.
- El cabrestante de izado puede ser de manivela o de motor a explosión, en este caso con cambio de velocidad y equipado con trócolas con reenvío que permiten elevar grandes pesos.
- La tirandela del cabrestante debe deslizarse verticalmente pegada a la pluma y en la base de ésta se colocará una polea de reenvío formando ángulo directamente con el cabrestante, con el fin de evitar pandeo en la pluma al izar las cargas.
- Para el izado de los apoyos el cabrestante se deberá situar a una distancia mínima de 25 m del apoyo, colocando una polea de reenvío en una de las patas para que el cable pueda entrar en el tambor para que estas queden debidamente colocadas.
- El cabrestante se amarrará fuertemente al suelo con vientos y pistolos, para que al levantar el peso al que le sometemos no pueda ser arrastrado.
- Se deberá de instalar una línea de vida para los trabajos en altura.
- No se podrá efectuar un tendido de conductor si no se dispone de unos medios de comunicación adecuados a lo largo de toda la serie.
- Se montarán protecciones sobre caminos, carreteras, ferrocarriles y líneas de baja tensión por personal especializado y de acuerdo con las normas establecidas de tal forma que no puedan volcarse hacia el elemento que se protege. Serán lo suficientemente resistentes para soportar la caída de conductor en caso de rotura.

**Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco de seguridad contra choques e impactos.
- Gafas de protección contra las proyecciones de fragmentos o partículas.
- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante.
- Arnés de seguridad.
- Ropa de trabajo para el mal tiempo.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad.

**Protecciones colectivas:**

- Línea de vida para el acceso a los apoyos.
- Cinta de balizamiento para delimitar las zonas en las que se está izando.
- Protecciones sobre caminos, carreteras, ferrocarriles y líneas de baja tensión en las operaciones de cruzamiento (galibo, tejas, mantas aislantes, etc.).
- Puestas a tierra.

### 3.9. Tendido de conductores

El montaje y tendido también incluirá el transporte de todos los materiales necesarios desde el almacén a la obra, la carga y descarga, y medios auxiliares. Tanto para el transporte como para la carga y descarga se utilizarán vehículos y grúas adecuados. Previo al tendido de cables se colocarán sobre los apoyos las poleas que servirán de base para el arrastre de los cables mediante el correspondiente piloto, realizándose previamente el montaje de las cadenas de aisladores en los apoyos de suspensión. El despliegue de cables se efectuará con tensión mecánica controlada, utilizando un equipo de tendido adecuado. Los apoyos de principio y fin del tramo a tender se atirantarán con objeto de contrarrestar la tensión unilateral de los cables. Una vez desplegado el cable, se procederá al tensado, al regulado definitivo, al engrapado tras la compensación de cadenas y a la colocación de todos los herrajes complementarios.

**Riesgos asociados:**

- Caídas al mismo nivel.

- Caídas a distinto nivel.
- Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
- Caída de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas.
- Proyección de fragmentos o partículas.

### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Durante el montaje o desmontaje de apoyos y conductores, los operarios trabajarán con todos los elementos de protección personal obligatorios y evitarán el trabajo de dos o más operarios a diferentes alturas, en la misma vertical.
- La “pluma” será lo suficientemente robusta para soportar el peso que le designemos, considerando los esfuerzos secundarios a que estará sometida, condiciones de trabajo, etc.
- Antes del empleo de la “pluma” es recomendable un ensayo dinamométrico en los talleres que ha sido fabricada, sometiéndola al trabajo más desfavorable.
- El cabrestante será de una potencia adecuada al esfuerzo exigido. Se debe prestar una atención especial a los elementos auxiliares, como son: la tiradera del cable, trócolas, etc.
- Para izar la pluma se recomienda un plumín de madera que se colocará en el centro del apoyo y arriostrando con vientos a los anclajes si el apoyo es de cuatro patas, si fuera monoblock, directamente al suelo. En la cabeza del plumín irá una polea por donde se hará pasar la tiradera del cabrestante amarrado a la pluma, como mínimo por las dos terceras partes de su altura.
- El cabrestante puede ser de manivela o de motor a explosión, en este caso con cambio de velocidad y equipado con trócolas con reenvío que permiten elevar grandes pesos.
- La tirandela del cabrestante debe deslizarse verticalmente pegada a la pluma y en la base de ésta se colocará una polea de reenvío formando ángulo directamente con el cabrestante, con el fin de evitar pandeo en la pluma al izar las cargas.

- El cabrestante se amarrará fuertemente al suelo con vientos y pistolos, para que al levantar el peso al que le sometemos no pueda ser arrastrado.
- El cabrestante se situará, como mínimo a 25 m de distancia del apoyo.
- La pluma será portadora en la cabeza de cuatro vientos de cable de acero que se situarán en sentido diagonal al apoyo que está izando.
- Se deberá de instalar una línea de vida para los trabajos en altura.
- Se montarán protecciones sobre caminos, carreteras, ferrocarriles y líneas de baja tensión por personal especializado y de acuerdo con las normas establecidas de tal forma que no puedan volcarse hacia el elemento que se protege. Serán lo suficientemente resistentes para soportar la caída de conductor.
- Para mayor seguridad se colocará en sentido longitudinal a los travesaños de los postes de madera un cable de 12 a 16 mm de diámetro colocando unos pistolos a tierra.
- Las poleas deben estar calculadas debidamente para el diámetro de conductor y peso que deben soportar e irán provistas de rodamientos y bolas para facilitar el desmontaje.
- La máquina de freno y el cabrestante se colocarán siempre manteniendo la horizontalidad.
- La vigilancia permanente del desmontaje del cable con la interconexión radiofónica entre maquinistas y vigilantes es el factor más importante para evitar accidentes.
- Se fijará el cabrestante y la máquina de freno, mediante como mínimo, dos puntos de anclaje, independientes entre sí (no usar el mismo cable para los dos puntos de anclaje) y dos puntillas por cada punto de anclaje. Se usarán cables de acero con gasas y se harán las uniones utilizando grillete. Se bajarán siempre las patas estabilizadoras.
- En los cruzamientos todas las protecciones metálicas que se coloquen en ambos lados de la línea que se cruza han de llevar puesta a tierra.

### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco de seguridad contra choques e impactos.
- Gafas de protección contra las proyecciones de fragmentos o partículas.



- Guantes de trabajo.
- Botas de seguridad con puntera y plantilla reforzada y suela antideslizante.
- Cinturón de seguridad con arnés y línea de vida.
- Ropa de trabajo para el mal tiempo.

**Protecciones colectivas:**

- Cinta de balizamiento para delimitar las zonas en las que se está desmontando el cable.
- Valla de contención de peatones.
- Pasarelas de madera de al menos 60 cm de anchura, bordeadas con barandillas sólidas de al menos 90 cm de altura, listón intermedio y rodapié de al menos 15 cm.

### **3.10. Instalaciones de puesta a tierra de los apoyos**

La ejecución de la puesta a tierra incluirá el suministro de los materiales necesarios, apertura de hoyos o zanja, hincado de picas, tendido de anillos y conexionado. Una vez finalizada, se medirán las resistencias de las puestas a tierra y, en el caso que corresponda, las tensiones de contacto.

**Riesgos de la actividad:**

- Golpes y cortes con objetos o herramientas.
- Contacto térmico.
- Accidente por sustancias nocivas o tóxicas.
- Proyección de fragmentos o partículas.

**Medidas preventivas:**

- Las herramientas manuales deberán ser de características y tamaño adecuados a las operaciones a realizar. No deben portarse en los bolsillos.
- Los trabajadores seguirán un plan de adiestramiento en el uso correcto de cada herramienta que deban emplear en su trabajo.
- Se deben utilizar Equipos de Protección Individual adecuados, como guantes, calzado, etc.

- Los trabajadores encargados de realizar las soldaduras Cadwell utilizarán pantalla de protección facial, gafas y guantes.
- Comprobar que los moldes de la carga estén en buen estado.
- Los moldes estarán secos. Para ello y antes de realizar la primera soldadura, se secarán con encendido de uno sin soldadura.
- Se esparcirá un poco de polvo de cebado en la boca de la tapa para facilitar el encendido.
- Usar un chispómetro para producir la ignición de la pólvora.

#### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco homologado de seguridad para riesgos electromecánicos.
- Guantes de protección.
- Gafas de seguridad.
- Pantallas faciales.
- Botas de seguridad.
- Botas impermeables contra agua y humedad.
- Protectores auditivos.
- Arnés de seguridad con elementos de amarre para trabajos en apoyos.

#### **Protecciones colectivas:**

- Señalización y delimitación de la zona de trabajo.
- Disponer de un extintor apto para los tipos de fuego que se puedan producir.

### **3.11. Carga, transporte y descarga de material**

#### **Riesgos asociados:**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída desde altura.
- Caída de objetos en manipulación.

- Golpes y cortes contra objetos inmóviles.
- Golpes y cortes por objetos móviles.
- Atrapamiento por o entre objetos.
- Atropellos.
- Contacto eléctrico directo/indirecto.
- Exposición a agentes químicos.
- Accidente durante la conducción de máquinas y vehículos.
- Accidente durante el desplazamiento como peatón o pasajero.

### **Medidas de prevención:**

- El transporte de los elementos se realizará mediante camión de capacidad y potencia suficiente.
- Los vehículos de transporte sólo serán utilizados por personal capacitado.
- No transportar pasajeros fuera de la cabina.
- Subir y bajar del vehículo de forma frontal y por los lugares habilitados para ello. No saltar directamente desde la cabina al suelo.
- Mantener el calzado limpio de barro para evitar resbalones durante el acceso al vehículo.
- En todo momento se respetarán las normas marcadas en el código de circulación vial así como la señalización de la obra.
- La velocidad de circulación estará en consonancia con la carga transportada, la visibilidad y las condiciones del terreno.
- Las maniobras dentro del recinto de obra se harán sin brusquedades, anunciando con antelación las mismas y auxiliándose del personal de obra.
- Mantener los caminos de circulación de la obra libres de barrizales.
- Durante las operaciones de carga, el conductor permanecerá dentro de la cabina o alejado del radio de acción de la máquina que efectúe la misma.

- Bajar inmediatamente la caja tras efectuar la descarga y antes de emprender la marcha.
- Las operaciones de revisión con la caja levantada se harán impidiendo su descenso con un dispositivo de enclavamiento.
- Si se ha de estacionar en rampa, el vehículo quedará frenado y calzado con topes.

#### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco de seguridad cuando se abandone la cabina.
- Guantes de protección mecánica.
- Fajas lumbares antivibraciones.
- Calzado de seguridad con puntera resistente a impactos y suela antideslizante.
- Ropa de trabajo adecuada a la climatología.
- Ropa de trabajo de alta visibilidad para cuando se abandone la cabina.

### **3.12. Trabajos en altura**

#### **Riesgos de la actividad:**

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída desde altura.
- Caída de objetos en manipulación.
- Golpes y cortes por objetos o herramientas.
- Caída de objetos por desplome o derrumbe.

#### **Medidas correctoras y consignas preventivas:**

- Los trabajadores que vayan a realizar tareas con riesgos especiales, como trabajos en altura, deben pasar un reconocimiento médico específico que les habilite para dichas tareas.
- Todos los trabajadores deben recibir formación adecuada antes de iniciar los trabajos en altura y conocer los procedimientos específicos de seguridad.

- Se deben emplear medios auxiliares adecuados (andamios, escaleras, etc.) para cada tipo de trabajo, considerando siempre las medidas correctoras y consignas preventivas correspondientes.
- Los trabajos en altura deben realizarse idealmente con equipos diseñados para ello o utilizando dispositivos de protección colectiva como barandillas, plataformas o redes de seguridad. En caso de no ser posible, se deben disponer medios de acceso seguros y utilizar sistemas de protección antiácidas (como cinturones de sujeción o arneses) fijados a puntos sólidos.
- El acceso a las plataformas debe realizarse por lugares seguros y despejados, adoptando medidas para evitar superficies resbaladizas.
- Antes de iniciar la tarea, asegurarse de que las zonas de trabajo con riesgo de caída superior a dos metros estén protegidas con barandillas completas (pasamanos a 90 cm, listón intermedio y rodapié) u otras medidas de protección colectiva como redes. No acceder a zonas desprotegidas sin un sistema de protección anticaída adecuadamente anclado (por ejemplo, arnés de seguridad).
- Realizar revisiones periódicas de la estabilidad y solidez de los elementos de soporte, así como del buen estado de los elementos de protección, antes de su uso. También realizar revisiones adicionales ante cambios en las condiciones de seguridad.
- En zonas donde el riesgo de caída en altura sea inferior a 2 m, señalar el contorno con cintas de balizamiento.
- Si es necesario retirar alguna protección colectiva durante la actividad, reponerla inmediatamente al finalizar.
- Las barandillas perimetrales de cierre de cada planta se desmontarán solo en el tramo necesario para introducir cargas, reponiéndolas durante los períodos de inactividad entre recepciones de carga. Los operarios deberán utilizar cinturones de seguridad anclados a elementos sólidos mientras las barandillas estén desmontadas.
- Las barandillas deben ser resistentes, con una altura mínima de 90 cm, rodapié de 15 cm y listón intermedio para evitar el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- Al trabajar en altura sobre andamios u otros elementos auxiliares, balizar la zona o instalar señales que adviertan del peligro de caída de objetos. Verificar que las barandillas tengan un rodapié de al menos 15 cm de altura.
- No dejar materiales ni herramientas cerca de los bordes de forjados, plataformas de trabajo o huecos horizontales; mantener una distancia de seguridad de dos metros.

- No arrojar objetos ni herramientas; pasarlas de mano en mano o utilizar cuerdas o capazos. Utilizar cinturones portaherramientas que eviten caídas fortuitas y permitan el uso de ambas manos.
- Evitar circular bajo zonas de trabajo sin protección adecuada; utilizar zonas protegidas o marquesinas.
- Mantener limpias y ordenadas las plataformas de trabajo, evitando sobrecargarlas.
- Para trabajos en cubierta con riesgo de caída en altura, adoptar medidas como la protección del perímetro con barandillas completas o la instalación de una línea de vida con arnés de seguridad.
- Queda terminantemente prohibida la construcción y uso de plataformas de trabajo de construcción improvisada.
- Considerar las medidas correctoras y consignas preventivas correspondientes a los medios auxiliares aplicables.

#### **Equipos de Protección Individual (EPIs):**

- Casco de seguridad.
- Guantes de protección mecánica.
- Botas de seguridad con puntera resistente a impactos y suela antideslizante.
- Cinturón o bolsa portaherramientas.
- Arnés de seguridad y línea de vida.
- Ropa de protección adecuada según la climatología.

#### **Protecciones colectivas:**

- Barandillas completas (pasamanos, listón intermedio y rodapié).
- Redes de seguridad horizontales y verticales.

### **3.13. Trabajos con exposición a agentes químicos**

Es una práctica estándar que en cualquier actividad que implique el manejo de productos químicos y sustancias peligrosas, se dispongan las Fichas de Seguridad correspondientes de los productos químicos utilizados.

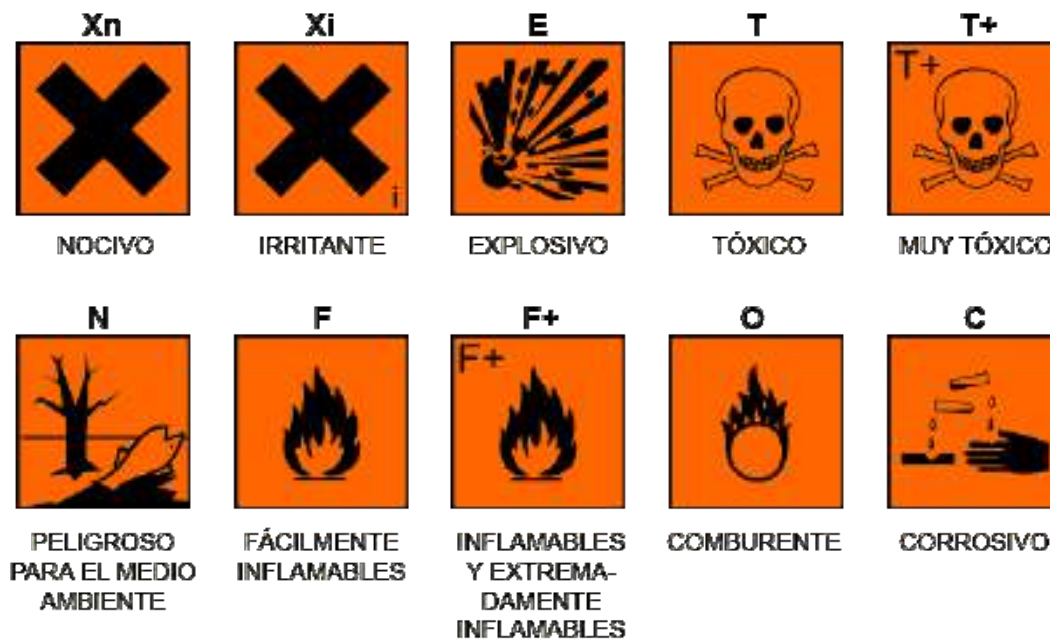
## Identificación de sustancias peligrosas

Es crucial para la prevención ante los efectos nocivos de las sustancias químicas que cualquier persona expuesta tenga acceso a información detallada que describa su peligrosidad y las precauciones necesarias para su manejo seguro. Hay dos medios principales para obtener esta información: el etiquetado adecuado de los recipientes que contienen sustancias peligrosas y las fichas informativas de los productos.

Las etiquetas de las sustancias peligrosas deben incluir la siguiente información:

- Nombre de la sustancia y su concentración.
- Nombre del fabricante, envasador, comercializador e importador de la sustancia, junto con la dirección.
- Pictograma estandarizado que indique el peligro.
- Riesgos específicos asociados a la sustancia (Frases R).
- Medidas de precaución a seguir (Frases S).

Los pictogramas que deben figurar son los siguientes:



Las fichas informativas de productos son un complemento crucial al etiquetado, especialmente útiles para profesionales, ya que proporcionan detalles esenciales para una prevención efectiva de riesgos en el entorno laboral. Estas fichas suelen ser



documentos técnicos que, según su aplicación, abordan aspectos preventivos y de respuesta ante emergencias.

Las fichas deben incluir la siguiente información:

- Composición e información sobre los componentes.
- Identificación de peligros.
- Primeros auxilios.
- Medidas contra incendios.
- Procedimientos en caso de derrames accidentales.
- Manipulación y almacenamiento.
- Controles de exposición y protección personal.
- Propiedades físicas y químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Información toxicológica.
- Consideraciones ecológicas.
- Disposición adecuada.
- Información de transporte.

Los riesgos asociados al uso de productos químicos incluyen:

- Accidentes con sustancias nocivas o tóxicas.
- Contacto con sustancias irritantes.
- Exposición a sustancias cáusticas o corrosivas.
- Riesgo de explosión.
- Incendios.
- Exposición a agentes químicos.

### **Medidas correctivas y consignas preventivas**

Deben ser implementadas de manera general. Las fichas de seguridad deben estar accesibles y conocidas por todos los operarios, quienes deben usar los Equipos de Protección Individual (EPI) especificados en las fichas durante las tareas con estos productos.

Para sustancias irritantes:

- Emplear en áreas bien ventiladas.
- No mezclar productos señalados como peligrosos en las fichas.
- En caso de olor fuerte o escape, evacuar y ventilar la zona.
- Usar protección respiratoria y guantes adecuados para evitar contacto y exposición.

Para sustancias cáusticas o corrosivas:

- Usar guantes y ropa de trabajo adecuada.
- En caso de contacto con ojos o piel, lavar con abundante agua y buscar atención médica.

Para productos inflamables:

- Mantener alejados de llamas o fuentes de calor.
- Prohibido fumar en áreas de almacenamiento o manipulación.

Para sustancias nocivas o tóxicas:

- Usar guantes y ropa protectora.
- Evitar contacto directo con piel y vías respiratorias.
- Manipular en áreas ventiladas y almacenar adecuadamente.

### **3.14. Trabajos en vías públicas**

Estas labores se centran principalmente en la excavación de zanjas en áreas públicas.

#### **Riesgos asociados a la actividad:**

- Caída de objetos por colapso o derrumbe.
- Accidentes mientras se desplaza como peatón o pasajero.

- Exposición a temperaturas ambientales extremas.

#### **Medidas correctivas y consignas preventivas:**

- Golpes y cortes por objetos en movimiento.
- Utilizar protecciones colectivas adecuadamente almacenadas y montadas antes de iniciar cualquier trabajo que las requiera.
- Al finalizar la jornada, retirar toda maquinaria de la vía pública y estacionarla en un área designada.
- Colocar materiales, maquinaria y herramientas en zonas que minimicen la interrupción al tráfico vehicular y peatonal, asegurando su vallado y señalización apropiada.
- Evitar el depósito a granel de materiales directamente en la vía pública, empleando contenedores o recipientes adecuados para reducir ocupación y pérdidas por agentes atmosféricos.
- Todos los trabajadores deben usar ropa de alta visibilidad durante la realización de tareas en vías públicas.

### **3.15. Operaciones en el interior de los CT**

Para la protección del personal y equipos, se debe garantizar que:

No será posible acceder a las zonas normalmente en tensión, si éstas no han sido puestas a tierra. Por ello, el sistema de enclavamientos interno de las celdas debe afectar al mando del aparato principal, del seccionador de puesta a tierra y a las tapas de acceso a los cables.

Las celdas de entrada y salida serán con aislamiento integral y corte en gas, y las conexiones entre sus embarrados deberán ser apantalladas, consiguiendo con ello la insensibilidad a los agentes externos, y evitando de esta forma la pérdida del suministro en los Centros de Transformación interconectados con éste, incluso en el eventual caso de inundación del Centro de Transformación.

Las bornas de conexión de cables y fusibles serán fácilmente accesibles a los operarios de forma que, en las operaciones de mantenimiento, la posición de trabajo normal no carezca de visibilidad sobre estas zonas.

Los mandos de la aparamenta estarán situados frente al operario en el momento de realizar la operación, y el diseño de la aparamenta protegerá al operario de la salida de gases en caso de un eventual arco interno.

Antes de cambiar fusibles, es necesario desconectar la tensión de todos los conductores accesibles para el operario. Para ello, se realizará un corte visible en los circuitos de alta y baja tensión, seguido de la verificación de la ausencia de tensión y la puesta a tierra y cortocircuito en alta tensión, así como la puesta en cortocircuito en baja tensión. Si la instalación cuenta con un dispositivo de cierre brusco de cortocircuito y puesta a tierra en el lado de alta (entre el fusible y el transformador), se puede evitar abrir los circuitos de baja tensión.

Antes de realizar el cortocircuito y puesta a tierra, asegurarse de abrir el seccionador correspondiente de alta tensión y verificar la ausencia de tensión.

En instalaciones donde el fusible puede ser cortado en ambos lados de alta tensión, no es necesario cortar la tensión.

Una vez verificada la ausencia de tensión, se puede evitar la puesta a tierra y el cortocircuito si los dispositivos de cierre de los elementos que aíslan los fusibles están visibles y aseguran que no se cierren accidentalmente.

## 4. Formación e información de los trabajadores

Todo el personal recibirá formación sobre métodos de trabajo, riesgos asociados y medidas de seguridad.

Esta formación incluirá:

- Precauciones específicas para cada tipo de actividad.
- Uso de medidas correctivas durante el trabajo.
- Disponibilidad de socorristas o cursillos de primeros auxilios en la obra.
- Formación en seguridad y salud para todos los trabajadores.
- La empresa principal exigirá a las subcontratistas que formen a su personal en métodos de trabajo seguros y les proporcionará la información necesaria sobre riesgos y protecciones.

Se realizarán cursos periódicos según la incorporación de trabajadores, cubriendo los siguientes objetivos generales:

- Divulgación de contenidos preventivos.
- Comprensión y aceptación de la necesidad de aplicar medidas de seguridad.
- Fomento de un ambiente de trabajo seguro entre los empleados.

Los cursos formativos seguirán estos criterios:

- Charlas impartidas por personal cualificado, usando medios audiovisuales cuando sea posible.
- Entrega de material documental y gráfico con normas obligatorias para el trabajo.

### **Información**

Antes de comenzar en la obra, todos los empleados recibirán:

- Información general sobre los riesgos presentes.
- Detalles sobre las medidas de seguridad, precauciones y medidas correctivas a emplear.

Esta información se entregará el primer día de trabajo y se firmará un acuse de recibo junto con una copia del documento entregado.

## **5. Medicina preventiva y asistencial**

### **5.1. Reconocimientos médicos**

Antes de iniciar cualquier trabajo en la obra, todo el personal debe contar con un "certificado médico de aptitud" anual que confirme su capacidad para desempeñar las tareas asignadas. Las empresas contratistas deben incluir estos certificados en la documentación del personal que incorporan a la obra.

Todos los trabajadores deben someterse como mínimo a un reconocimiento médico anual. El personal eventual debe pasar un reconocimiento médico antes de comenzar en la obra.

Además, aquellos trabajadores que realicen tareas con riesgos especiales, como trabajos en altura, deben pasar un reconocimiento médico específico que los habilite para estas actividades.

Los resultados de estos reconocimientos médicos se clasifican en dos grupos:

- Apto para todo tipo de trabajo.

- Apto con ciertas limitaciones.

Las empresas contratistas se comprometen a asegurar que las empresas y trabajadores autónomos subcontratados para la obra proporcionen la misma documentación y nivel de cumplimiento.

## 5.2. Centros asistenciales en caso de accidente

Se contratarán servicios asistenciales adecuados para atender al personal en caso de accidente.

En la obra, se colocará en un lugar visible una lista con los teléfonos y direcciones de los centros de atención asignados, los cuales estarán ubicados lo más cerca posible de la obra.

### Teléfonos de emergencia:

| URGENCIAS                                                                                                                     |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>General Urgencias</b><br>C. Severo Ochoa, 30, Campanillas,<br>29590 Málaga                                                 | <b>112</b>          |
| <b>Hospital Universitario Virgen de la Victoria (El Clínico)</b><br>Campus de Teatinos, S/N, Puerto de la Torre, 29010 Málaga | <b>951 03 20 00</b> |
| <b>Centro de Salud Don José Molina Díaz</b><br>Calle Albaicín, 1, 29130, Alhaurín de la Torre, Málaga                         | <b>951 77 01 37</b> |
| <b>Centro de Salud Doctor Francisco Burgos Casero</b><br>Avenida La Libertad, 58, 29120, Alhaurín el Grande, Málaga           | <b>951 26 96 21</b> |
| <b>Guardia Civil</b><br>Pl. la Concepción, 4, 29130, Alhaurín de la Torre, Málaga                                             | <b>952 41 00 08</b> |

| URGENCIAS                                                                                                 |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Guardia Civil</b><br>Parque Ferial, Alcalde Antonio Solano, s/<br>n, 29120, Alhaurín el Grande, Málaga | <b>952 59 58 30</b> |
| <b>Policia Local</b><br>Av. España, 73, 29130, Alhaurín de la<br>Torre, Málaga                            | <b>952 41 08 00</b> |
| <b>Policia Local</b><br>C. Virgen del Rosario, 1, 29120,<br>Alhaurín el Grande, Málaga                    | <b>952 49 10 74</b> |
| <b>Bomberos</b><br>C. Cepa, 29130, Alhaurín de la Torre,<br>Málaga                                        | <b>659 61 80 27</b> |

### 5.3. Botiquín de primeros auxilios

En la obra, ya sea en el vestuario o en la oficina, se dispondrá de un botiquín a cargo de una persona capacitada designada por la empresa, equipado con los medios necesarios para proporcionar cuidados de urgencia en caso de accidente.

El botiquín contendrá, de manera orientativa: agua oxigenada, alcohol de 96 grados, tintura de yodo, mercurcromo o cristalmina, amoniaco, gasa estéril, algodón hidrófilo estéril, esparadrapo antialérgico, torniquetes antihemorrágicos, bolsa para agua o hielo, guantes esterilizados, termómetro clínico, apósitos autoadhesivos, antiespasmódicos, analgésicos, tónicos cardíacos de urgencia y jeringuillas desechables.

Se repondrá el material utilizado inmediatamente y se realizará al menos una revisión general del botiquín cada mes, descartando elementos caducados o en mal estado. La ubicación del botiquín estará claramente señalizada.

## 6. Señalización de trabajos en vías públicas

La señalización de los trabajos en vías públicas se adaptará según las circunstancias específicas de cada ocupación, considerando:

- El tipo de vía, incluyendo calzadas de uno o dos sentidos con diversos números de carriles, y separación de calzadas con dos o tres carriles cada una.



- La intensidad y velocidad normal de la circulación antes y a lo largo de la zona ocupada por las obras cuando no están presentes.
- La visibilidad disponible antes y a lo largo del área de trabajo.
- La importancia de la ocupación vial, determinando si se cierran uno o más carriles o la vía completa.
- La duración de la ocupación, especialmente si se extiende durante la noche o fin de semana.
- La peligrosidad asociada si un vehículo invade la zona de trabajo reservada.

Basándose en estas circunstancias y otras relevantes, se establecerá una señalización que puede incluir:

- Rutas alternativas para la circulación total o parcial.
- Limitación de velocidad, incluso detención completa.
- Prohibición de adelantamiento.
- Cierre parcial de carriles.
- Creación de carriles o desvíos temporales.
- Establecimiento de sentido único alternativo.
- Señales específicas relacionadas con la gestión adoptada.
- Balizamiento para destacar los límites de la obra y la gestión de tráfico implementada.

Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo

Graduado en Ingeniería Eléctrica



## **3.3. ANEXO III: ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL**





# Índice

## Página

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Objeto .....                                                          | 269 |
| 2. Contexto ambiental .....                                              | 269 |
| 3. Evaluación de impactos ambientales .....                              | 269 |
| 3.1. Impacto visual .....                                                | 269 |
| 3.2. Impacto sobre la avifauna .....                                     | 269 |
| 3.3. Impacto sobre la flora.....                                         | 269 |
| 3.4. Impactos debidos a labores de instalación de la línea.....          | 270 |
| 3.5. Impactos debidos a la producción de residuos .....                  | 270 |
| 4. Medidas de mitigación propuestas.....                                 | 270 |
| 4.1. Flora y fauna .....                                                 | 270 |
| 4.2. Afecciones al suelo .....                                           | 271 |
| 4.3. Afecciones a la red hidrológica .....                               | 272 |
| 4.4. Emisiones de gases contaminantes.....                               | 272 |
| 4.5. Ruido ambiental .....                                               | 273 |
| 4.6. Gestión de residuos .....                                           | 273 |
| 4.6.1. Gestión a través de gestores autorizados .....                    | 273 |
| 4.6.2. Documento de identificación de residuos .....                     | 273 |
| 4.6.3. Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición ..... | 273 |
| 4.6.4. Minimización de la producción de residuos .....                   | 274 |
| 4.6.5. Almacenamiento de residuos.....                                   | 274 |
| 4.6.6. Clasificación y etiquetado de residuos .....                      | 274 |
| 4.6.7. Protección de superficies de almacenamiento .....                 | 274 |
| 4.6.8. Restablecimiento de condiciones ambientales.....                  | 274 |
| 4.6.9. Tratamiento de residuos de hormigón .....                         | 274 |
| 4.6.10. Manejo de tierras de relleno .....                               | 275 |



## 1. Objeto

El presente análisis de impacto ambiental se corresponde con la instalación de una nueva línea aérea de media tensión de 20 kV, cuyo trazado discurre parcialmente por la falda de la Sierra de Mijas, conocida por su biodiversidad y su valor paisajístico.

Se tratará de identificar el posible impacto que pueda tener la instalación de la mencionada línea en la flora y fauna del entorno, se propondrán las medidas de mitigación correspondientes y se enfatizará la importancia de la conservación ambiental en todas las fases del proyecto.

## 2. Contexto ambiental

La Sierra de Mijas se encuentra en el interior de la provincia de Málaga, caracterizada por un entorno montañoso con una rica diversidad de flora y fauna mediterránea.

La zona de influencia del proyecto está marcada por hábitats naturales variados, incluyendo bosques de encinas y pinos, así como áreas abiertas y rocosas que sirven como refugio para diversas especies animales.

## 3. Evaluación de impactos ambientales

A continuación, se describen los más importantes.

### 3.1. Impacto visual

La instalación de la LAAT puede afectar negativamente al paisaje natural de la Sierra de Mijas, especialmente en áreas cercanas a senderos y miradores populares.

### 3.2. Impacto sobre la avifauna

Aunque la línea no pasa por zona ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves), podría afectar a aves rapaces y otras especies presentes en la zona. Se evaluarán adecuadamente los posibles riesgos de colisión de estas aves con el tendido eléctrico.

### 3.3. Impacto sobre la flora

La construcción y operación de la línea puede resultar en la pérdida de vegetación natural, especialmente en las áreas donde se requiere la instalación de apoyos y en los caminos de acceso para la realización de labores de mantenimiento. La remoción de vegetación puede tener efectos a largo plazo en la estructura y composición del paisaje.

Por este motivo se evitará, en la medida de lo posible, la tala de árboles; entre los que predomina el *Pinus Halepensis* o pino mediterráneo. Las especies que se ubiquen en las cercanías de la línea eléctrica y no requieran su retirada para la instalación de la LAAT se someterán a podas periódicas, dejando una distancia mínima vertical respecto al tendido eléctrico de 2 m.

También se evitará el uso de pesticidas o herbicidas como labor previa de acondicionamiento del terreno, previa a las labores de instalación de la línea. Dichos trabajos se limitarán a actuaciones mecánicas sobre la superficie del terreno, como tratamientos de desbroce y podas.

### **3.4. Impactos debidos a labores de instalación de la línea**

Las actividades de construcción e instalación de la línea, incluyendo la excavación de zanjas para los apoyos y el tendido de cables, pueden generar ruido, vibraciones y emisiones de polvo que afecten temporalmente la calidad del aire y del suelo.

### **3.5. Impactos debidos a la producción de residuos**

Una mala gestión de residuos puede provocar un impacto negativo en el medio ambiente, afectando tanto a los ecosistemas naturales como a la salud humana. Entre ellos se pueden encontrar la degradación y acumulación de sustancias tóxicas en el terreno, la contaminación de cursos de agua superficiales y subterráneos, la contaminación del aire por emisión de partículas nocivas a la atmósfera, etc.

## **4. Medidas de mitigación propuestas**

Se adoptarán una serie de medidas para reducir el impacto ambiental que pueda producir la instalación de la línea eléctrica objeto del proyecto.

### **4.1. Flora y fauna**

Se proponen las siguientes medidas:

- Se seleccionará un trazado que minimice el impacto visual y la perturbación de hábitats sensibles y zonas de paso de la fauna autóctona, evitando la cercanía a zonas críticas como áreas de reproducción de animales.
- Se identificará la existencia de posibles especies protegidas de flora y fauna, adoptándose las medidas oportunas conforme a la normativa vigente, si fuera necesario.



- Se evitará, en la medida de lo posible, provocar efectos negativos indirectos sobre la vegetación presente en el entorno (evitando la formación de polvo, y la consiguiente afección sobre su fisiología; intentando reducir las afecciones al suelo, y por tanto a la capacidad de regeneración de la vegetación, etc.).
- Restauración y rehabilitación de áreas impactadas, incluyendo la repoblación con especies nativas y la restauración de hábitats tras completar las operaciones de tendido de la línea.
- Monitoreo ambiental continuo mediante el establecimiento de programas de evaluación del cumplimiento de las medidas de mitigación, realizando adaptaciones a cualquier cambio ambiental detectado durante la construcción y operación de la línea.
- Colaboración estrecha con autoridades ambientales locales, así como con grupos de interés y la comunidad local, para asegurar el cumplimiento de normativas ambientales y el compromiso continuo con la conservación del medio ambiente en todas las etapas del proyecto.

## 4.2. Afecciones al suelo

Se tomarán medidas para prevenir impactos sobre los suelos y su morfología:

- Se señalizará el acceso a los apoyos de manera que todos los vehículos realicen las entradas y salidas por un mismo lugar y utilizando las mismas rodadas.
- Se eliminarán adecuadamente los materiales sobrantes en las obras y vertidos de todo tipo que de forma accidental se hubieran podido provocar, restituyendo, donde sea viable, la forma y aspecto originales del terreno.
- En el caso de producirse sobrantes de tierra, se conservarán en buenas condiciones para emplearse en las labores de restauración posteriores. En caso de no ser necesarios o seguir existiendo sobrantes, se retirarán a vertedero controlado.
- Cuando se efectúen desplazamientos de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable.
- Se realizará un estudio preliminar de situación de suelos en emplazamientos con historial de actividades contaminantes.
- Se evitará la invasión de terrenos fuera de los accesos existentes para minimizar cambios en el uso del suelo, ocupando solamente el espacio estrictamente necesario.

- Se establecerán áreas delimitadas para aparcamiento de maquinaria que prevengan la compactación y contaminación del suelo, las cuales serán desmanteladas al concluir las obras.
- Se impermeabilizarán los terrenos en los que se depositen temporalmente materiales con capacidad contaminante, maquinaria e instalaciones de servicio de la obra. Tal es el caso de los motogeneradores o compresores repartidos por la obra, o los diversos tanques de almacenamiento de combustibles existentes en la obra.
- En huertos, frutales, viñas y otros espacios sensibles, se analizará el uso de vehículos ligeros tipo dumper.

### 4.3. Afecciones a la red hidrológica

Queda prohibido alterar las escorrentías naturales del agua, así como realizar desmontes o terraplenes carentes de una mínima capa de tierra vegetal que permita un enmascaramiento natural de los mismos.

Todos los proyectos de obras que afecten a cursos de agua, sean continuos o discontinuos deberán ir acompañados de los correspondientes estudios hidrológicos que indiquen los efectos sobre la dinámica del agua y las medidas para corregir los efectos sobre dicha dinámica.

Por tanto, cuando las características del terreno lo obliguen, se canalizarán las aguas de forma que se eviten encharcamientos y erosiones del terreno. También se evitará en la zona cualquier tipo de vertido, tales como aceites, grasas, hormigón, etc., que pueda llevar consigo la contaminación de las aguas.

### 4.4. Emisiones de gases contaminantes

Se controlarán las emisiones de polvo y gases durante las operaciones de montaje y tendido de la línea:

- Utilizando maquinaria que cumpla con los estándares de emisión de gases contaminantes. Para ello, dispondrán de su correspondiente homologación o marcado CE, y en las máquinas que lo requieran, deberán haber pasado su correspondiente ITV.
- Aplicando medidas para reducir las emisiones de polvo, como la disminución de la velocidad de los vehículos y el riego de superficies de trabajo.

## 4.5. Ruido ambiental

Se mitigarán las emisiones de ruido y vibraciones generadas por la maquinaria y el tránsito de vehículos:

- Mediante el empleo de maquinaria que cumpla con los límites de emisión de ruido y vibraciones establecidos.
- Realizando estudios de impacto acústico y vibratorio para identificar y aplicar medidas correctivas si fuera necesario. Los niveles de ruido no deben superar bajo ningún concepto los 90 dB (A) en áreas habitadas.
- Se trabajará dentro de lo posible en los intervalos diurnos comprendidos entre las 7:00 y las 23:00 horas.

## 4.6. Gestión de residuos

Es de vital importancia realizar una gestión adecuada y responsable a nivel ambiental de los posibles residuos que puedan producirse.

### 4.6.1. Gestión a través de gestores autorizados

Todos los residuos generados serán gestionados exclusivamente por gestores autorizados. Antes de la recogida, se formalizará un contrato de tratamiento con los gestores, asegurando el cumplimiento de requisitos legales y ambientales.

### 4.6.2. Documento de identificación de residuos

Cada tipo de residuo será identificado con su correspondiente Documento de Identificación de Residuos (DIR), conforme a la normativa vigente. Este documento permitirá el seguimiento desde la generación hasta la disposición final de los residuos.

### 4.6.3. Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición

Se redactará un Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición acorde a lo dispuesto en la normativa vigente. Este estudio incluirá medidas específicas para minimizar la producción de residuos durante todas las fases del proyecto.

#### **4.6.4. Minimización de la producción de residuos**

Se establecerán medidas para minimizar la producción de residuos en todas las etapas del proyecto. Esto incluirá la optimización de los procesos, la reutilización de materiales siempre que sea posible y la reducción del uso de embalajes no reutilizables.

#### **4.6.5. Almacenamiento de residuos**

Los residuos serán almacenados en zonas designadas dentro de los terrenos afectados por la obra, también conocidos como “puntos limpios”, cumpliendo estrictamente con las normativas ambientales. Se evitará depositar residuos fuera de su emplazamiento asignado.

#### **4.6.6. Clasificación y etiquetado de residuos**

Los residuos se clasificarán según su tipo y peligrosidad, identificándolos con las etiquetas correspondientes según la legislación vigente. Se evitará la mezcla de diferentes tipos de residuos para facilitar su correcta gestión y disposición final.

#### **4.6.7. Protección de superficies de almacenamiento**

Las zonas de almacenamiento estarán protegidas para prevenir la contaminación del suelo. Se delimitarán y señalizarán las áreas de almacenamiento para facilitar la separación en origen y evitar las mezclas no deseadas de residuos.

#### **4.6.8. Restablecimiento de condiciones ambientales**

Se asegurará que las zonas de almacenamiento temporal de residuos sean completamente restauradas una vez finalizada la obra. Se podrán habilitar múltiples áreas de almacenamiento temporal a medida que avance la obra, las cuales deben ser completamente liberadas de residuos y cualquier otra afectación.

#### **4.6.9. Tratamiento de residuos de hormigón**

Para evitar vertidos de hormigón, cualquier lavado de herramientas, espuelas u hormigoneras se realizará bajo condiciones controladas. Se habilitarán contenedores sobre superficies impermeables para capturar los residuos, o se utilizarán zonas designadas en la obra, protegidas de la escorrentía y adecuadamente impermeabilizadas.

#### 4.6.10. Manejo de tierras de relleno

Se minimizará la cantidad de tierras de relleno, cumpliendo con la legislación vigente para su reutilización o disposición final. Las tierras retiradas durante la excavación se conservarán para posibles usos futuros en la misma obra o en proyectos de restauración paisajística. Se evitará la contaminación de las tierras no mezclándolas con otros tipos de residuos y, de ser necesario, se tratarán como residuos peligrosos si están contaminadas.

Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo

Graduado en Ingeniería Eléctrica





## **3.4. ANEXO IV: GESTIÓN DE RESIDUOS**





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## Índice

Página

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Objeto.....                                                                        | 281 |
| 2. Normativa y obligatoriedad de la inclusión del Estudio de Gestión de Residuos..... | 281 |
| 3. Definiciones y abreviaturas .....                                                  | 281 |
| 4. Clasificación de residuos.....                                                     | 284 |
| 4.1. Residuos peligrosos.....                                                         | 284 |
| 4.2. Residuos no peligrosos.....                                                      | 285 |
| 5. Identificación y gestión de residuos .....                                         | 287 |
| 6. Medidas a implementar para reducir la producción de residuos en obra.....          | 290 |
| 7. Medidas a implementar para la separación de residuos en obra.....                  | 292 |
| 8. Estimación de la producción de residuos generados en la obra.....                  | 292 |



## 1. Objeto

El objetivo del Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición es establecer las condiciones necesarias y suficientes, según la normativa vigente, para prevenir, reutilizar, reciclar, valorar, gestionar y eliminar de manera adecuada los posibles residuos que puedan producirse en la construcción de la nueva línea aérea de alta tensión objeto de este proyecto; incluyendo sus tramos tanto aéreo como subterráneo, contribuyendo a un desarrollo sostenible a nivel medioambiental de las labores de construcción.

## 2. Normativa y obligatoriedad de la inclusión del Estudio de Gestión de Residuos

Se seguirá lo indicado en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, en el cual, en su artículo 2, define qué se entiende por obra de construcción o demolición:

- La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.
- La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas.

Por tanto, se ha de incluir un Estudio de Gestión de Residuos en el presente proyecto.

También será preceptivo lo indicado en la DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 18 de diciembre de 2014 por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos, de conformidad con la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

## 3. Definiciones y abreviaturas

- Residuo: cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar.
- Residuo de Construcción y Demolición (RCD): cualquier sustancia u objeto que se genere en una obra de construcción o demolición.

- Residuo peligroso: residuo que presenta una o varias de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular) y aquél que sea calificado como residuo peligroso por el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa de la Unión Europea o en los convenios internacionales de los que España sea parte. También se comprenden en esta definición los recipientes y envases que contengan restos de sustancias o preparados peligrosos o estén contaminados por ellos, a no ser que se demuestre que no presentan ninguna de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular).
- EGR: Estudio de Gestión de Residuos.
- Productor de residuos: cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos (productor inicial de residuos) o cualquier persona que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de esos residuos. En el caso de las mercancías retiradas por los servicios de control e inspección en las instalaciones fronterizas, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía o bien al importador o exportador de la misma según se define en la legislación aduanera. En el caso de las mercancías retiradas por las autoridades policiales en actos de decomisos o incautaciones efectuadas bajo mandato judicial, se considerará productor de residuos al titular de la mercancía.
- Poseedor de residuos: el productor de residuos u otra persona física o jurídica que esté en posesión de residuos. Se considerará poseedor de residuos al titular catastral de la parcela en la que se localicen residuos abandonados o basura dispersa, siendo responsable administrativo de dichos residuos, salvo en aquellos casos en los que sea posible identificar al autor material del abandono o poseedor anterior.
- Gestión de residuos: la recogida, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la clasificación y otras operaciones previas; así como la vigilancia de estas operaciones y el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos. Se incluyen también las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente.
- Gestor de residuos: la persona física o jurídica, pública o privada, registrada mediante autorización o comunicación que realice cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos, sea o no el productor de estos.

- Recogida: operación consistente en el acopio, la clasificación y almacenamiento iniciales de residuos, de manera profesional, con el objeto de transportarlos posteriormente a una instalación de tratamiento.
- Recogida separada: la recogida en la que un flujo de residuos se mantiene por separado, según su tipo y naturaleza, para facilitar un tratamiento específico.
- Reutilización: cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos.
- Tratamiento: las operaciones de valorización o eliminación, incluida la preparación anterior a la valorización o eliminación.
- Valorización: cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales, que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función en la instalación o en la economía en general. En el anexo II (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular) se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de valorización.
- Preparación para la reutilización: la operación de valorización consistente en la comprobación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa y dejen de ser considerados residuos si cumplen las normas de producto aplicables de tipo técnico y de consumo.
- Reciclado: toda operación de valorización mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno.
- Eliminación: cualquier operación que no sea la valorización, incluso cuando la operación tenga como consecuencia secundaria el aprovechamiento de sustancias o materiales, siempre que estos no superen el 50 % en peso del residuo tratado, o el aprovechamiento de energía. En el anexo III (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular) se recoge una lista no exhaustiva de operaciones de eliminación.
- Suelo contaminado: aquel cuyas características han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes químicos de carácter peligroso procedentes de la

actividad humana, en concentración tal que comporte un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los criterios y estándares que se determinen por el Gobierno.

- Compost: material orgánico higienizado y estabilizado obtenido a partir del tratamiento controlado biológico aerobio y termófilo de residuos biodegradables recogidos separadamente. No se considerará compost el material bioestabilizado.

## 4. Clasificación de residuos

Según la naturaleza del residuo generado, se clasificarán en residuos peligrosos y residuos no peligrosos.

### 4.1. Residuos peligrosos

Residuos que presentan una o varias de las características de peligrosidad enumeradas en el anexo I de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular; y aquellos que sean calificados como peligrosos por el Gobierno conforme a la normativa de la Unión Europea o convenios internacionales de los que España sea parte.

Entre ellos se encuentran:

- Residuos tóxicos: contienen sustancias que pueden causar daños graves a la salud humana o al medio ambiente. Entre ellos se encuentran los residuos químicos industriales y pesticidas.
- Residuos corrosivos: pueden corroer metales y causar daños severos a la piel. Por ejemplo, ácidos y bases fuertes.
- Residuos reactivos: pueden causar explosiones o liberar gases tóxicos al reaccionar con agua u otras sustancias. Por ejemplo, se pueden encontrar ciertos compuestos químicos industriales.
- Residuos inflamables: pueden encenderse fácilmente y mantener la combustión. Por ejemplo, disolventes y ciertos tipos de aceite.
- Residuos radioactivos: emiten radiación que puede ser perjudicial para la salud. A modo de ejemplo, ciertos desechos de la industria nuclear y médica.
- Residuos mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos: pueden causar mutaciones genéticas, malformaciones en el desarrollo fetal o cáncer. Por ejemplo, algunos productos químicos industriales y materiales contaminados con compuestos tóxicos.



A continuación, se detallan algunos de los tipos básicos de residuos habituales que se generan en las obras, con su correspondiente código LER (Listado Europeo de Residuos), según la Decisión 2014/955/UE:

- Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados (17 03 01\*): procedentes de escombros de zanjas sobre asfalto y zonas asfaltadas.
- Envases contaminados (15 01 10\*): Los envases que han contenido sustancias peligrosas, y que por tanto van etiquetados con alguno de los pictogramas naranjas de peligrosidad, también son residuos peligrosos.
- Incluyen una gran variedad de residuos, en formatos muy diferentes; a efectos de almacenamiento se puede distinguir entre aquellos que son voluminosos (garrafas y bidones) y aquellos otros de pequeño tamaño (latas, botellas, sacos de cemento, etc.).
- Espray (16 05 04\*): Incluye los botes de espray y aerosoles con alguno de los pictogramas naranjas de peligrosidad, fundamentalmente generados en señalización y tipografía, así como botes espuma de poliuretano para el sellado de tubos.
- Equipos desechados que contienen componentes peligrosos (1), distintos de los especificados en los códigos 16 02 09 a 16 02 12 (16 02 13\*): Incluye celdas con SF<sub>6</sub>, contadores de telegestión, etc.
- Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminadas por sustancias peligrosas (15 02 02\*).

## 4.2. Residuos no peligrosos

Residuos que no presentan características de peligrosidad y, por lo tanto, no suponen un riesgo significativo para la salud humana o el medio ambiente. Son menos estrictamente regulados en comparación con los residuos peligrosos.

Esta clasificación incluye:

- Residuos orgánicos: desechos biodegradables de origen vegetal o animal. por ejemplo, restos de alimentos, poda de jardines y residuos agrícolas.
- Residuos inorgánicos: materiales que no son biodegradables, como el vidrio, metales, plásticos y cerámica.
- Residuos reciclables: materiales que pueden ser reutilizados o reciclados, como papel, cartón, vidrio, metales y ciertos plásticos.

- Residuos no reciclables: materiales que no pueden ser reciclados debido a su composición o nivel de contaminación. Ejemplos incluyen ciertos tipos de plásticos y residuos mezclados.
- Residuos de Construcción y Demolición (RCD): Materiales generados en actividades de construcción o demolición, tales como escombros, ladrillos, madera y metal.
- Residuos industriales no peligrosos: desechos generados en procesos industriales que no presentan características de peligrosidad. Por ejemplo, ciertos residuos textiles y de manufactura.

A continuación, se detallan algunos de los tipos básicos de residuos habituales que se generan en las obras, con su correspondiente código LER (Listado Europeo de Residuos), según la Decisión 2014/955/UE:

- Siliconas (07 02 17): Constituidos principalmente por restos de material para la protección de avifauna, como recortes de forros premoldeados.
- Envases de papel y cartón (15 01 01): Incluye cartón para embalajes de aisladores, pararrayos, material para protección de avifauna, fluorescentes, cuadros eléctricos y en general cualquier tipo de cartón que se produzca como residuo de embalajes en la obra.
- Envases de plástico (15 01 02): Incluye envases y embalajes de plástico para material de avifauna, telegestores, celdas, cuadros eléctricos, transformadores y en general cualquier tipo de plástico que se produzca como residuo de embalajes en la obra.
- Equipos desechados (16 02 14): Incluye armarios de concentradores de telegestión, armarios de distribución de BT, celdas aisladas al aire entre otros.
- Hormigón (17 01 01): Incluye residuos de demolición de cimentaciones.
- Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especificadas en el código 17 01 06 (17 01 07): Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, deben ser exclusivamente material pétreo de obra (restos de demolición, excavación, materiales cerámicos, mortero, escayola, etc.). La tasa de vertido difiere entre escombros limpios y escombros mezclados con otros inertes.
- Madera (17 02 01): Están constituidos principalmente por palés, encofrados, tabloneros, embalajes, madera procedente de demoliciones, bobinas para cables, cuñas, etc.

- Plástico (17 02 03): Se incluyen los tubos, bidones, envoltorios de equipos y otros como fin protector, bolsas, sacos, flejes de embalajes, bridas, materiales plásticos, etc.
- Vidrio (17 02 02): Presencia ocasional y básicamente procedente de labores de demolición.
- Mezclas bituminosas (asfalto) (17 03 02): Generado principalmente por la realización de canalizaciones en calzada.
- Cobre, bronce, latón (17 04 01): Se obtiene principalmente por el desmontaje de varilla de cobre de centros de transformación antiguos, así como de pletinas, embarrados, etc.
- Aluminio (17 04 02): Residuos principalmente generados por el desmontaje de placas indicadoras, puertas, ventanas, rejillas y material de carpintería metálica.
- Hierro y acero (17 04 05): Residuos generados principalmente por el desmontaje de puertas, ventanas, rejillas, mamparas, crucetas, apoyos metálicos, placas indicadoras, vientos de apoyos y por pequeño material como tornillos, tuercas, bridas, etc.
- Cables (17 04 11): Residuos generados principalmente por el desmontaje de cables de guarda y conductores con o sin aislamiento, tanto de acero-aluminio como de cobre.
- Tierra y piedras (17 05 04): Son tierras procedentes de excavación, principalmente por la apertura de zanjas, catas, cimentaciones, soleras, depósitos para la recogida de aceites, perforaciones dirigidas, etc. Este tipo de tierras son procedentes de suelo natural no contaminadas o que no hayan soportado una actividad potencialmente contaminante. Este tipo de tierras pueden ser reutilizadas.
- Residuos mezclados de construcción y demolición (17 09 04): Incluiría principalmente postes de hormigón con estructura metálica, aisladores de vidrio o cerámica con metal, seccionadores (metal + cerámica/polímero), derribo de casetas, demolición de pavimentos, etc.

## 5. Identificación y gestión de residuos

Los residuos que se generarán principalmente a lo largo de la ejecución del proyecto son:

- Plásticos, papel, cartón y vidrio, provenientes de los embalajes y envoltorios utilizados en los diferentes elementos constituyentes de la línea, tales como herrajes, cadenas de aisladores, tornillería, bobinados eléctricos, empalmes, etc.

- Tierras y lodos, procedentes de la excavación de las cimentaciones de los apoyos, o de los movimientos de tierras que sea necesario realizar para una adecuada ejecución del proyecto.
- Hormigón procedente de la cimentación de los apoyos o de las zanjas del tramo subterráneo.
- Escombros que puedan producirse en el transcurso de la obra, incluyendo los producidos por la demolición de parte de la calzada para la ejecución de zanjas en las que se alojarán los conductores de la línea subterránea.
- Metales como excedentes no utilizados o sobrantes de los conductores empleados tanto en la línea eléctrica como en la puesta a tierra de los apoyos.
- Otras sustancias derivadas de procesos de montaje o ensamblaje en obra.

Estos residuos se identificarán mediante el código LER (Listado Europeo de Residuos), el cual consta de 6 dígitos agrupados por parejas:

- La primera pareja de dígitos hace referencia al productor de residuos.
- La pareja intermedia de dígitos hace referencia a la categoría del residuo.
- La última pareja de dígitos identifica al residuo.

En la siguiente tabla se muestran los códigos LER de los residuos que se pueden generar en la obra, y el tratamiento que se hará de estos.

| Código LER | Denominación                                 | Descripción                                                   | Tratamiento                               |                                                                                                 |
|------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            |                                              |                                                               | Reutilización                             | Lugar de destino                                                                                |
| 02 01 99   | Residuos no especializados en otra categoría | Restos de materia vegetal derivados de las tareas de desbroce | Dejar en el terreno como materia orgánica | Si la cantidad sobrante es elevada o hay riesgo de incendio, se llevarán a vertedero autorizado |
| 17 01 01   | Hormigón                                     | Hormigón en masa                                              | Aprovechar en obra                        | Vertedero autorizado                                                                            |

| Código<br>LER | Denominación                                                                                                        | Descripción          | Tratamiento        |                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------|
|               |                                                                                                                     |                      | Reutilización      | Lugar de destino                                              |
| 17 01 07      | Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especializadas en el código 17 01 06 | Restos de escombros  | —                  | Vertedero autorizado                                          |
| 17 02 01      | Madera                                                                                                              | Madera               | —                  | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje |
| 17 02 02      | Vidrio                                                                                                              | Vidrio               | —                  | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje |
| 17 02 03      | Plástico                                                                                                            | Plástico             | —                  | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje |
| 17 04 01      | Cobre, bronce, latón                                                                                                | Cobre, bronce, latón | Aprovechar en obra | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje |
| 17 04 05      | Hierro y acero                                                                                                      | Hierro y acero       | Aprovechar en obra | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje |

| Código<br>LER | Denominación                                                           | Descripción                                    | Tratamiento                                                                                                                                                               |                                                                                                   |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|               |                                                                        |                                                | Reutilización                                                                                                                                                             | Lugar de destino                                                                                  |
| 17 04 11      | Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10            | Cables aéreos o subterráneos                   | Aprovechar en obra                                                                                                                                                        | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje                                     |
| 17 05 04      | Tierra y piedras distintas de las especializadas en el código 17 05 03 | Excedente de tierras procedentes de excavación | Extender en terrenos cercanos, si su naturaleza es similar a la de la tierra existente en las capas superficiales, y con permiso del propietario si es en terreno privado | Si las tierras no son aprovechables o la cantidad es excesiva, se llevarán a vertedero autorizado |
| 20 01 01      | Papel y cartón                                                         | Papel y cartón                                 | —                                                                                                                                                                         | Gestor autorizado de residuos no peligrosos para su reciclaje                                     |

## 6. Medidas a implementar para reducir la producción de residuos en obra

Algunas de las medidas que se pueden implementar para minimizar la producción de residuos en obra son:

- Aprovechar la tierra excedente procedente de labores de excavación, si su naturaleza es similar a la de la tierra existente en las capas superficiales, para extenderla en el terreno en lugares adecuados o para nivelarlo, siempre con permiso del propietario si se trata de una finca privada.

- Recalcular la cantidad de materiales necesarios antes de realizar el pedido, para evitar excedentes en obra.
- Recibir los pedidos justo antes de su utilización inmediata para reducir el almacenamiento y prevenir el deterioro, roturas o pérdida de calidad del producto.
- En caso de no ser posible lo anterior, almacenar los materiales de manera adecuada.
- Reducir los residuos solicitando materiales en envases retornables (como bobinas de cableado, etc.) y preferentemente a granel o en gran formato para minimizar los envases.
- Comprar materiales a proveedores que recojan sus propios embalajes.
- Utilizar completamente los productos como adhesivos, sellantes, disolventes, pinturas y grasas para reducir los sobrantes y, por consiguiente, el volumen de residuos gestionados. Asignar un responsable de provisiones para una gestión adecuada del consumo de estas sustancias, limitando el acceso a envases nuevos a capataces o responsables de operarios.
- Protocolos para el correcto almacenamiento y manipulación de materiales con el fin de reducir los residuos generados por roturas o degradación: retirar la capa de tierra vegetal y almacenarla separadamente de otros áridos, conservando sus características para su uso en labores de restauración; y almacenar las tierras extraídas de manera aislada, evitando el paso de maquinaria o la proximidad a áreas con productos líquidos o residuos peligrosos que puedan contaminarlas accidentalmente.
- Después de calcular las previsiones de reutilización de las tierras excavadas según su calidad, utilizarlas como material de relleno, sustitución de tierras de préstamo y restauración ambiental. Desechar las tierras sobrantes en vertederos para minimizar el almacenamiento en obra y reducir el riesgo de mezclas no deseadas con otros materiales.
- Evitar la exposición a la lluvia, humedad e insolación intensa de los materiales para prevenir el deterioro y la pérdida de calidad que podría llevar a desecharlos.
- Almacenar los envases con restos de sustancias peligrosas (aceites, grasas, combustibles, sustancias desengrasantes) en lugares protegidos de la lluvia al final del día para evitar que se conviertan en residuos peligrosos y aumenten los costes de gestión.



- Realizar operaciones de carga y descarga con precaución para evitar roturas de envases retornables.
- Mantener equipos y piezas almacenados en sus envases originales hasta su uso.
- Almacenar sustancias peligrosas como aceites, grasas y combustibles en zonas protegidas con estructuras de contención para prevenir derrames y la generación de residuos peligrosos.
- Asegurar que el personal de la obra esté adecuadamente formado en aspectos medioambientales y legislativos relacionados con la gestión de residuos de construcción y demolición.
- Reutilizar la tierra vegetal en labores de restauración y, si hay sobrante, utilizarla en terrenos agrícolas cercanos. Maximizar el uso de tierras de excavación de cimentaciones y movimiento de tierras siempre que sea posible, como material de relleno o para acondicionar superficies terrestres.

## **7. Medidas a implementar para la separación de residuos en obra**

- Hormigón y restos de escombros: Se dispondrán en cubas adecuadas, ubicadas en lugares designados a tal fin, para ser retiradas a vertedero cuando estén llenas.
- Tierras sobrantes procedentes de excavación: se almacenarán en las zonas donde sea prevista su reutilización. En caso de no ser adecuadas, se llevarán directamente al vertedero, o se almacenarán en un montón aparte.
- Residuos reciclables como papel y cartón, plástico y vidrio: se designarán en contenedores adecuados para facilitar la separación de los mismos y su posterior reciclaje.
- Metales y restos de chatarra: se dispondrá una cuba de mayor capacidad en el área de almacenamiento de residuos no peligrosos para el almacenamiento hasta su recogida y transporte.

## **8. Estimación de la producción de residuos generados en la obra**

La estimación de los residuos que se pueden generar en la obra se calculará como un porcentaje de desperdicios respecto a la estimación total para ciertos residuos, y otros se estimarán en base al peso correspondiente a los embalajes.

Se ha estimado un porcentaje de desperdicios en el caso del hormigón del 4%, respecto al volumen total de hormigonado necesario para la cimentación de los apoyos, y

un porcentaje de desperdicios en el caso de las tierras procedentes de excavación del 10% respecto al volumen total de tierras excavadas para la cimentación de los apoyos, añadiéndole la parte correspondiente de las tierras del tramo subterráneo.

| Código LER | Denominación                                                                                                        | Descripción                                                   | Cantidad | Unidad         |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------|----------------|
| 02 01 99   | Residuos no especializados en otra categoría                                                                        | Restos de materia vegetal derivados de las tareas de desbroce | 0,40     | t              |
| 17 01 01   | Hormigón                                                                                                            | Hormigón en masa                                              | 6,89     | m <sup>3</sup> |
| 17 01 07   | Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, distintas de las especializadas en el código 17 01 06 | Restos de escombros                                           | 47,25    | m <sup>3</sup> |
| 17 02 01   | Madera                                                                                                              | Madera                                                        | 0,29     | t              |
| 17 02 02   | Vidrio                                                                                                              | Vidrio                                                        | 0,06     | t              |
| 17 02 03   | Plástico                                                                                                            | Plástico                                                      | 0,13     | t              |
| 17 04 01   | Cobre, bronce, latón                                                                                                | Cobre, bronce, latón                                          | 0,20     | t              |
| 17 04 05   | Hierro y acero                                                                                                      | Hierro y acero                                                | 0,50     | t              |
| 17 04 11   | Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10                                                         | Cables aéreos o subterráneos                                  | 0,30     | t              |



| Código<br>LER | Denominación                                                           | Descripción                                    | Cantidad | Unidad         |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------|----------------|
| 17 05 04      | Tierra y piedras distintas de las especializadas en el código 17 05 03 | Excedente de tierras procedentes de excavación | 44,30    | m <sup>3</sup> |
| 20 01 01      | Papel y cartón                                                         | Papel y cartón                                 | 0,10     | t              |

Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo  
Graduado en Ingeniería Eléctrica



## 4. PLANOS



# Índice

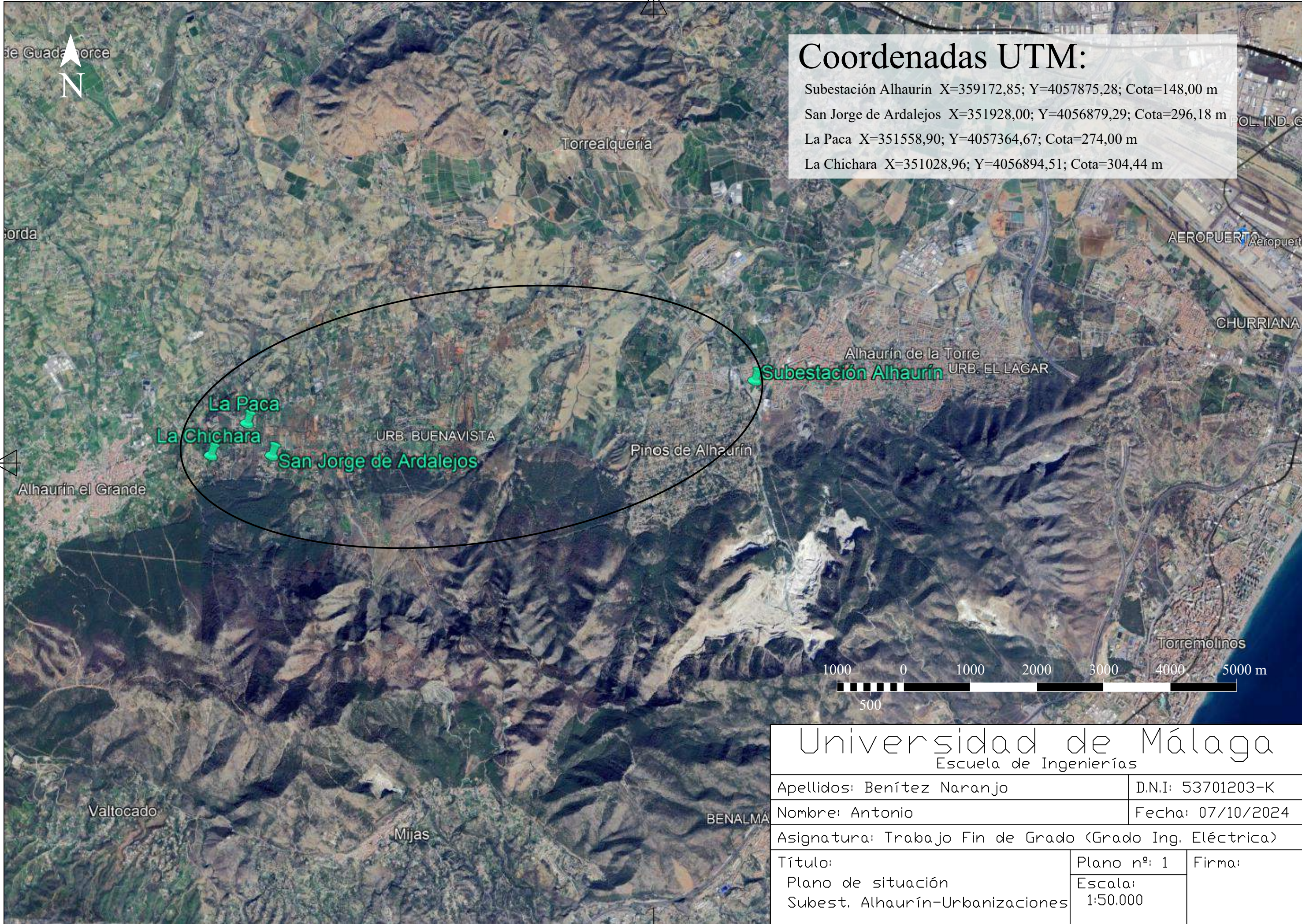
## Página

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Plano de situación Subestación Alhaurín-Urbanizaciones .....                  | 299 |
| 2. Plano de emplazamiento Subestación Alhaurín.....                              | 300 |
| 3. Plano de emplazamiento Urbanizaciones .....                                   | 301 |
| 4. Planta general línea subterránea 20 kV (Subestación Alhaurín-Apoyo nº 1)..... | 302 |
| 5. Esquema zanja en acera con doble tubo seco .....                              | 303 |
| 6. Esquema zanja en calzada con doble tubo hormigonado.....                      | 304 |
| 7. Esquema arqueta A1 registrable .....                                          | 305 |
| 8. Planta general línea aérea 20 kV (vanos 1 al 4) .....                         | 306 |
| 9. Planta general línea aérea 20 kV (vanos 5 al 12) .....                        | 307 |
| 10. Planta general línea aérea 20 kV (vanos 13 al 16) .....                      | 308 |
| 11. Planta general línea aérea 20 kV (vanos 17 al 22) .....                      | 309 |
| 12. Planta general línea aérea 20 kV (vanos 23 al 29) .....                      | 310 |
| 13. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 1 y 2).....                         | 311 |
| 14. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vano 3) .....                             | 312 |
| 15. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 4, 5 y 6).....                      | 313 |
| 16. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 7, 8, 9, 10 y 11).....              | 314 |
| 17. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 12, 13 y 14).....                   | 315 |
| 18. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 15, 16 y 17).....                   | 316 |
| 19. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 18 y 19).....                       | 317 |
| 20. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 20 y 21).....                       | 318 |
| 21. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 22 y 23).....                       | 319 |
| 22. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 24 y 25).....                       | 320 |
| 23. Perfil y planta línea aérea 20 kV (vanos 26, 27, 28 y 29).....               | 321 |
| 24. Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 1 al 4).....                     | 322 |
| 25. Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 5 al 12).....                    | 323 |
| 26. Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 13 al 16).....                   | 324 |
| 27. Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 17 al 22).....                   | 325 |

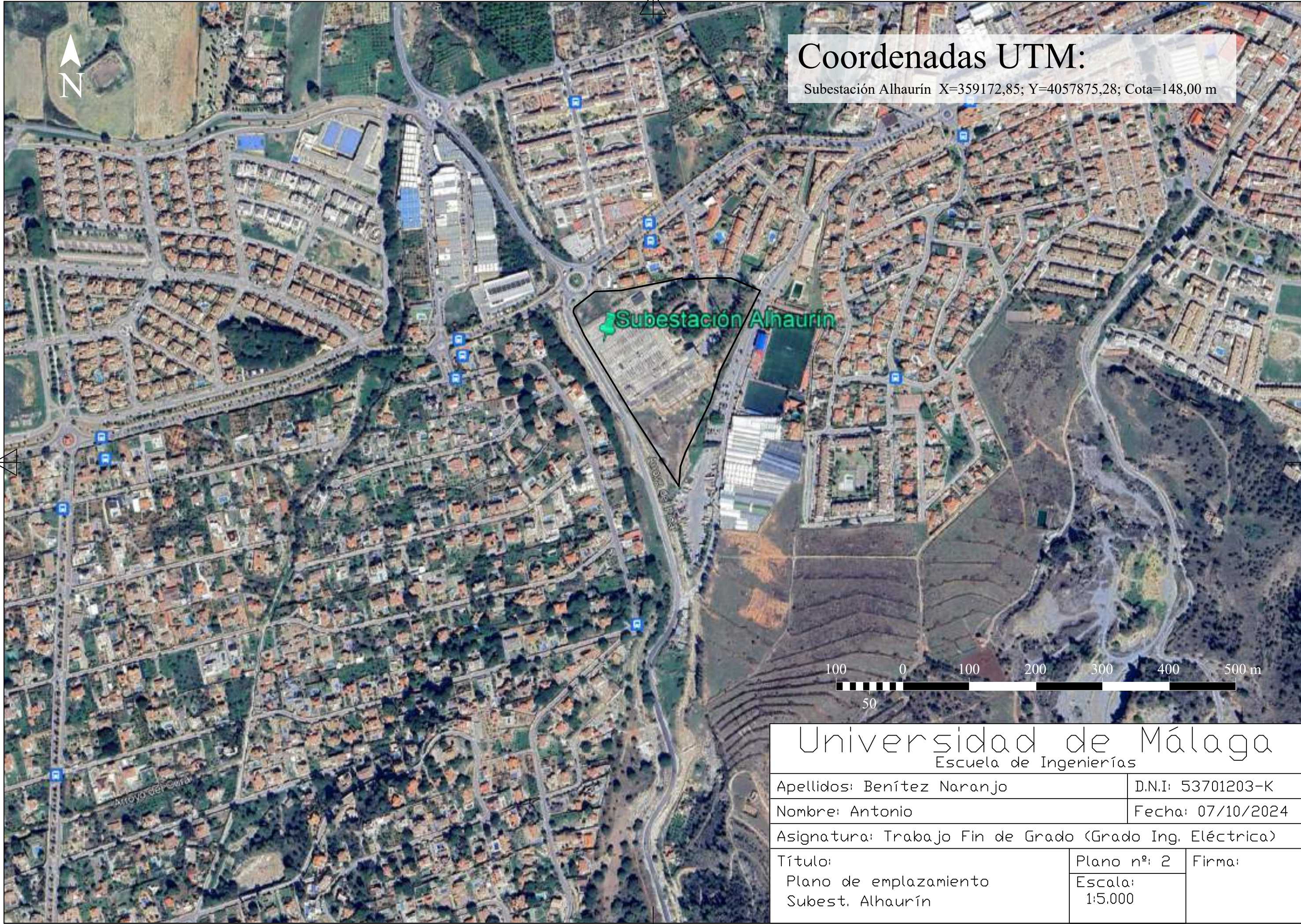


|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 28. Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 23 al 29).....                | 326 |
| 29. Esquemas armados apoyos línea aérea 20 kV.....                            | 327 |
| 30. Detalle apoyo conversión aéreo-subterráneo .....                          | 328 |
| 31. Detalle apoyo suspensión .....                                            | 329 |
| 32. Detalle apoyo amarre .....                                                | 330 |
| 33. Detalles apartamento y herrajes .....                                     | 331 |
| 34. Detalle puesta a tierra apoyos frecuentados.....                          | 332 |
| 35. Detalle puesta a tierra apoyos no frecuentados.....                       | 333 |
| 36. Planta general línea subterránea 20 kV en anillo y CT urbanizaciones..... | 334 |
| 37. Esquema zanja en calzada con triple tubo hormigonado.....                 | 335 |
| 38. Centro de Transformación prefabricado pfu.4/20.....                       | 336 |









# Coordenadas UTM:

Subestación Alhaurín X=359172,85; Y=4057875,28; Cota=148,00 m

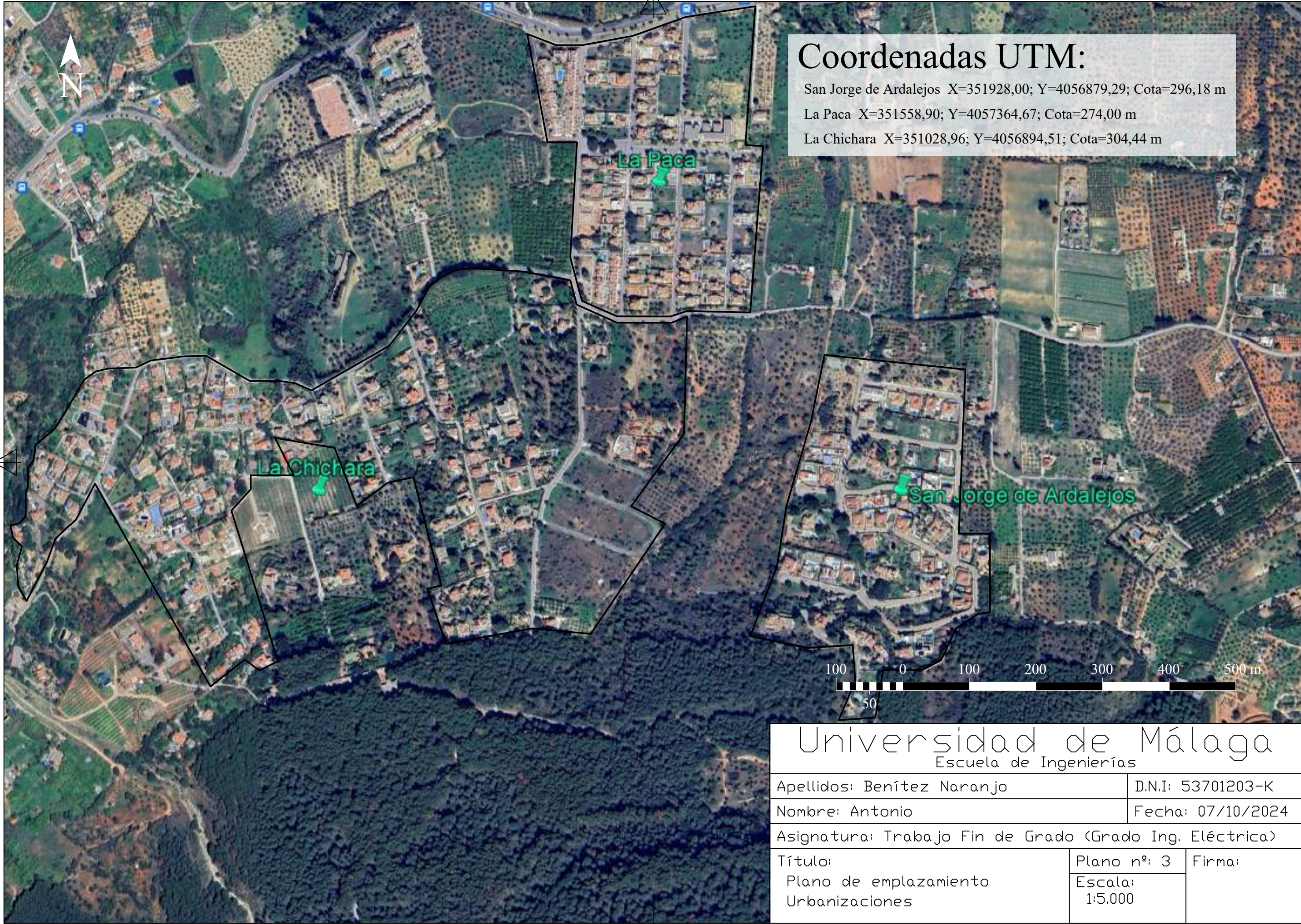
Subestación Alhaurín



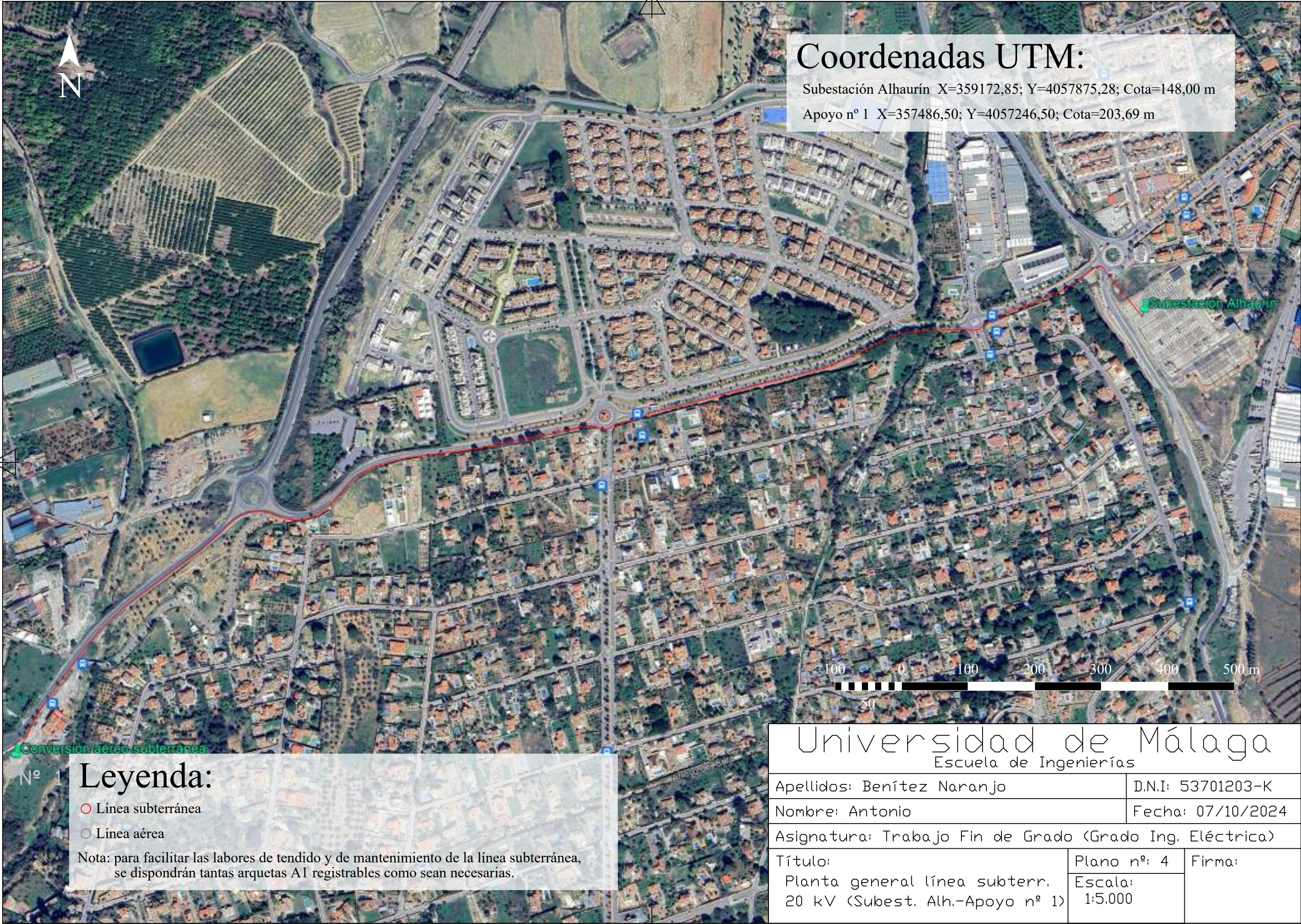
Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                           |  |                    |        |
|-----------------------------------------------------------|--|--------------------|--------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                |  | D.N.I: 53701203-K  |        |
| Nombre: Antonio                                           |  | Fecha: 07/10/2024  |        |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)   |  |                    |        |
| Título:<br><br>Plano de emplazamiento<br>Subest. Alhaurín |  | Plano nº: 2        | Firma: |
|                                                           |  | Escala:<br>1:5.000 |        |









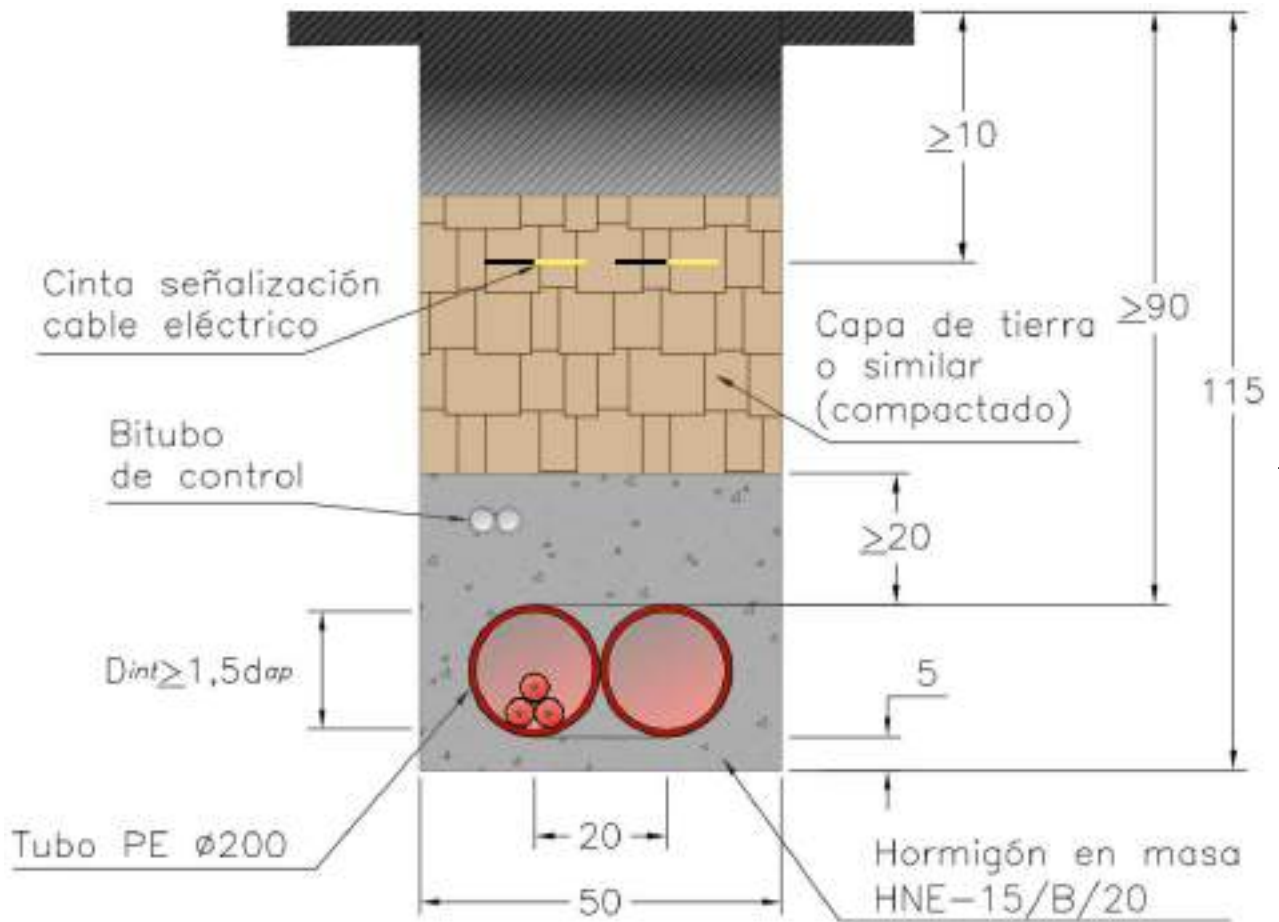


Este diagrama muestra la sección transversal de la protección mecánica y aislamiento térmico de un tubo de cableado enterrado. Las capas y sus dimensiones son las siguientes:

- Capa superior:** Una capa de tierra o similar compactada con una espesor mínimo de  $\geq 10$  cm.
- Capa de protección mecánica:** Placas PE con una espesor mínimo de  $\geq 70$  cm.
- Capa de aislamiento térmico:** Una capa de aislamiento térmico con una espesor mínimo de  $\geq 20$  cm.
- Tubo de cableado:** Un tubo PE de  $\varnothing 200$  mm, con una distancia mínima entre el tubo y la capa de aislamiento de  $D_{int} \geq 1,5 d_{ap}$ .
- Capa inferior:** Una capa de arena con una espesor mínimo de 5 cm.
- Dimensiones totales:** La altura total de la protección mecánica y aislamiento térmico es de 95 cm.
- Dimensiones laterales:** El ancho total de la protección es de 50 cm, con una zona central de 20 cm.

Escala:  
S/E

ESQUEMA ZANJA EN CALZADA  
1 CIRCUITO CON TUBO DE RESERVA



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

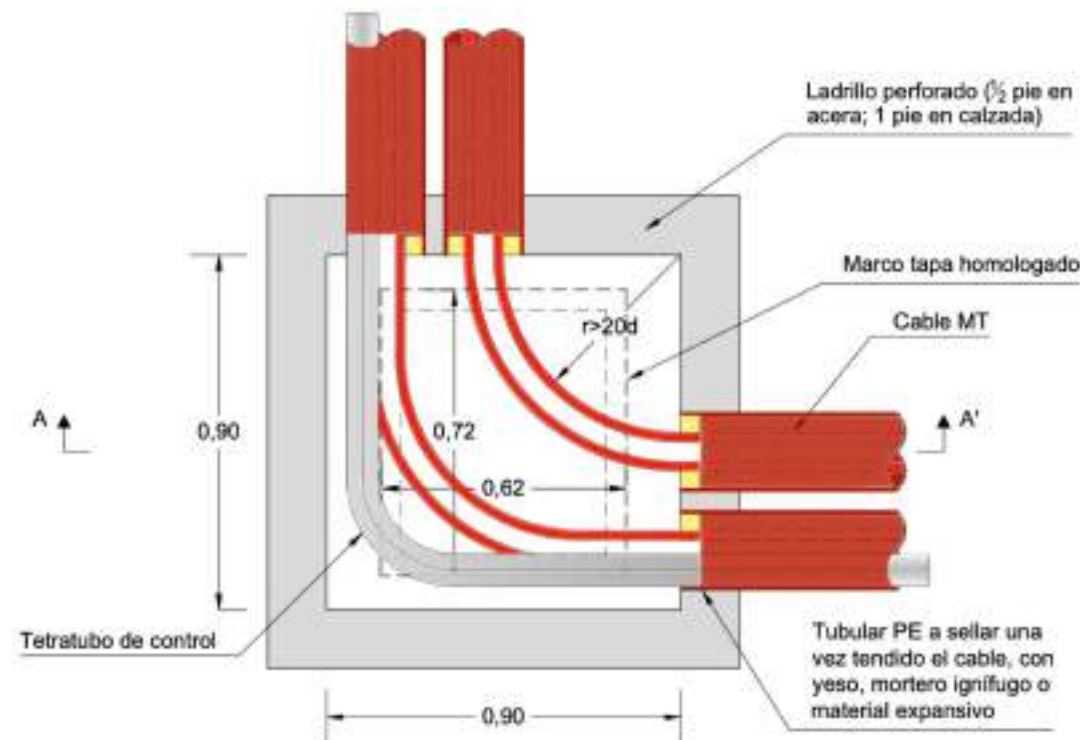
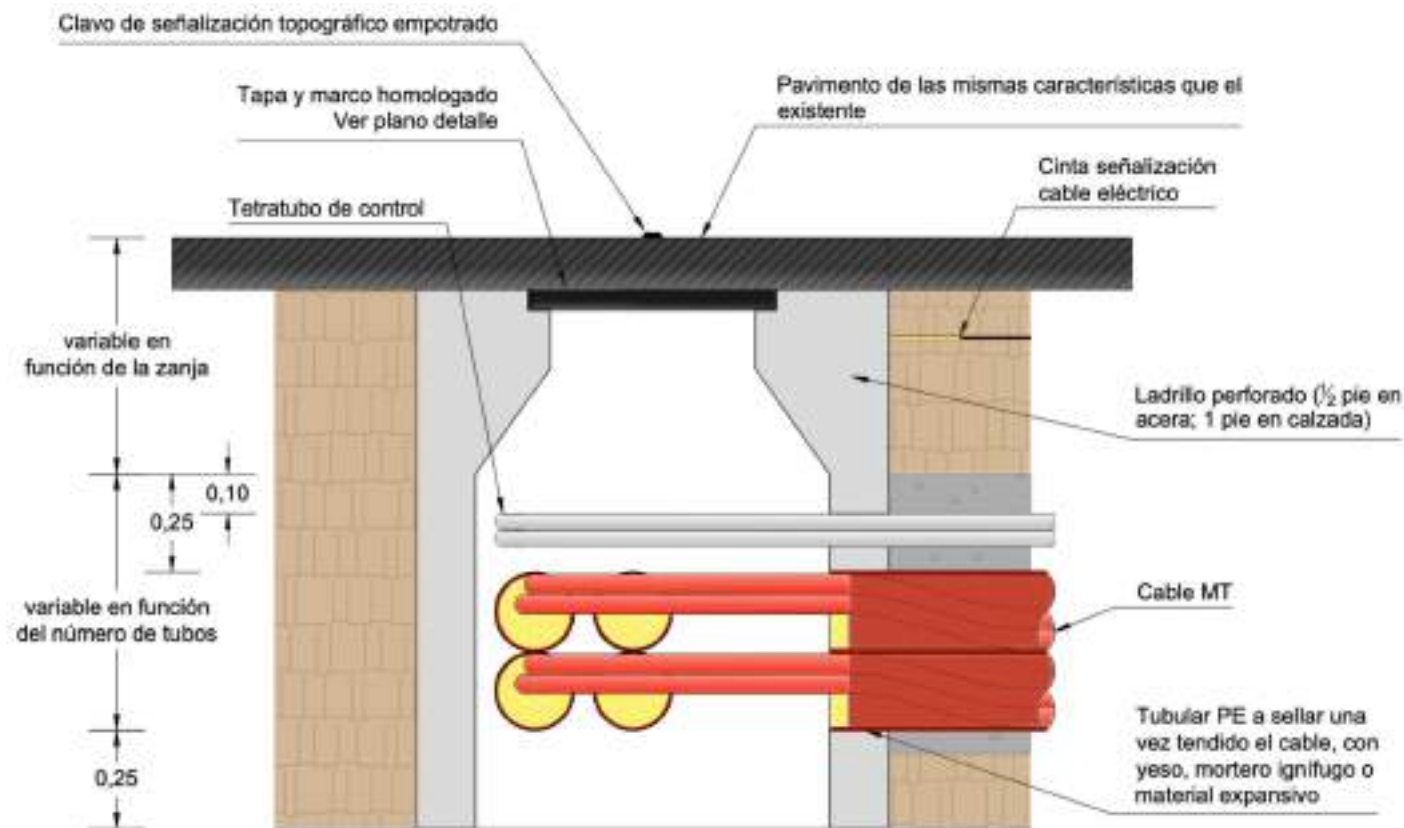
Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Esquema zanja en calzada con  
doble tubo hormigonado

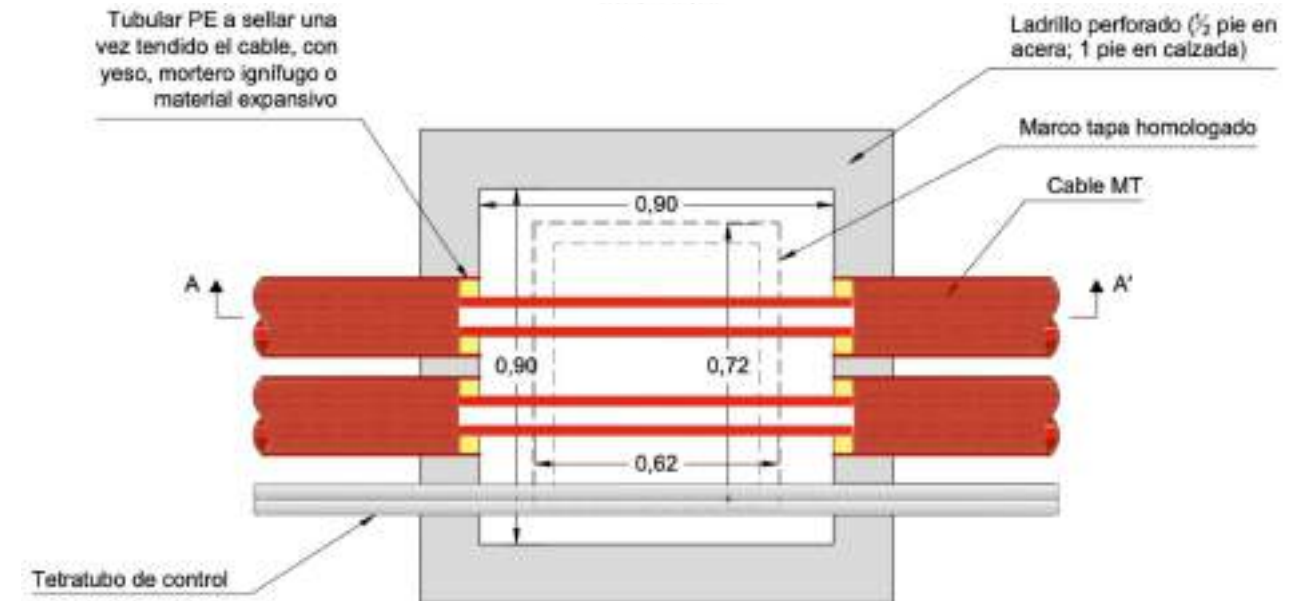
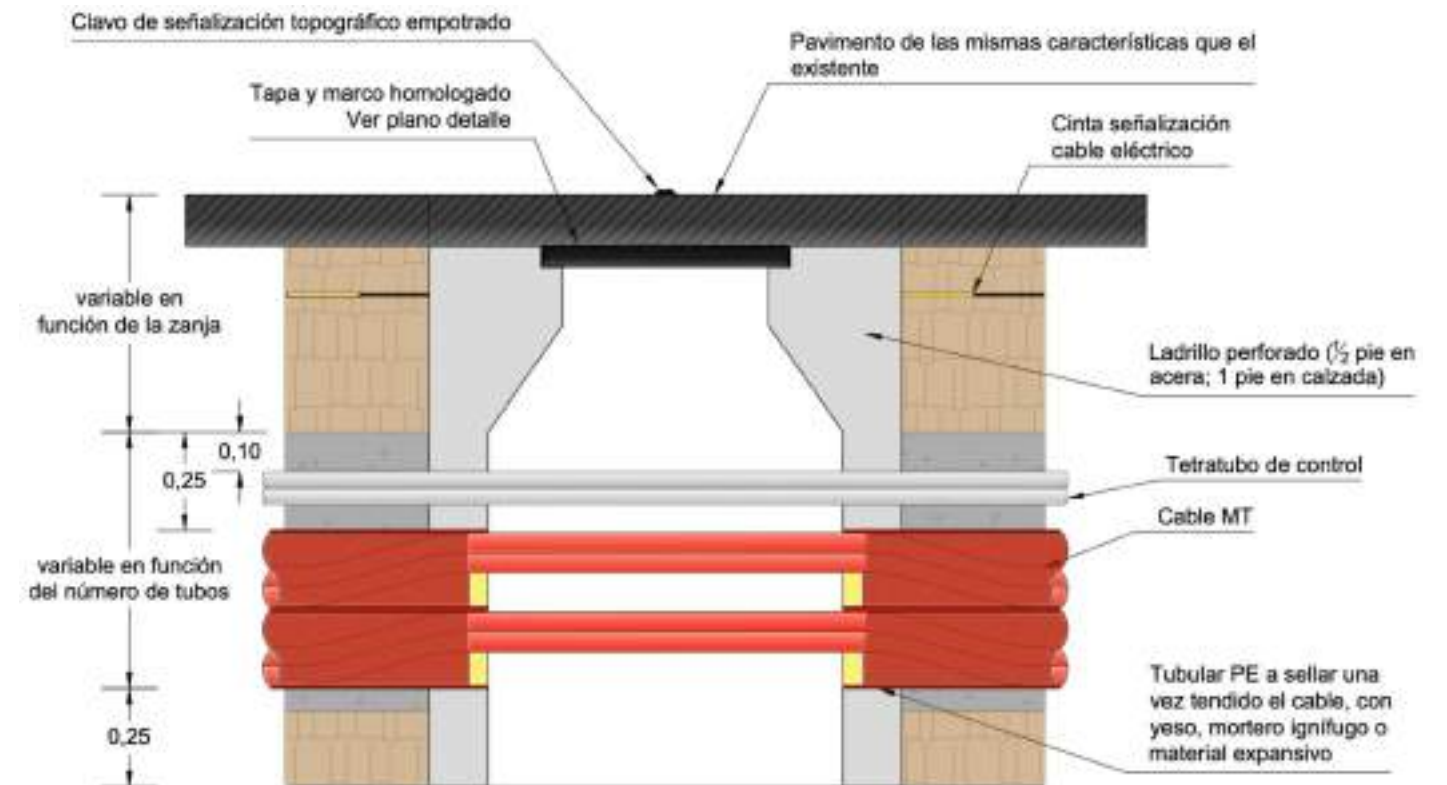
Plano nº: 6  
Escala:  
S/E

Firma:

## ARQUETA CAMBIO DE SENTIDO



## ARQUETA EN ALINEACIÓN

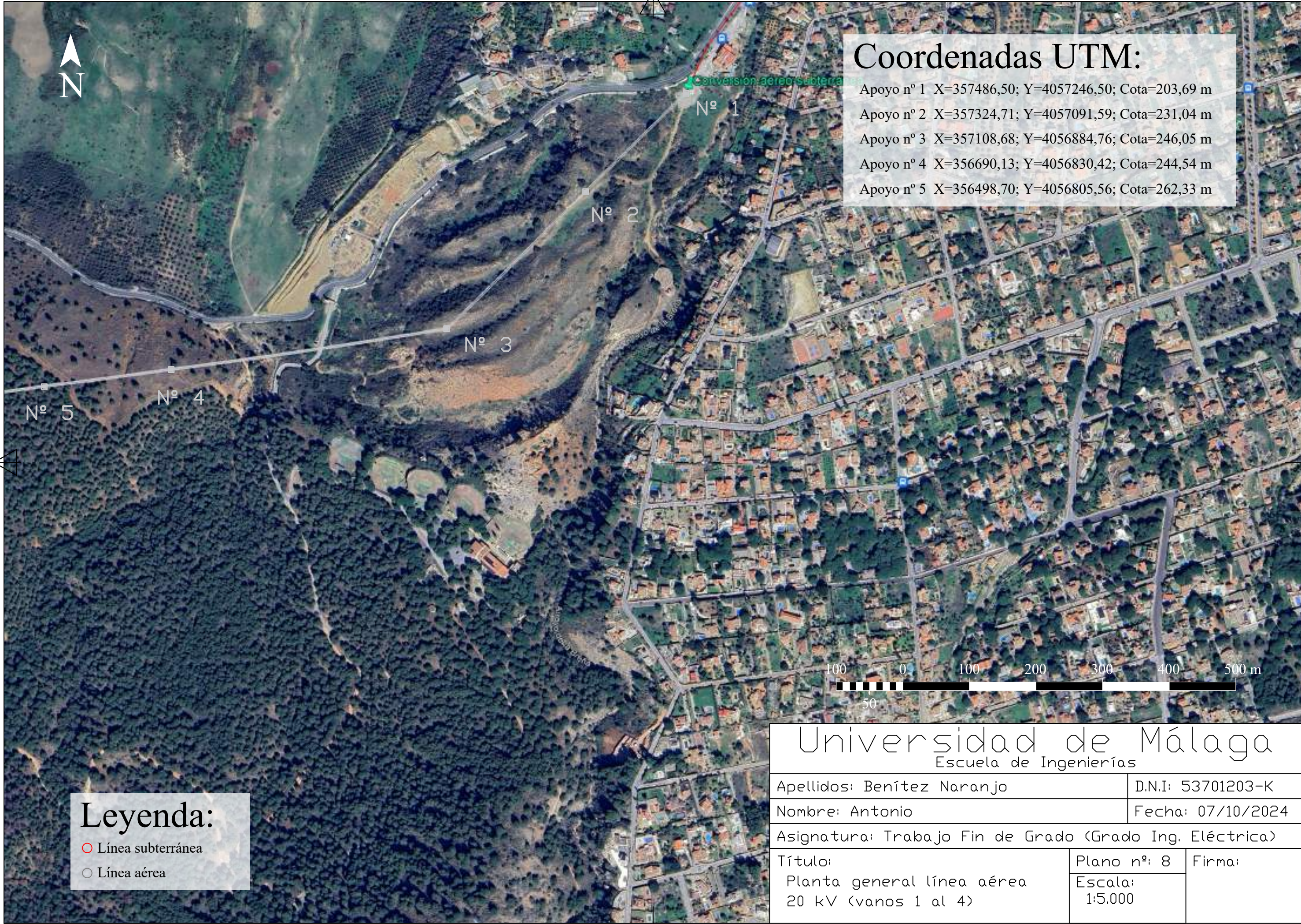


Nota: Las arquetas en alineación se dispondrán cada 30 m aproximadamente.  
Las arquetas de cambio de sentido se utilizarán cuando la LSMT precise de cambios de dirección o de sentido.

Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                         |                               |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                              | D.N.I: 53701203-K             |
| Nombre: Antonio                                         | Fecha: 07/10/2024             |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica) |                               |
| Título:<br>Esquema arqueta A1<br>registrable            | Plano nº: 7<br>Escala:<br>S/E |
| Firma:                                                  |                               |





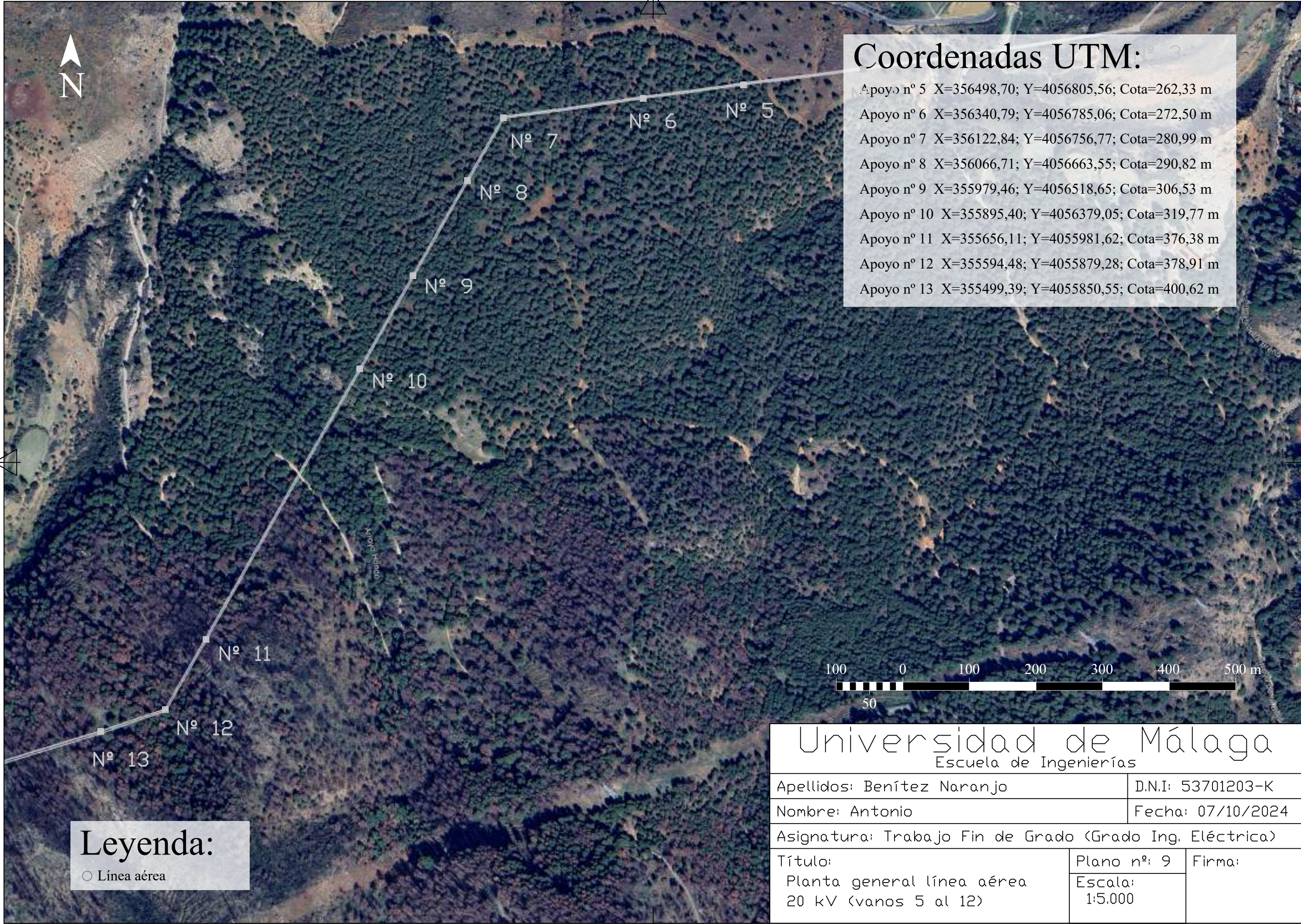
|                  |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
| Apoyo nº 1       | X=357486,50; Y=4057246,50; Cota=203,69 m |  |
| Apoyo nº 2       | X=357324,71; Y=4057091,59; Cota=231,04 m |  |
| Apoyo nº 3       | X=357108,68; Y=4056884,76; Cota=246,05 m |  |
| Apoyo nº 4       | X=356690,13; Y=4056830,42; Cota=244,54 m |  |
| Apoyo nº 5       | X=356498,70; Y=4056805,56; Cota=262,33 m |  |

**Leyenda:**

- Línea subterránea
- Línea aérea

|                                                               |                    |                   |
|---------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                         |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                        |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                    |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                               |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)       |                    |                   |
| Título:<br>Planta general línea aérea<br>20 kV (vanos 1 al 4) | Plano nº: 8        | Firma:            |
|                                                               | Escala:<br>1:5,000 |                   |





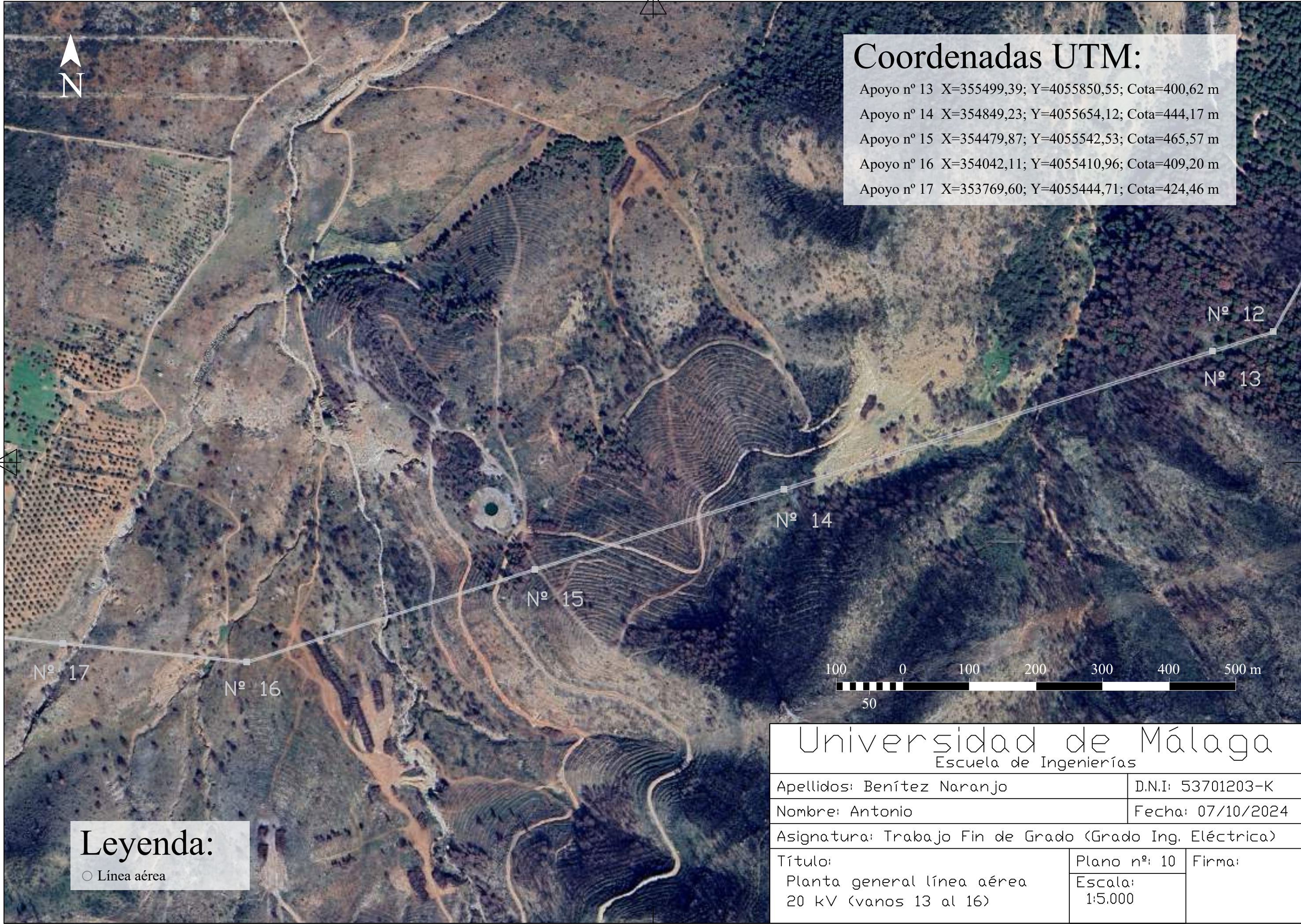
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Apoyo nº 5       | X=356498,70; Y=4056805,56; Cota=262,33 m |  |
| Apoyo nº 6       | X=356340,79; Y=4056785,06; Cota=272,50 m |  |
| Apoyo nº 7       | X=356122,84; Y=4056756,77; Cota=280,99 m |  |
| Apoyo nº 8       | X=356066,71; Y=4056663,55; Cota=290,82 m |  |
| Apoyo nº 9       | X=355979,46; Y=4056518,65; Cota=306,53 m |  |
| Apoyo nº 10      | X=355895,40; Y=4056379,05; Cota=319,77 m |  |
| Apoyo nº 11      | X=355656,11; Y=4055981,62; Cota=376,38 m |  |
| Apoyo nº 12      | X=355594,48; Y=4055879,28; Cota=378,91 m |  |
| Apoyo nº 13      | X=355499,39; Y=4055850,55; Cota=400,62 m |  |

Leyenda:

○ Línea aérea

|                                                                |                    |                   |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                          |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                         |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                     |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)        |                    |                   |
| Título:<br>Planta general línea aérea<br>20 kV (vanos 5 al 12) | Plano nº: 9        | Firma:            |
|                                                                | Escala:<br>1:5.000 |                   |





**Coordenadas UTM:**

Apoyo nº 13 X=355499,39; Y=4055850,55; Cota=400,62 m  
Apoyo nº 14 X=354849,23; Y=4055654,12; Cota=444,17 m  
Apoyo nº 15 X=354479,87; Y=4055542,53; Cota=465,57 m  
Apoyo nº 16 X=354042,11; Y=4055410,96; Cota=409,20 m  
Apoyo nº 17 X=353769,60; Y=4055444,71; Cota=424,46 m

Nº 12  
Nº 13

Nº 14

Nº 15

Nº 17

Nº 16



**Leyenda:**

○ Línea aérea

|                                                                 |                    |                   |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                           |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                          |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                      |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                 |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)         |                    |                   |
| Título:<br>Planta general línea aérea<br>20 kV (vanos 13 al 16) | Plano nº: 10       | Firma:            |
|                                                                 | Escala:<br>1:5,000 |                   |





|                  |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
| Apoyo nº 17      | X=353769,60; Y=4055444,71; Cota=424,46 m |  |
| Apoyo nº 18      | X=353530,11; Y=4055474,37; Cota=434,55 m |  |
| Apoyo nº 19      | X=353108,73; Y=4055526,56; Cota=472,16 m |  |
| Apoyo nº 20      | X=352944,70; Y=4055546,87; Cota=478,73 m |  |
| Apoyo nº 21      | X=352523,73; Y=4055599,01; Cota=485,81 m |  |
| Apoyo nº 22      | X=352190,93; Y=4055640,46; Cota=446,67 m |  |
| Apoyo nº 23      | X=352001,85; Y=4055803,05; Cota=445,20 m |  |

Nº 23

Nº 22

Nº 21

Nº 20

Nº 19

Nº 18

Nº 17



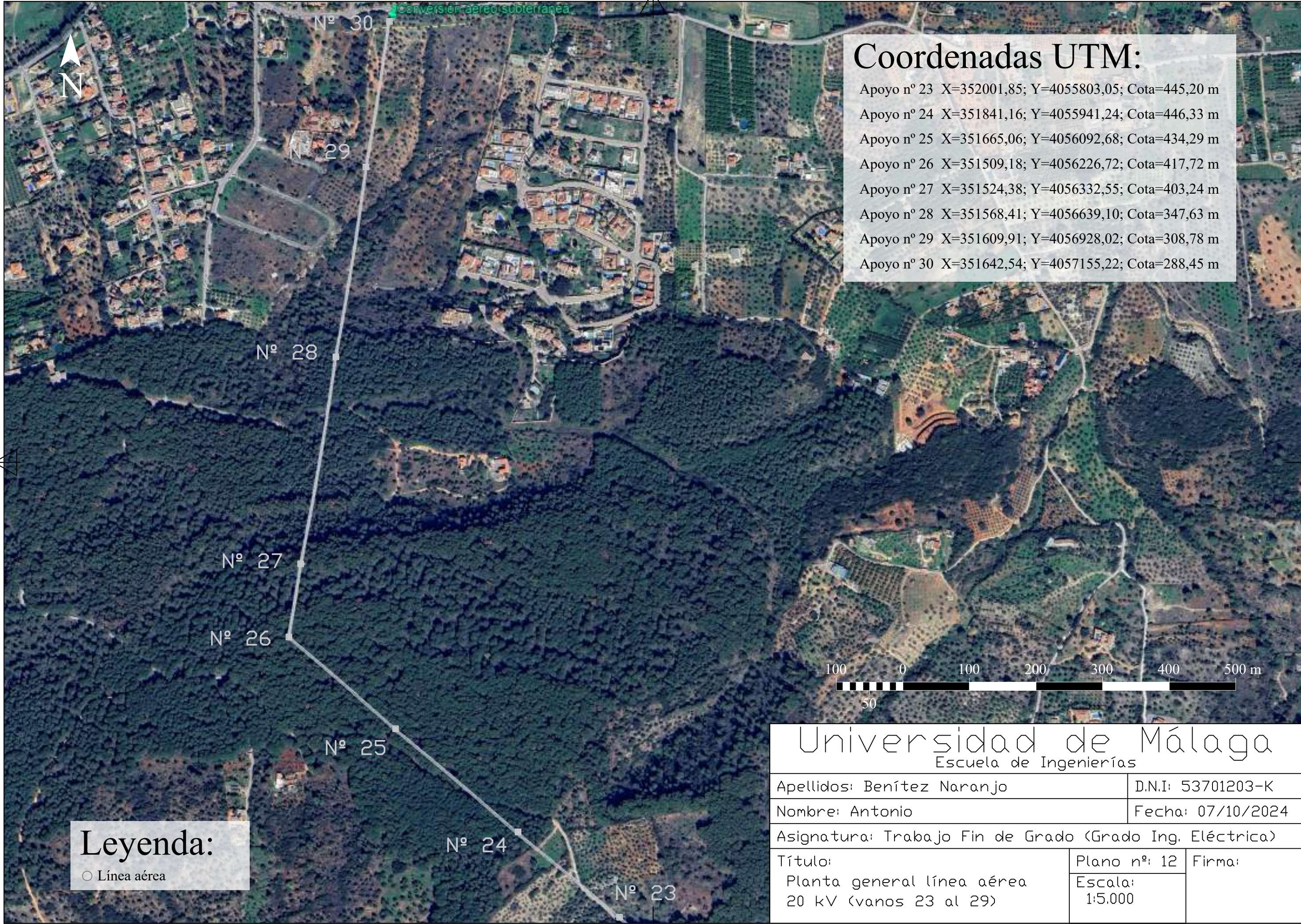
Leyenda:

○

Línea aérea

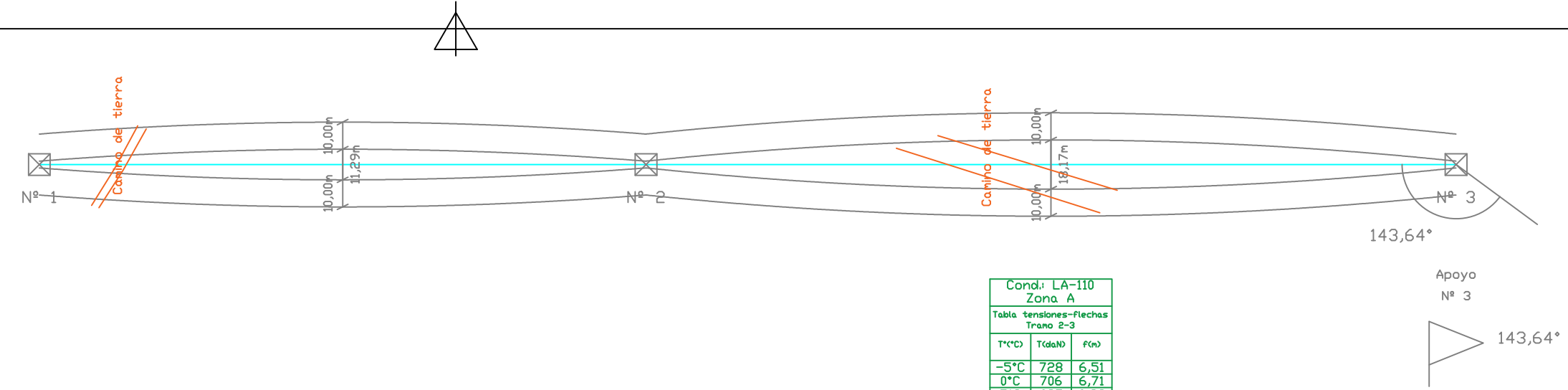
|                                                                 |                    |                   |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                           |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                          |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                      |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                 |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)         |                    |                   |
| Título:<br>Planta general línea aérea<br>20 kV (vanos 17 al 22) | Plano nº: 11       | Firma:            |
|                                                                 | Escala:<br>1:5.000 |                   |



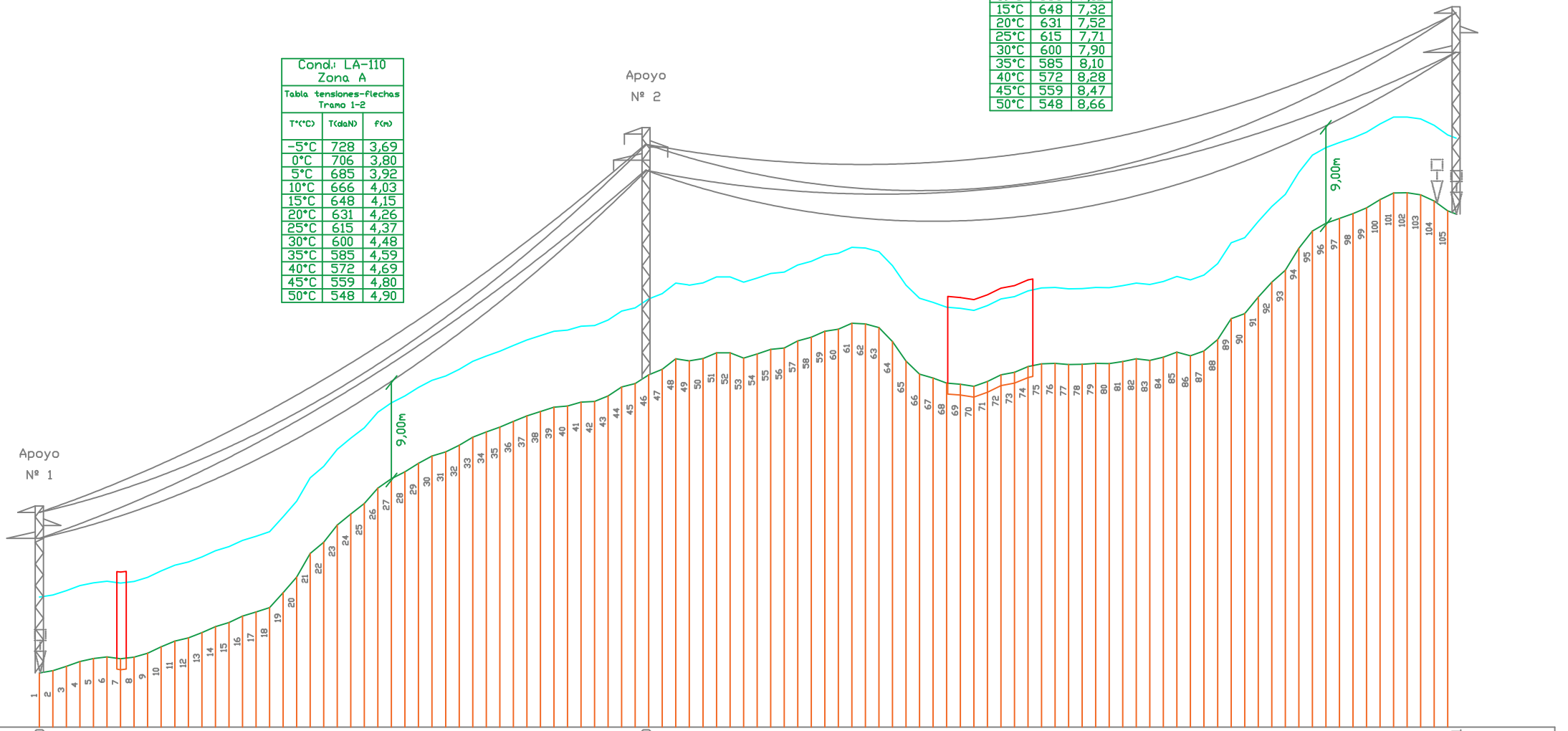




# Planta



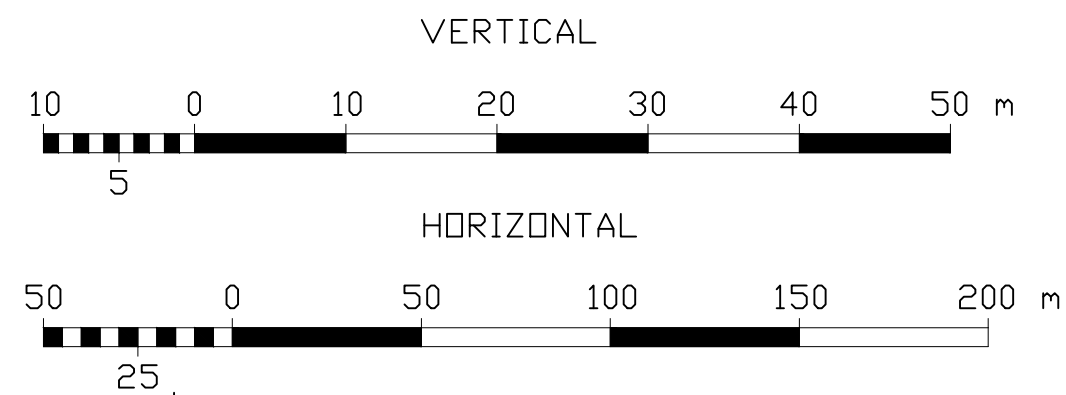
# Perfil



|                    |                                 |                       |                 |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales             |                 |
|                    |                                 | Al origen             |                 |
|                    | Cotas del terreno               |                       |                 |
|                    | Num. y longitud de las parcelas |                       |                 |
| Apoyos             | Número                          | Nº 1                  | Nº 2            |
|                    | Ángulo                          | --                    | --              |
|                    | Referencia del apoyo            | C-7000-18             | C-1000-24       |
|                    | Función                         | P.Línea               | Ali-Suspensión  |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo           | Tresbolillo     |
|                    | Separación de fases             | 2,40                  | 2,40            |
|                    | Tipo armado                     | TB-12-ATC-12          | TB-12-ATC-12    |
|                    | Altura útil cruceta inferior    | 12,42 m               | 19,04 m         |
|                    | Tipo de cimentación             | Monobloque (12)       | Monobloque (12) |
|                    | Lado                            | 1,82 m                | 1,40 m          |
| Vanos              | Profundidad                     | 2,58 m                | 1,96 m          |
|                    | Excavación                      | 8,55 m3               | 3,84 m3         |
|                    | Hormigonado                     | 9,21 m3               | 4,23 m3         |
|                    | Número                          | Nº 1                  | Nº 2            |
| Vano regul.        | Longitud                        | 224,00 m              | 299,08 m        |
|                    | Desnivel                        | 32,52 m               | 11,54 m         |
|                    | Número                          | Nº 1                  | Nº 2            |
| Vano regul.        | Cons. de catenaria y longitud   | K=1195 a 70°C - 269 m |                 |
|                    | Apoyo inicial y final           | Nº 1 - Nº 3           |                 |

## Leyenda:

- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halipensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas



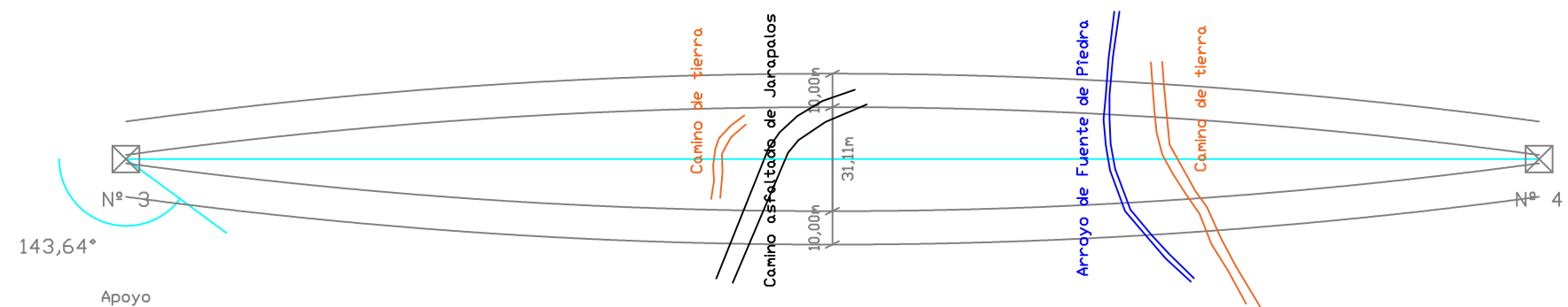
## Universidad de Málaga

Escuela de Ingenierías

|                                                               |                       |                   |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                    |                       | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                               |                       | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)       |                       |                   |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 1 y 2) | Plano nº: 13          | Firma:            |
|                                                               | Escala:               |                   |
|                                                               | H: 1:2000<br>V: 1:500 |                   |



# Planta



| Condi. LA-110<br>Zona A              |         |       |
|--------------------------------------|---------|-------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 1-2 |         |       |
| T(°C)                                | T(dado) | F(m)  |
| -5°C                                 | 683     | 13,82 |
| 0°C                                  | 673     | 14,02 |
| 5°C                                  | 664     | 14,20 |
| 10°C                                 | 656     | 14,39 |
| 15°C                                 | 648     | 14,58 |
| 20°C                                 | 640     | 14,76 |
| 25°C                                 | 632     | 14,94 |
| 30°C                                 | 624     | 15,12 |
| 35°C                                 | 617     | 15,30 |
| 40°C                                 | 610     | 15,48 |
| 45°C                                 | 603     | 15,66 |
| 50°C                                 | 596     | 15,83 |

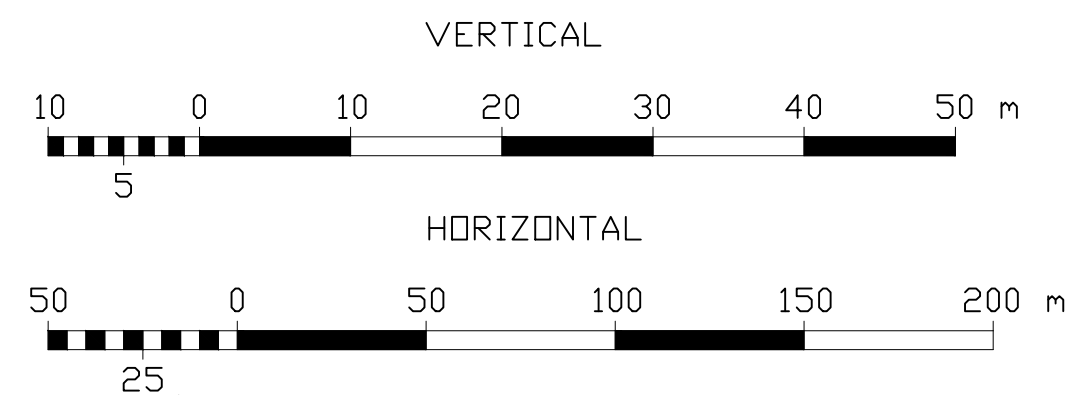
# Perfil

Plano de Comparación 209,59 m

|                    |                                 |                       |                 |        |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|--------|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales             | 0,0             | 422,1  |
|                    |                                 | Al origen             | 523,1           | 945,1  |
|                    | Cotas del terreno               |                       | 246,05          | 244,54 |
| Apoyos             | Num. y longitud de las parcelas |                       |                 |        |
|                    | Número                          | Nº 3                  | Nº 4            |        |
|                    | Ángulo                          | 143,64°               | --              |        |
|                    | Referencia del apoyo            | C-4500-22             | C-2000-20       |        |
|                    | Función                         | Áng-Anclaje           | Ali-Amarre      |        |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo           | Tresbolillo     |        |
|                    | Separación de fases             | 3,10                  | 3,10            |        |
|                    | Tipo armado                     | TB-18-ATC-12          | TB-18-ATC-12    |        |
|                    | Altura útil cruceta inferior    | 14,93 m               | 13,58 m         |        |
|                    | Tipo de cimentación             | Monobloque (12)       | Monobloque (12) |        |
| Cimen-tación       | Lado                            | 1,35 m                | 1,27 m          |        |
|                    | Profundidad                     | 2,87 m                | 2,22 m          |        |
|                    | Excavación                      | 5,23 m3               | 3,58 m3         |        |
|                    | Hormigonado                     | 5,60 m3               | 3,90 m3         |        |
| Vanos              | Número                          | Nº 3                  |                 |        |
|                    | Longitud                        | 422,06 m              |                 |        |
|                    | Desnivel                        | -1,70 m               |                 |        |
| Vano regu.         | Número                          | Nº 2                  |                 |        |
|                    | Cons. de catenaria y longitud   | K=1350 a 70°C - 422 m |                 |        |
|                    | Apoyo inicial y final           | Nº 3 - Nº 4           |                 |        |

## Leyenda:

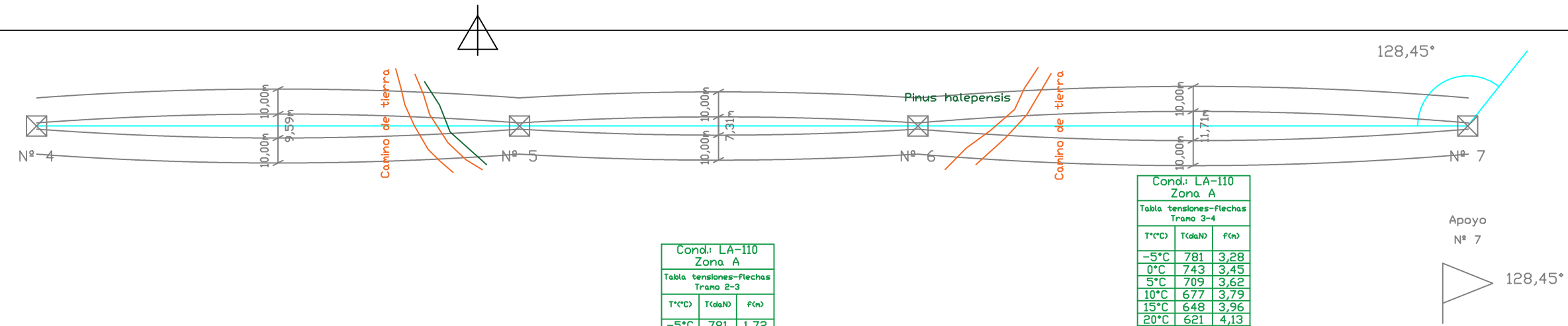
- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halipensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas



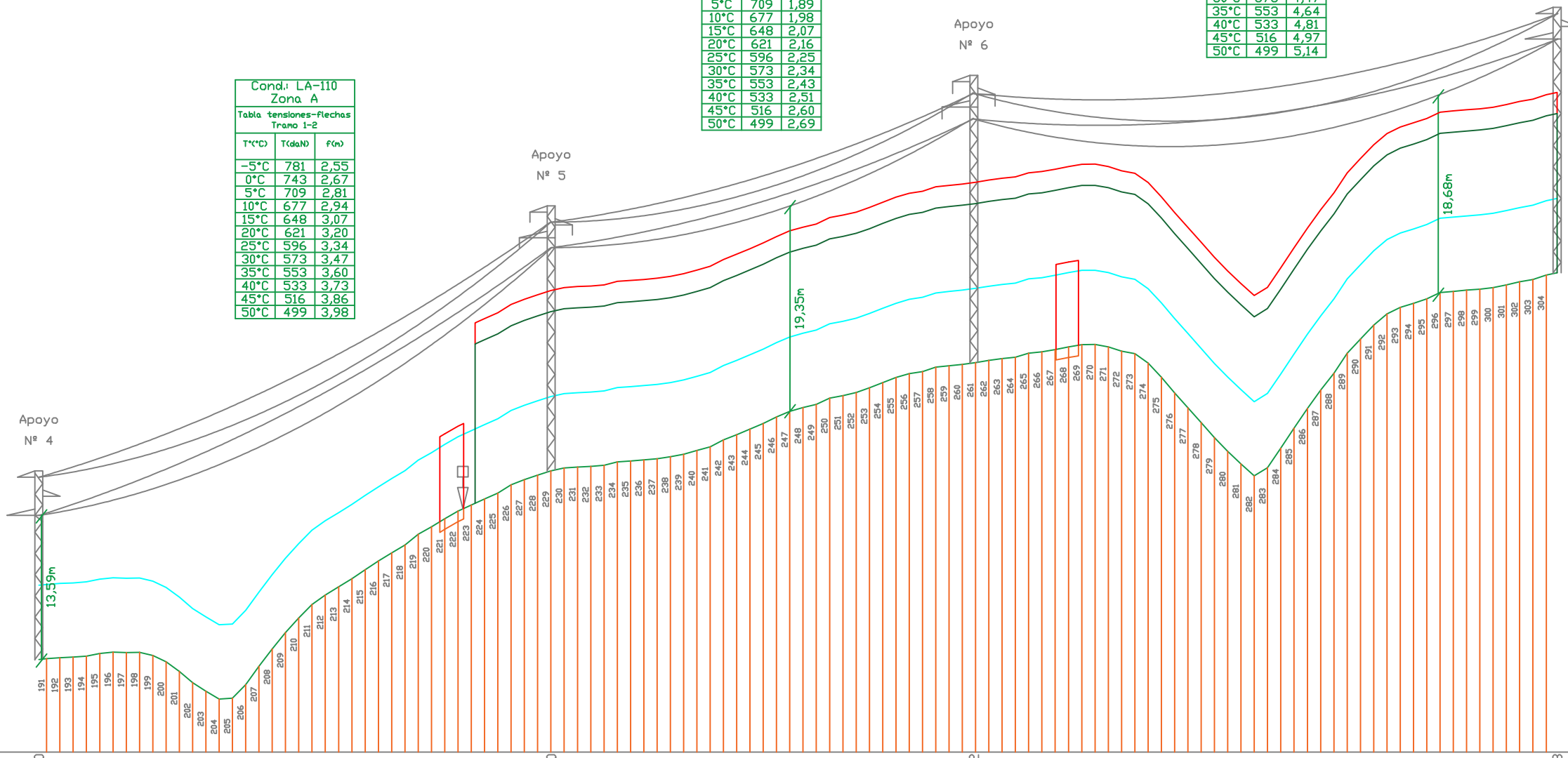
Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                          |                       |                   |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                               |                       | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                          |                       | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)  |                       |                   |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vano 3) | Plano nº: 14          | Firma:            |
|                                                          | Escala:               |                   |
|                                                          | H: 1:2000<br>V: 1:500 |                   |

Planta



Perfil

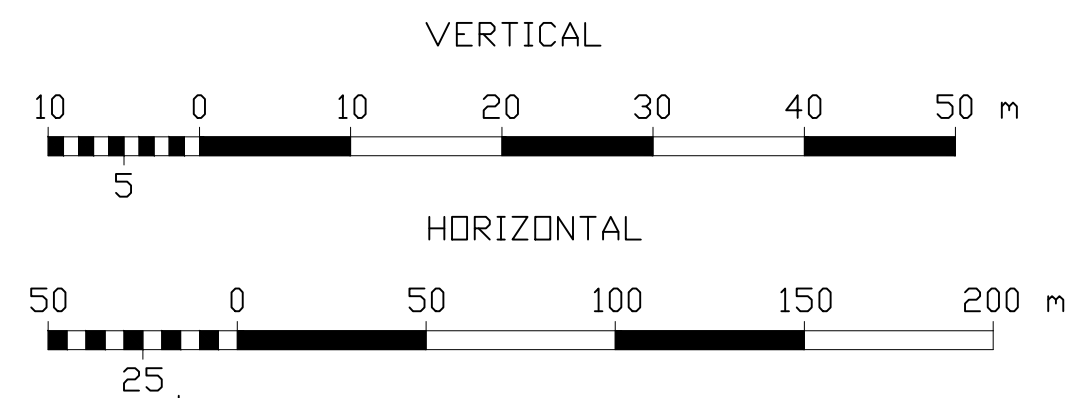


Plano de Comparación 235,83 m

|                    |                                 |                 |                       |                 |                 |        |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales       | 0,0                   | 193,0           | 159,2           | 219,8  |
|                    |                                 | Al origen       | 945,1                 | 1138,2          | 1297,4          | 1517,2 |
|                    | Cotas del terreno               |                 | 244,54                | 262,33          | 272,50          | 280,99 |
|                    | Num. y longitud de las parcelas |                 |                       |                 |                 |        |
| Apoyos             | Número                          | Nº 4            | Nº 5                  | Nº 6            | Nº 7            |        |
|                    | Ángulo                          | --              | --                    | --              | 128,45°         |        |
|                    | Referencia del apoyo            | C-2000-20       | C-1000-26             | C-1000-28       | C-4500-28       |        |
|                    | Función                         | Ali-Amarre      | Ali-Suspensión        | Ali-Suspensión  | Áng-Anclaje     |        |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo     | Tresbolillo           | Tresbolillo     | Tresbolillo     |        |
|                    | Separación de fases             | 3,10            | 2,40                  | 2,40            | 2,40            |        |
|                    | Tipo armado                     | TB-18-ATC-12    | TB-12-ATC-12          | TB-12-ATC-12    | TB-12-ATC-12    |        |
|                    | Altura útil cruceta inferior    | 13,58 m         | 21,03 m               | 22,99 m         | 22,03 m         |        |
| Cimentación        | Tipo de cimentación             | Monobloque (12) | Monobloque (12)       | Monobloque (12) | Monobloque (12) |        |
|                    | Lado                            | 1,27 m          | 1,50 m                | 1,55 m          | 1,60 m          |        |
|                    | Profundidad                     | 2,22 m          | 1,97 m                | 2,01 m          | 2,97 m          |        |
|                    | Excavación                      | 3,58 m3         | 4,43 m3               | 4,83 m3         | 7,60 m3         |        |
| Vanos regul.       | Hormigonado                     | 3,90 m3         | 4,88 m3               | 5,31 m3         | 8,12 m3         |        |
|                    | Número                          |                 | Nº 4                  | Nº 5            | Nº 6            |        |
|                    | Longitud                        |                 | 193,04 m              | 159,24 m        | 219,78 m        |        |
|                    | Desnivel                        |                 | 24,79 m               | 10,67 m         | 8,99 m          |        |
| Vano regul.        | Número                          |                 | Nº 3                  |                 |                 |        |
|                    | Cons. de catenaria y longitud   |                 | K=1051 a 70°C - 195 m |                 |                 |        |
|                    | Apoyo inicial y final           |                 | Nº 4 - Nº 7           |                 |                 |        |

Leyenda:

- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halipensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas

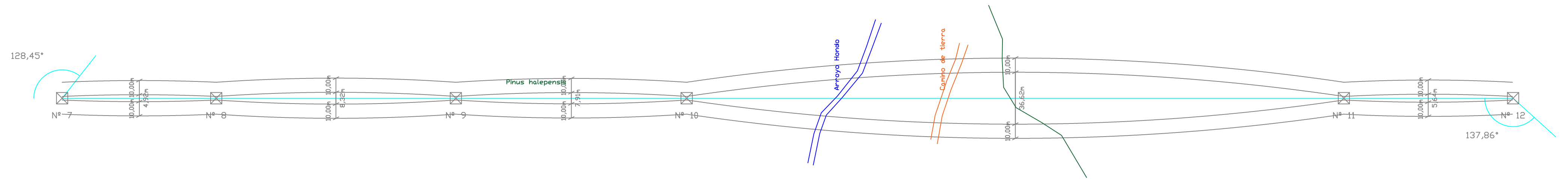


Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

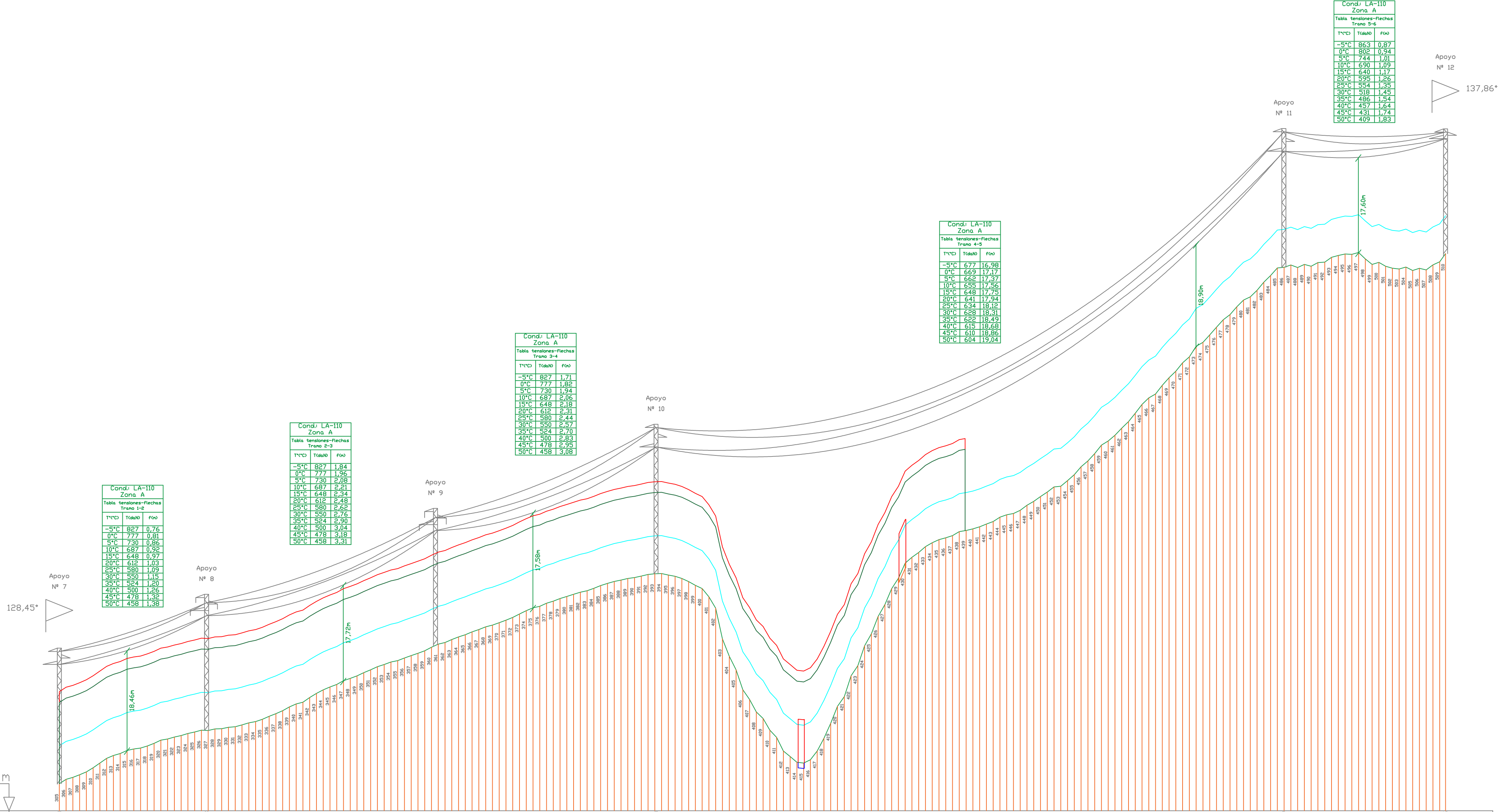
|                                                                  |  |                       |  |        |
|------------------------------------------------------------------|--|-----------------------|--|--------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                       |  | D.N.I: 53701203-K     |  |        |
| Nombre: Antonio                                                  |  | Fecha: 07/10/2024     |  |        |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)          |  |                       |  |        |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 4, 5 y 6) |  | Plano nº: 15          |  | Firma: |
|                                                                  |  | Escala:               |  |        |
|                                                                  |  | H: 1:2000<br>V: 1:500 |  |        |



Planta



Perfil

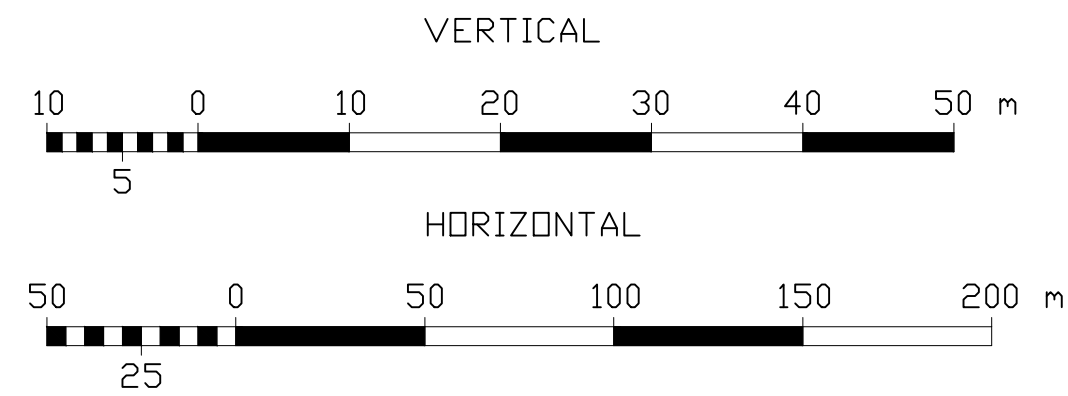


Plano de Comparación 275,99 m

|                    |            |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Datos topográficos | Distancias | Parciales |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Leyenda:

- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halpensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

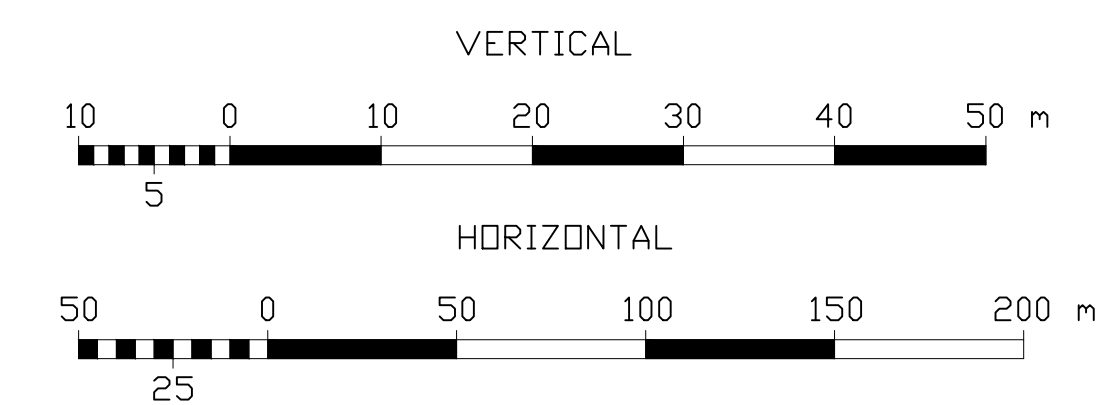
|                                                                    |                    |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                         | D.N.I.: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                    | Fecha: 07/10/2024  |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)            |                    |
| Título: Perfil y planta línea aérea 20 kV (varos 7, 8, 9, 10 y 11) | Plano nº: 16       |
| Escala: H: 1:2000 V: 1:500                                         | Firma:             |





|  | Datos topográficos              |                       |                       |                       |                       |        |        |       |        |        |       |
|--|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
|  | Distancias                      | Parciales             |                       |                       |                       |        |        |       |        |        |       |
|  |                                 | Al origen             |                       |                       |                       |        |        |       |        |        |       |
|  | Cotas del terreno               | 378,91                | 2541,5                | 400,62                | 2640,8                | 444,17 | 3380,0 | 679,2 | 465,57 | 3705,8 | 385,8 |
|  | Num. y longitud de las parcelas | Nº 12                 | Nº 13                 | Nº 14                 | Nº 15                 |        |        |       |        |        |       |
|  | Número                          | 137,86*               | --                    | --                    | --                    |        |        |       |        |        |       |
|  | Ángulo                          | C-4500-26             | C-4500-TR-24-1,2      | C-2000-26-1,2         | C-2000-22             |        |        |       |        |        |       |
|  | Referencia del apoyo            | Áng-Anclaje           | Ali-Amarre            | Ali-Suspensión        | Ali-Suspensión        |        |        |       |        |        |       |
|  | Función                         | Tresbolillo           | Tresbolillo           | Tresbolillo           | Tresbolillo           |        |        |       |        |        |       |
|  | Montaje                         | 1,20                  | 4,24                  | 4,24                  | 3,10                  |        |        |       |        |        |       |
|  | Separación de fases             | TB-6-ATC-12           | TB-24-ATC-17          | TB-24-ATC-17          | TB-18-ATC-12          |        |        |       |        |        |       |
|  | Tipo armado                     | 21,25 m               | 17,07 m               | 19,49 m               | 15,57 m               |        |        |       |        |        |       |
|  | Altura útil cruceta inferior    | Monobloque (12)       | Monobloque (12)       | Monobloque (12)       | Monobloque (12)       |        |        |       |        |        |       |
|  | Tipo de cimentación             | Lado                  | Lado                  | Lado                  | Lado                  |        |        |       |        |        |       |
|  | Lado                            | Profundidad           | Profundidad           | Profundidad           | Profundidad           |        |        |       |        |        |       |
|  | Profundidad                     | Excavación            | Excavación            | Excavación            | Excavación            |        |        |       |        |        |       |
|  | Excavación                      | Hormigonado           | Hormigonado           | Hormigonado           | Hormigonado           |        |        |       |        |        |       |
|  | Hormigonado                     | Nº 12                 | Nº 13                 | Nº 14                 | Nº 15                 |        |        |       |        |        |       |
|  | Número                          | Longitud              | Longitud              | Longitud              | Longitud              |        |        |       |        |        |       |
|  | Longitud                        | Desnivel              | Desnivel              | Desnivel              | Desnivel              |        |        |       |        |        |       |
|  | Desnivel                        | Nº 7                  | Nº 8                  | Nº 9                  | Nº 10                 |        |        |       |        |        |       |
|  | Número                          | K=703 a 70°C - 99 m   | K=1406 a 70°C - 553 m | K=1406 a 70°C - 553 m | K=1406 a 70°C - 553 m |        |        |       |        |        |       |
|  | Cons. de catenaria y longitud   | Apoyo inicial y final | Apoyo inicial y final | Apoyo inicial y final | Apoyo inicial y final |        |        |       |        |        |       |
|  | Apoyo inicial y final           | Nº 12 - Nº 13         | Nº 13 - Nº 14         | Nº 14 - Nº 15         | Nº 15 - Nº 16         |        |        |       |        |        |       |

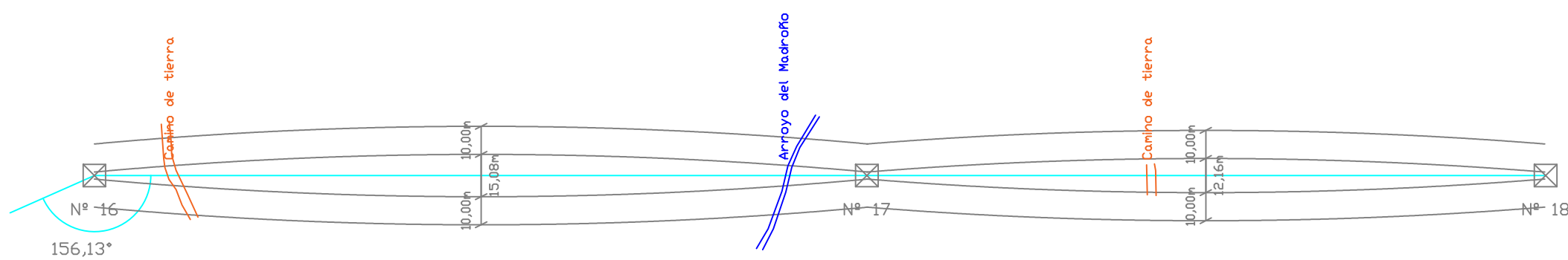
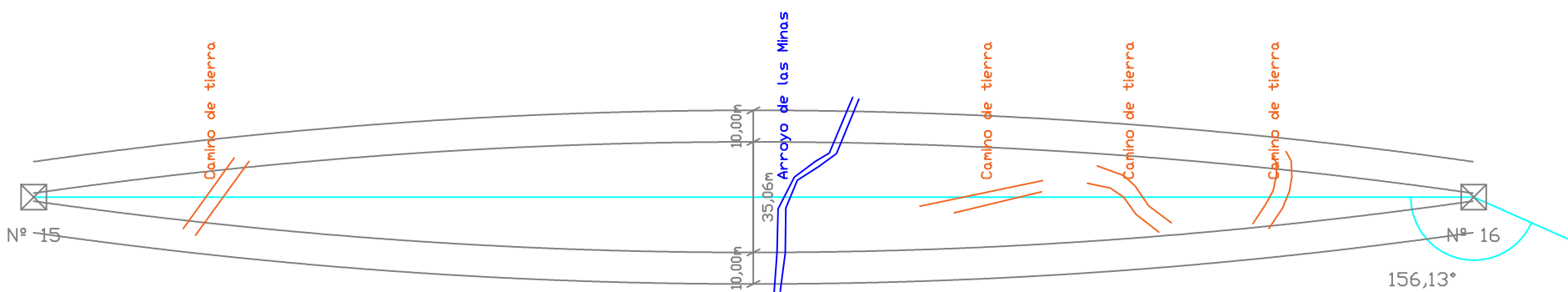
|                                        |                                   |
|----------------------------------------|-----------------------------------|
| — Apoyos y catenarias                  | ♂ Cruzamientos líneas A.T.        |
| — Dist. mín. cond. respecto al terreno | — Cruzamientos pinus halipensis   |
| — Distancias al terreno y perfil       | — Cruzamientos caminos de tierra  |
| — Límite de parcelas catastro          | — Cruzamientos caminos asfaltados |
| — Zona cruzamientos                    | — Cruzamientos arroyos y cañadas  |



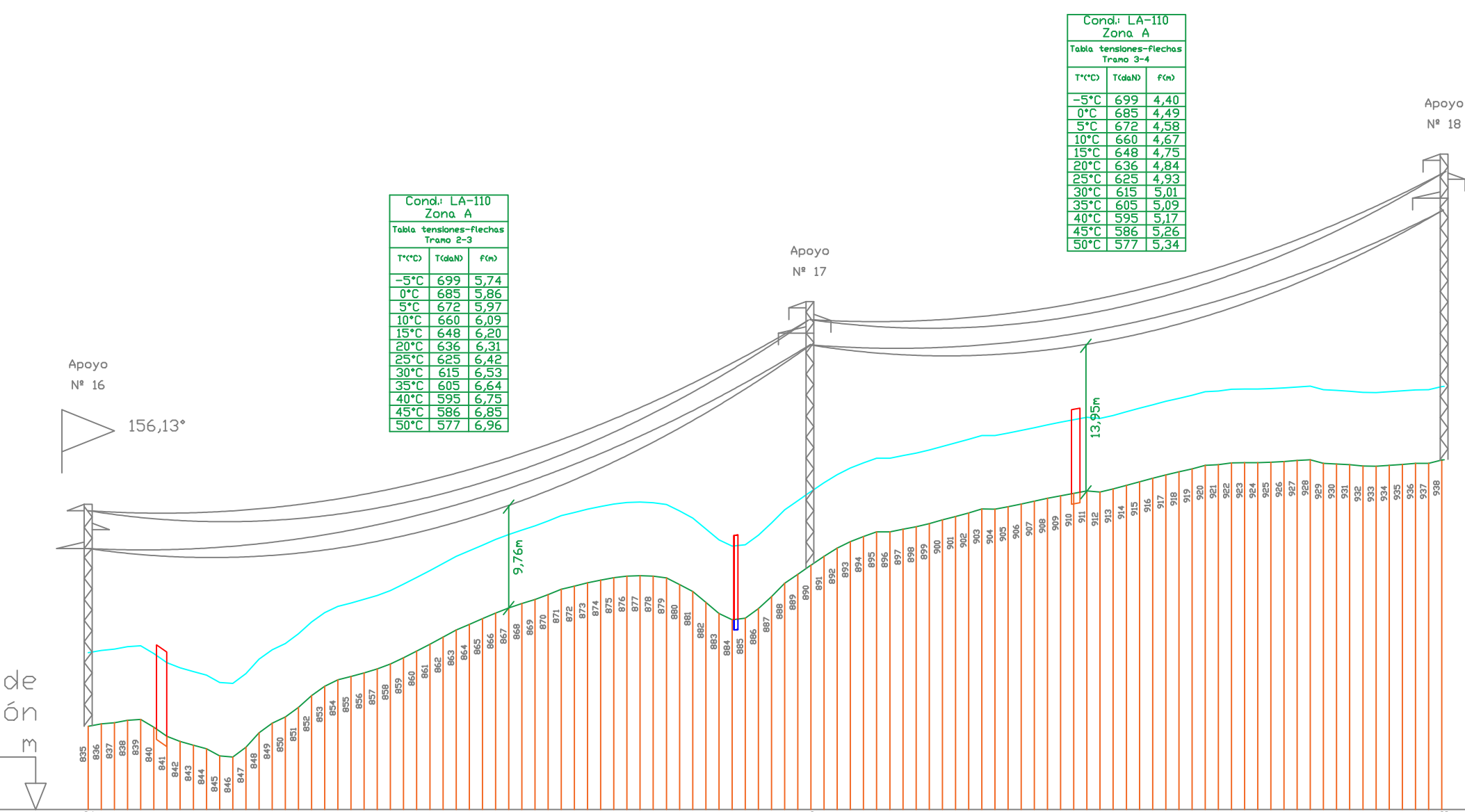
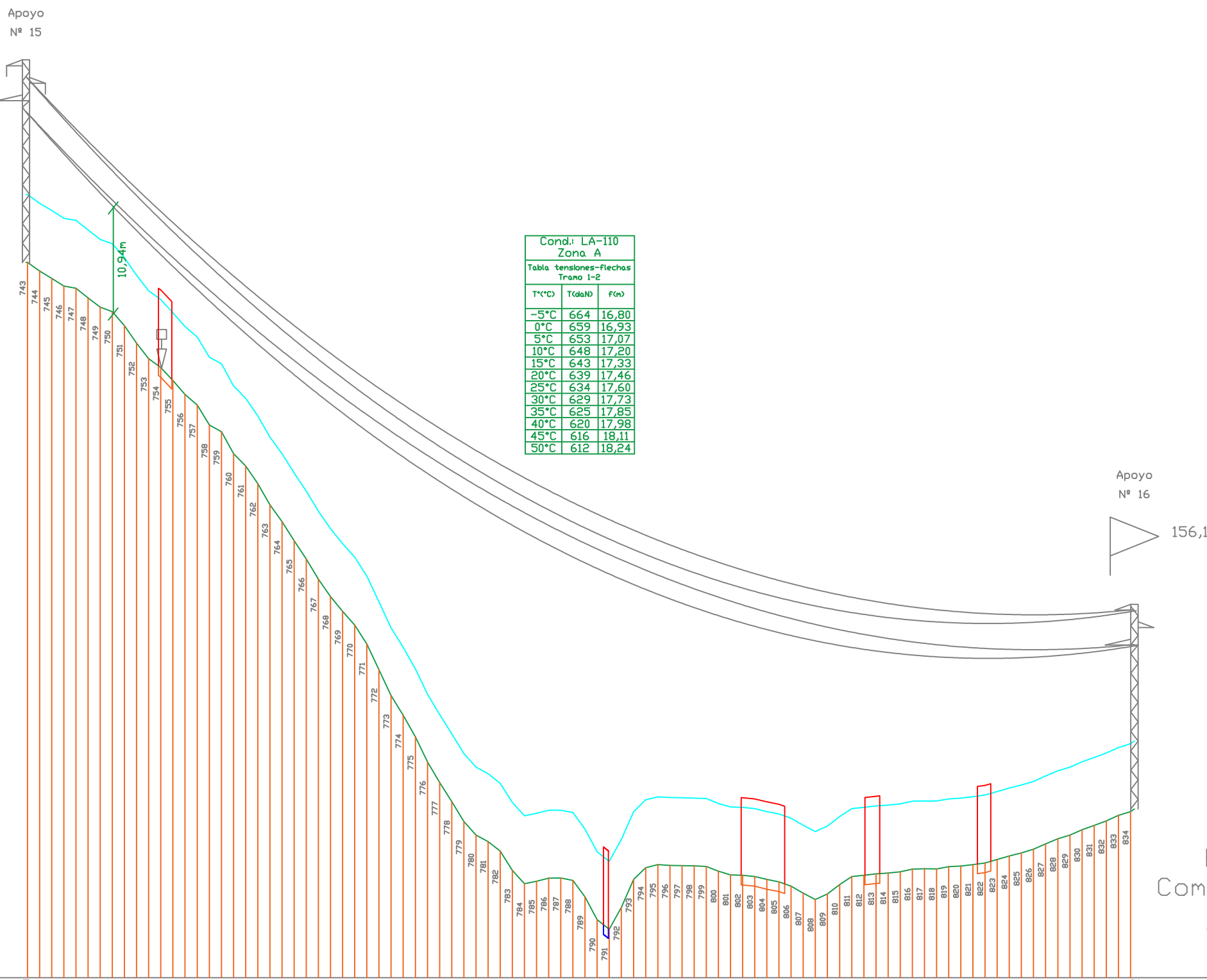
|                                                          |                                  |                   |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                               |                                  | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                          |                                  | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)  |                                  |                   |
| Título:                                                  | Plano nº: 17                     | Firma:            |
| Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 12, 13 y 14) | Escala:<br>H: 1:2000<br>V: 1:500 |                   |



Planta



Perfil



|                    |            |           |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|------------|-----------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Datos topográficos | Distancias | Parciales | 0.0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------|------------|-----------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Leyenda:

- Apoyos y catenarias

— Dist. mín. cond. respecto al terreno

— Distancias al terreno y perfil

— Límite de parcelas catastro

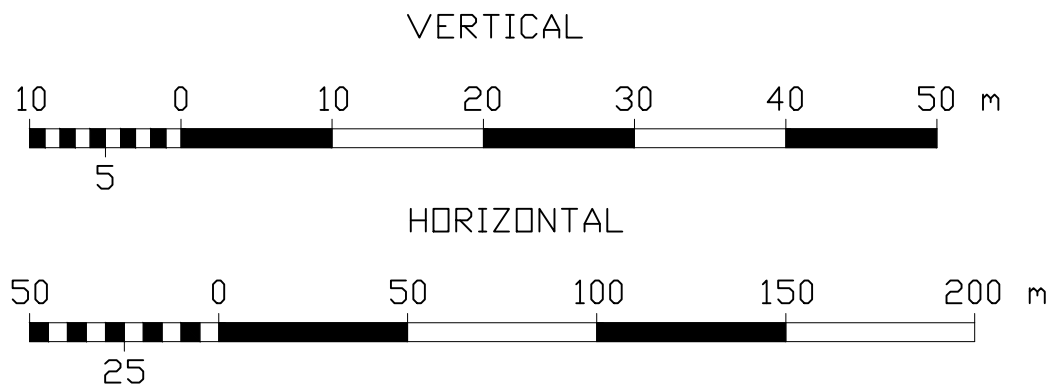
— Zona cruzamientos
- ⬆ Cruzamientos líneas A.T.

— Cruzamientos pinus halipensis

— Cruzamientos caminos de tierra

— Cruzamientos caminos asfaltados

— Cruzamientos arroyos y cañadas

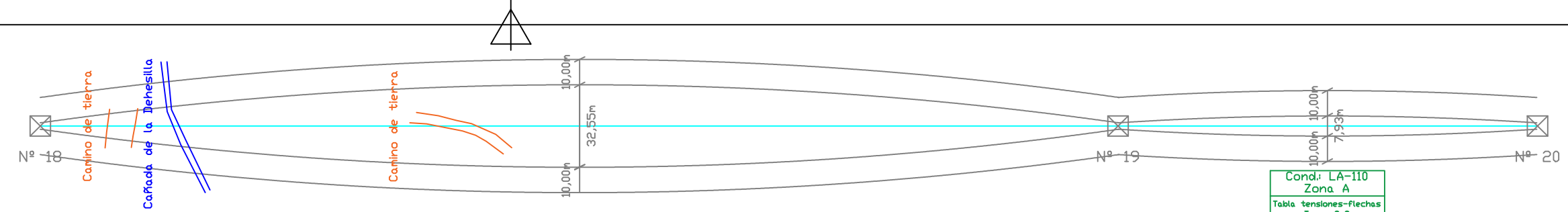


Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                                     |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                          | D.N.I: 53701203-K                                |
| Nombre: Antonio                                                     | Fecha: 07/10/2024                                |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)             |                                                  |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 15, 16 y 17) | Plano nº: 18<br>Escala:<br>H: 1:2000<br>V: 1:500 |
| Firma:                                                              |                                                  |



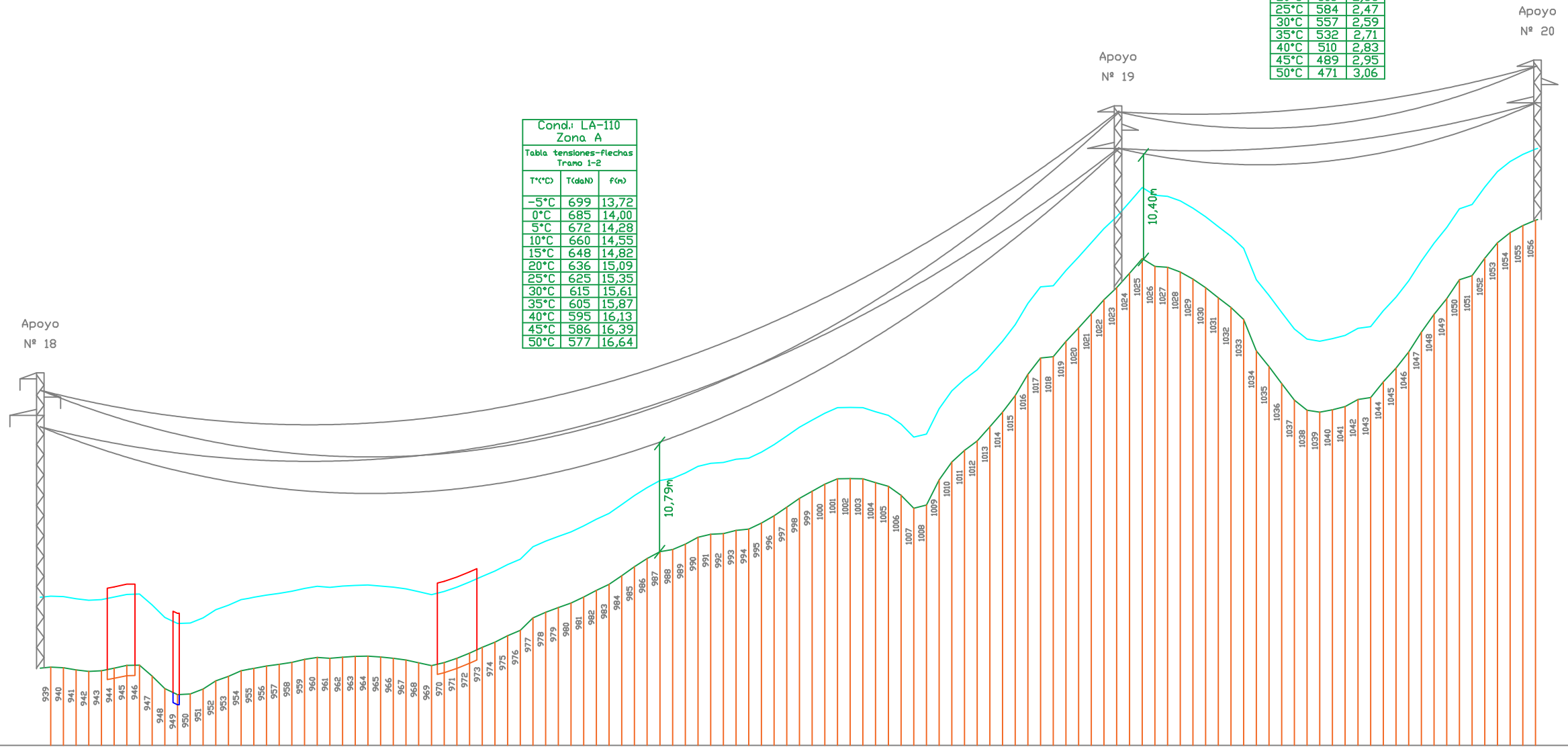
# Planta



| Condi. LA-110<br>Zona A              |        |      |
|--------------------------------------|--------|------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 2-3 |        |      |
| T(°C)                                | T(su0) | F(m) |
| -5°C                                 | 814    | 1,77 |
| 0°C                                  | 767    | 1,88 |
| 5°C                                  | 723    | 1,99 |
| 10°C                                 | 684    | 2,11 |
| 15°C                                 | 648    | 2,23 |
| 20°C                                 | 615    | 2,35 |
| 25°C                                 | 584    | 2,47 |
| 30°C                                 | 557    | 2,59 |
| 35°C                                 | 532    | 2,71 |
| 40°C                                 | 510    | 2,83 |
| 45°C                                 | 489    | 2,95 |
| 50°C                                 | 471    | 3,06 |

| Condi. LA-110<br>Zona A              |        |       |
|--------------------------------------|--------|-------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 1-2 |        |       |
| T(°C)                                | T(su0) | F(m)  |
| -5°C                                 | 699    | 13,72 |
| 0°C                                  | 685    | 14,00 |
| 5°C                                  | 672    | 14,28 |
| 10°C                                 | 660    | 14,55 |
| 15°C                                 | 648    | 14,82 |
| 20°C                                 | 636    | 15,09 |
| 25°C                                 | 625    | 15,35 |
| 30°C                                 | 615    | 15,61 |
| 35°C                                 | 605    | 15,87 |
| 40°C                                 | 595    | 16,13 |
| 45°C                                 | 586    | 16,39 |
| 50°C                                 | 577    | 16,64 |

# Perfil

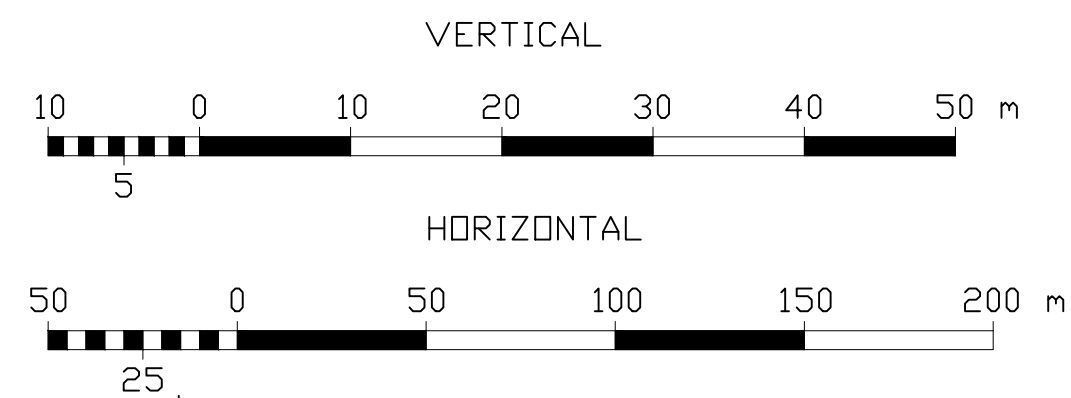


Plano de Comparación 426,96 m

|                       |                                 |               |                       |               |                      |  |                 |  |
|-----------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|---------------|----------------------|--|-----------------|--|
| Datos topográficos    | Distancias                      | Parciales     | 0.0                   |               | 424.6                |  | 165.3           |  |
|                       |                                 | Al origen     | 4679.0                |               | 5103.6               |  | 5268.9          |  |
|                       | Cotas del terreno               |               | 434.55                |               | 472.16               |  | 478.73          |  |
| Apoyos                | Num. y longitud de las parcelas |               |                       |               |                      |  |                 |  |
|                       | Número                          |               | Nº 18                 |               | Nº 19                |  | Nº 20           |  |
|                       | Ángulo                          |               | --                    |               | --                   |  | --              |  |
|                       | Referencia del apoyo            |               | C-1000-30             |               | C-2000-20            |  | C-2000-18       |  |
|                       | Función                         |               | Ali-Suspensión        |               | Ali-Amarre           |  | Ali-Amarre      |  |
|                       | Montaje                         |               | Tresbolillo           |               | Tresbolillo          |  | Tresbolillo     |  |
|                       | Separación de fases             |               | 3,10                  |               | 3,10                 |  | 3,10            |  |
|                       | Tipo armado                     |               | TB-18-ATC-12          |               | TB-18-ATC-12         |  | TB-18-ATC-12    |  |
| Cimen-tación          | Altura útil cruceta inferior    |               | 23,78 m               |               | 13,58 m              |  | 11,50 m         |  |
|                       | Tipo de cimentación             |               | Monobloque (12)       |               | Monobloque (12)      |  | Monobloque (12) |  |
|                       | Lado                            |               | 1,65 m                |               | 1,27 m               |  | 1,19 m          |  |
|                       | Profundidad                     |               | 2,02 m                |               | 2,22 m               |  | 2,30 m          |  |
| Vanos                 | Excavación                      |               | 5,50 m3               |               | 3,58 m3              |  | 3,26 m3         |  |
|                       | Hormigonado                     |               | 6,04 m3               |               | 3,90 m3              |  | 3,54 m3         |  |
|                       | Número                          |               | Nº 18                 |               | Nº 19                |  |                 |  |
| Vano regul.           | Longitud                        |               | 424,60 m              |               | 165,29 m             |  |                 |  |
|                       | Desnivel                        |               | 29,47 m               |               | 3,85 m               |  |                 |  |
|                       | Número                          |               | Nº 9                  |               | Nº 10                |  |                 |  |
|                       | Cons. de catenaria y longitud   |               | K=1288 a 70°C - 344 m |               | K=969 a 70°C - 165 m |  |                 |  |
| Apoyo inicial y final |                                 | Nº 18 - Nº 19 |                       | Nº 19 - Nº 20 |                      |  |                 |  |

## Leyenda:

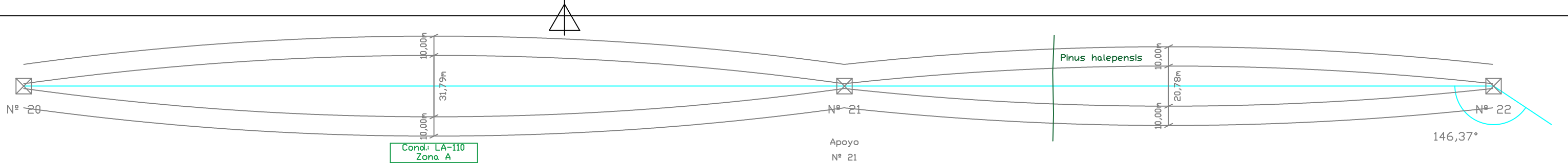
- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halipensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                                 |                       |                   |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                      |                       | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                 |                       | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)         |                       |                   |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 18 y 19) | Plano nº: 19          | Firma:            |
|                                                                 | Escala:               |                   |
|                                                                 | H: 1:2000<br>V: 1:500 |                   |

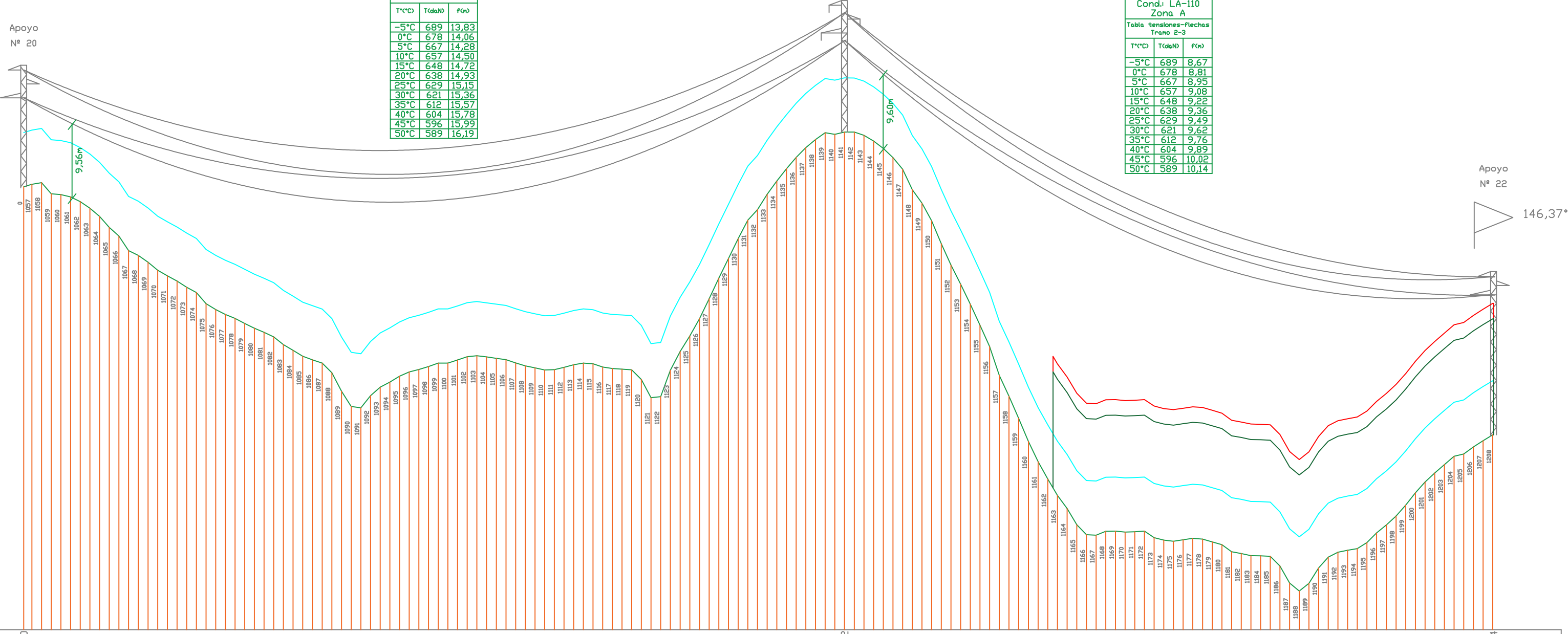
Planta



| Condi: LA-110<br>Zona A              |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 1-2 |       |       |
| T°C                                  | T (m) | F (m) |
| -5°C                                 | 689   | 13,83 |
| 0°C                                  | 678   | 14,06 |
| 5°C                                  | 667   | 14,28 |
| 10°C                                 | 657   | 14,50 |
| 15°C                                 | 648   | 14,72 |
| 20°C                                 | 638   | 14,93 |
| 25°C                                 | 629   | 15,15 |
| 30°C                                 | 621   | 15,36 |
| 35°C                                 | 612   | 15,57 |
| 40°C                                 | 604   | 15,78 |
| 45°C                                 | 596   | 15,99 |
| 50°C                                 | 589   | 16,19 |

| Condi: LA-110<br>Zona A              |       |       |
|--------------------------------------|-------|-------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 2-3 |       |       |
| T°C                                  | T (m) | F (m) |
| -5°C                                 | 689   | 8,67  |
| 0°C                                  | 678   | 8,81  |
| 5°C                                  | 667   | 8,95  |
| 10°C                                 | 657   | 9,08  |
| 15°C                                 | 648   | 9,22  |
| 20°C                                 | 638   | 9,36  |
| 25°C                                 | 629   | 9,49  |
| 30°C                                 | 621   | 9,63  |
| 35°C                                 | 612   | 9,76  |
| 40°C                                 | 604   | 9,89  |
| 45°C                                 | 596   | 10,02 |
| 50°C                                 | 589   | 10,14 |

Perfil

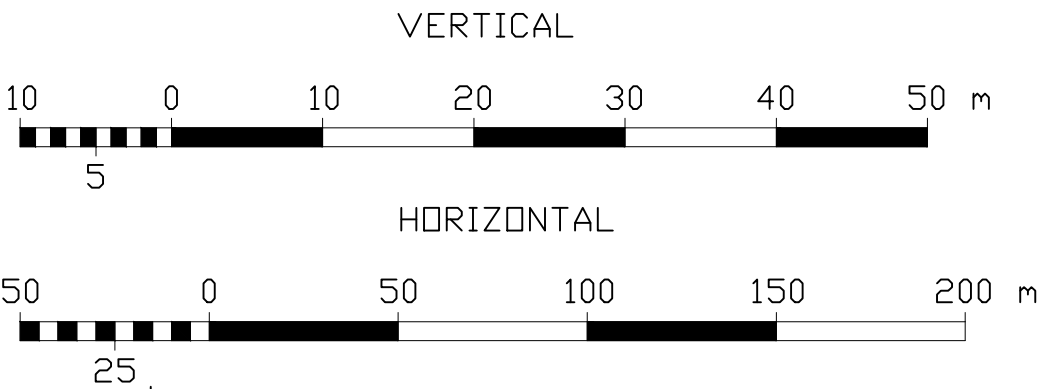


Plano de Comparación 421,48 m

|                    |                                 |                       |                 |                 |        |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales             | 0,0             | 424,2           | 335,4  |
|                    |                                 | Al origen             | 478,73          | 5693,1          | 6028,5 |
|                    | Cotas del terreno               |                       | 478,73          | 485,81          | 446,67 |
| Apoyos             | Num. y longitud de las parcelas |                       |                 |                 |        |
|                    | Número                          | Nº 20                 | Nº 21           | Nº 22           |        |
|                    | Ángulo                          | --                    | --              | 146,37°         |        |
|                    | Referencia del apoyo            | C-2000-18             | C-1000-18       | C-4500-24       |        |
|                    | Función                         | Ali-Amarre            | Ali-Suspensión  | Áng-Anclaje     |        |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo           | Tresbolillo     | Tresbolillo     |        |
|                    | Separación de fases             | 3,10                  | 3,10            | 2,40            |        |
|                    | Tipo armado                     | TB-18-ATC-12          | TB-18-ATC-12    | TB-12-ATC-12    |        |
| Cimen-<br>tación   | Altura útil cruceta inferior    | 11,50 m               | 11,85 m         | 18,09 m         |        |
|                    | Tipo de cimentación             | Monobloque (12)       | Monobloque (12) | Monobloque (12) |        |
|                    | Lado                            | 1,19 m                | 1,19 m          | 1,45 m          |        |
|                    | Profundidad                     | 2,30 m                | 1,95 m          | 2,91 m          |        |
| Vanos              | Excavación                      | 3,26 m3               | 2,76 m3         | 6,12 m3         |        |
|                    | Hormigonado                     | 3,54 m3               | 3,04 m3         | 6,54 m3         |        |
|                    | Número                          | Nº 20                 | Nº 21           |                 |        |
|                    | Longitud                        | 424,18 m              | 335,45 m        |                 |        |
| Vano regul.        | Desnivel                        | 6,66 m                | -31,58 m        |                 |        |
|                    | Número                          | Nº 11                 |                 |                 |        |
|                    | Cons. de catenaria y longitud   | K=1326 a 70°C - 387 m |                 |                 |        |
|                    | Apoyo inicial y final           | Nº 20 - Nº 22         |                 |                 |        |

Leyenda:

- Apoyos y catenarias
- Dist. mín. cond. respecto al terreno
- Distancias al terreno y perfil
- Límite de parcelas catastro
- Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.
- Cruzamientos pinus halipensis
- Cruzamientos caminos de tierra
- Cruzamientos caminos asfaltados
- Cruzamientos arroyos y cañadas



Universidad de Málaga

Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:

Perfil y planta línea aérea

20 kV (vanos 20 y 21)

Plano nº: 20

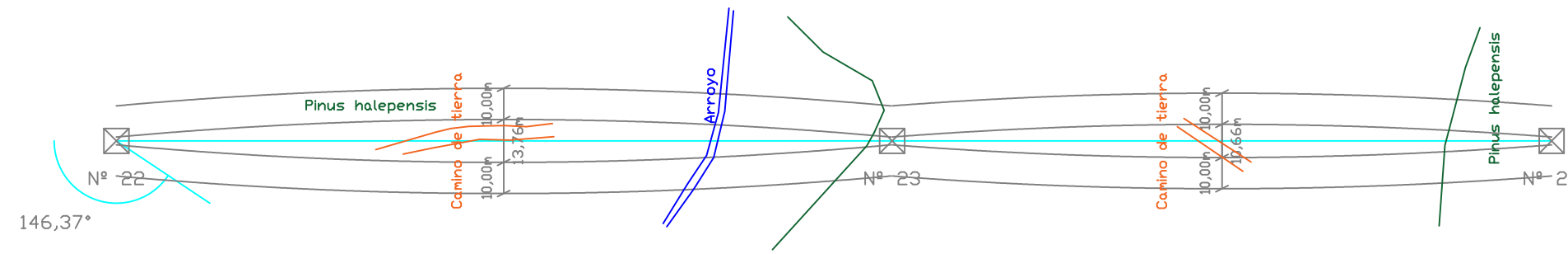
Escala:

H: 1:2000

V: 1:500

Firma:

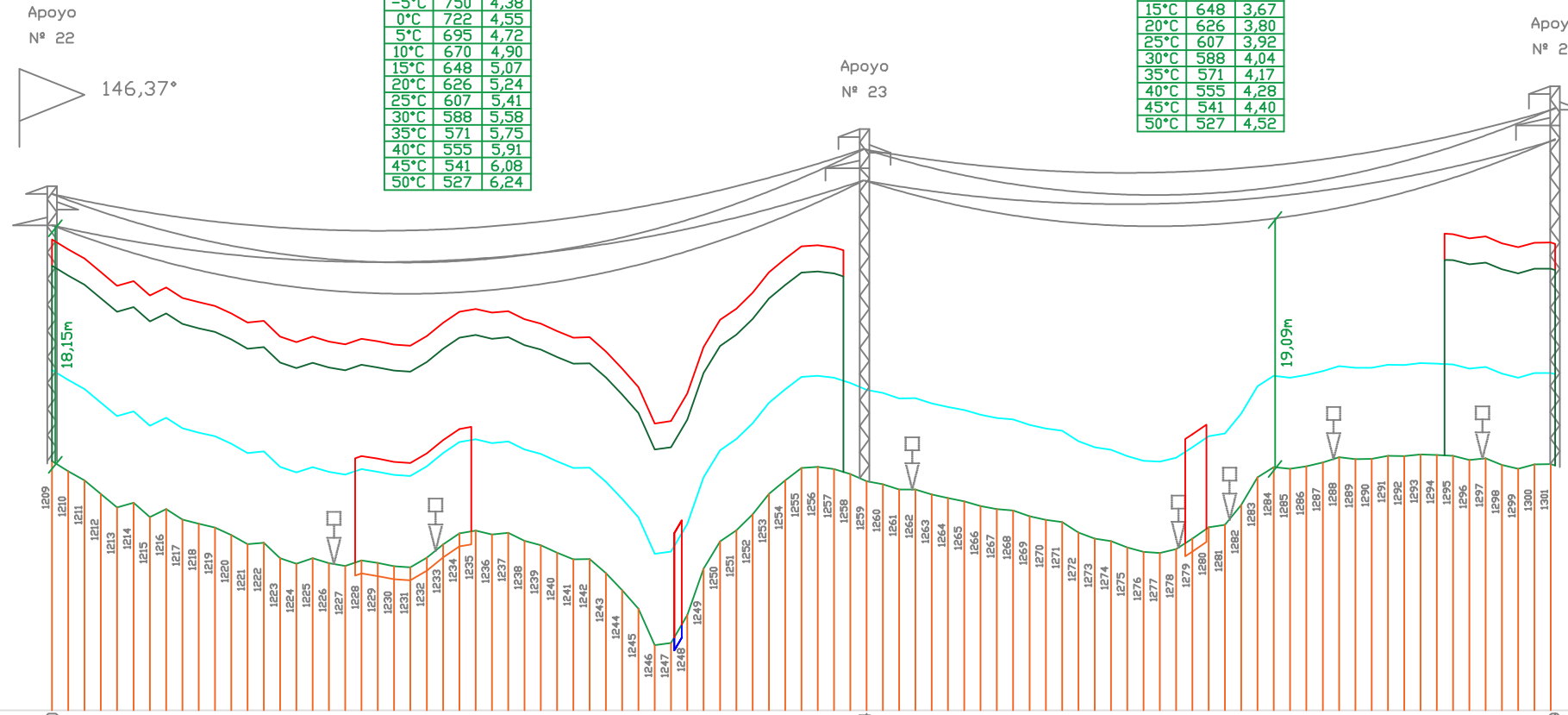
# Planta



| Cond.: LA-110<br>Zona A              |        |      |
|--------------------------------------|--------|------|
| Tabla tensiones-flechas<br>Tramo 1-2 |        |      |
| T(°C)                                | T(dañ) | F(n) |
| -5°C                                 | 750    | 4,38 |
| 0°C                                  | 722    | 4,55 |
| 5°C                                  | 695    | 4,72 |
| 10°C                                 | 670    | 4,90 |
| 15°C                                 | 648    | 5,07 |
| 20°C                                 | 626    | 5,24 |
| 25°C                                 | 607    | 5,41 |
| 30°C                                 | 588    | 5,58 |
| 35°C                                 | 571    | 5,75 |
| 40°C                                 | 555    | 5,91 |
| 45°C                                 | 541    | 6,08 |
| 50°C                                 | 527    | 6,24 |

| T(°C) | T(cdaN) | F(N) |
|-------|---------|------|
| -5°C  | 750     | 3,12 |
| 0°C   | 722     | 3,30 |
| 5°C   | 695     | 3,42 |
| 10°C  | 670     | 3,55 |
| 15°C  | 648     | 3,67 |
| 20°C  | 626     | 3,80 |
| 25°C  | 607     | 3,92 |
| 30°C  | 588     | 4,04 |
| 35°C  | 571     | 4,17 |
| 40°C  | 555     | 4,29 |
| 45°C  | 541     | 4,41 |
| 50°C  | 527     | 4,54 |

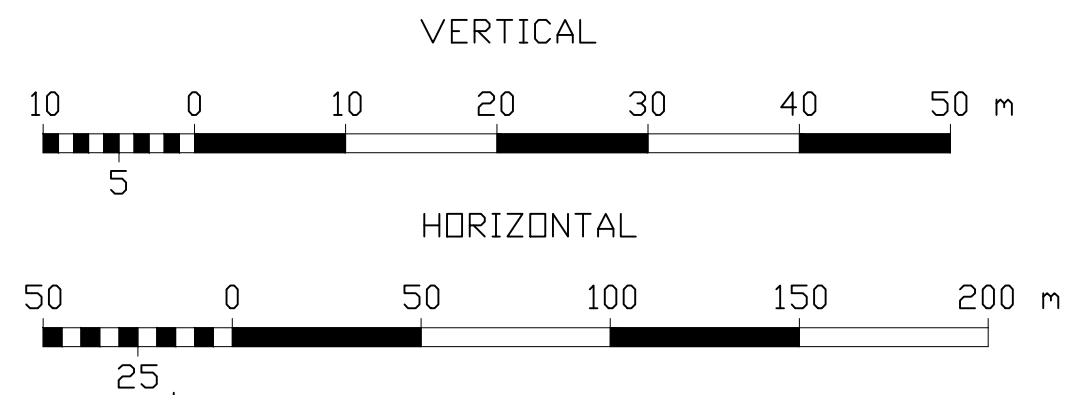
# Perfil

Plano de Comparación 427,57 m

|                    |                                 |                       |                |                 |        |   |                |                 |        |        |        |  |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|--------|---|----------------|-----------------|--------|--------|--------|--|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales             | 0,0            | 249,4           |        |   |                | 211,9           |        |        |        |  |
|                    |                                 | Al origen             | 446,67         | 6028,5          | 445,26 |   |                |                 | 6277,9 | 446,33 | 6489,8 |  |
|                    | Cotas del terreno               |                       | 446,67         | 445,26          |        |   |                | 6277,9          | 446,33 | 6489,8 |        |  |
|                    | Num. y longitud de las parcelas |                       |                | ↓               | ↓      | ↓ | ↓              | ↓               | ↓      | ↓      |        |  |
| Apoyos             | Número                          | Nº 22                 | Nº 23          |                 |        |   | Nº 24          |                 |        |        |        |  |
|                    | Ángulo                          | 146,37°               | --             |                 |        |   | --             |                 |        |        |        |  |
|                    | Referencia del apoyo            | C-4500-24             | C-1000-28      |                 |        |   | C-1000-30      |                 |        |        |        |  |
|                    | Función                         | Áng-Anclaje           | Ali-Suspensión |                 |        |   | Ali-Suspensión |                 |        |        |        |  |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo           | Tresbolillo    |                 |        |   | Tresbolillo    |                 |        |        |        |  |
|                    | Separación de fases             | 2,40                  | 2,40           |                 |        |   | 2,40           |                 |        |        |        |  |
|                    | Tipo armado                     | TB-12-ATC-12          | TB-12-ATC-12   |                 |        |   | TB-12-ATC-12   |                 |        |        |        |  |
|                    | Altura útil cruceta inferior    | 18,09 m               | 22,99 m        |                 |        |   | 24,97 m        |                 |        |        |        |  |
| Cimentación        | Tipo de cimentación             | Monobloque (12)       |                | Monobloque (12) |        |   |                | Monobloque (12) |        |        |        |  |
|                    | Lado                            | 1,45 m                | 1,55 m         |                 |        |   | 1,65 m         |                 |        |        |        |  |
|                    | Profundidad                     | 2,91 m                | 2,01 m         |                 |        |   | 2,03 m         |                 |        |        |        |  |
|                    | Excavación                      | 6,12 m3               | 4,83 m3        |                 |        |   | 5,53 m3        |                 |        |        |        |  |
|                    | Hormigonado                     | 6,54 m3               | 5,31 m3        |                 |        |   | 6,07 m3        |                 |        |        |        |  |
|                    | Número                          |                       | Nº 22          | Nº 23           |        |   |                | Nº 24           |        |        |        |  |
|                    | Longitud                        |                       | 249,37 m       | 211,94 m        |        |   |                | 211,94 m        |        |        |        |  |
|                    | Desnivel                        |                       | 2,71 m         | 2,31 m          |        |   |                | 2,31 m          |        |        |        |  |
| Vano regul.        | Número                          | Nº 12                 |                |                 |        |   |                |                 |        |        |        |  |
|                    | Cons. de catenaria y longitud   | K=1131 a 70°C - 232 m |                |                 |        |   |                |                 |        |        |        |  |
|                    | Apoyo inicial y final           | Nº 22 - Nº 24         |                |                 |        |   |                |                 |        |        |        |  |

Leyenda:

- |                                                                                                                          |                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| — Apoyos y catenarias                                                                                                    |  Cruzamientos líneas A.T.        |
|  Dist. mín. cond. respecto al terreno |  Cruzamientos pinus halipensis   |
|  Distancias al terreno y perfil       |  Cruzamientos caminos de tierra  |
|  Límite de parcelas catastro          |  Cruzamientos caminos asfaltados |
|  Zona cruzamientos                    |  Cruzamientos arroyos y cañadas  |



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo | D.N.I: 53701203-K |
|----------------------------|-------------------|

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| Nombre: Antonio | Fecha: 07/10/2024 |
|-----------------|-------------------|

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

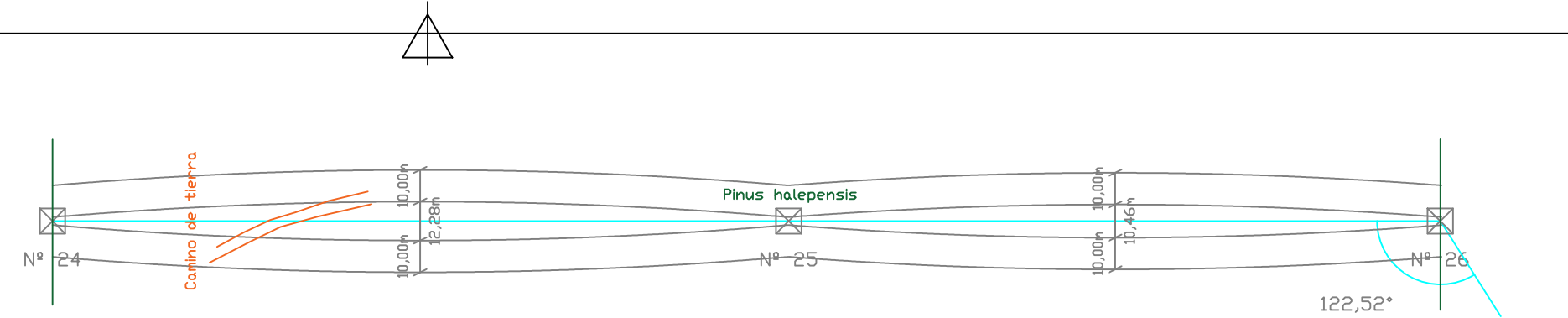
|         |              |        |
|---------|--------------|--------|
| Título: | Plano nº: 21 | Firma: |
|---------|--------------|--------|

|                             |                   |
|-----------------------------|-------------------|
| Perfil y planta línea aérea | Escala:<br>1:1000 |
|-----------------------------|-------------------|

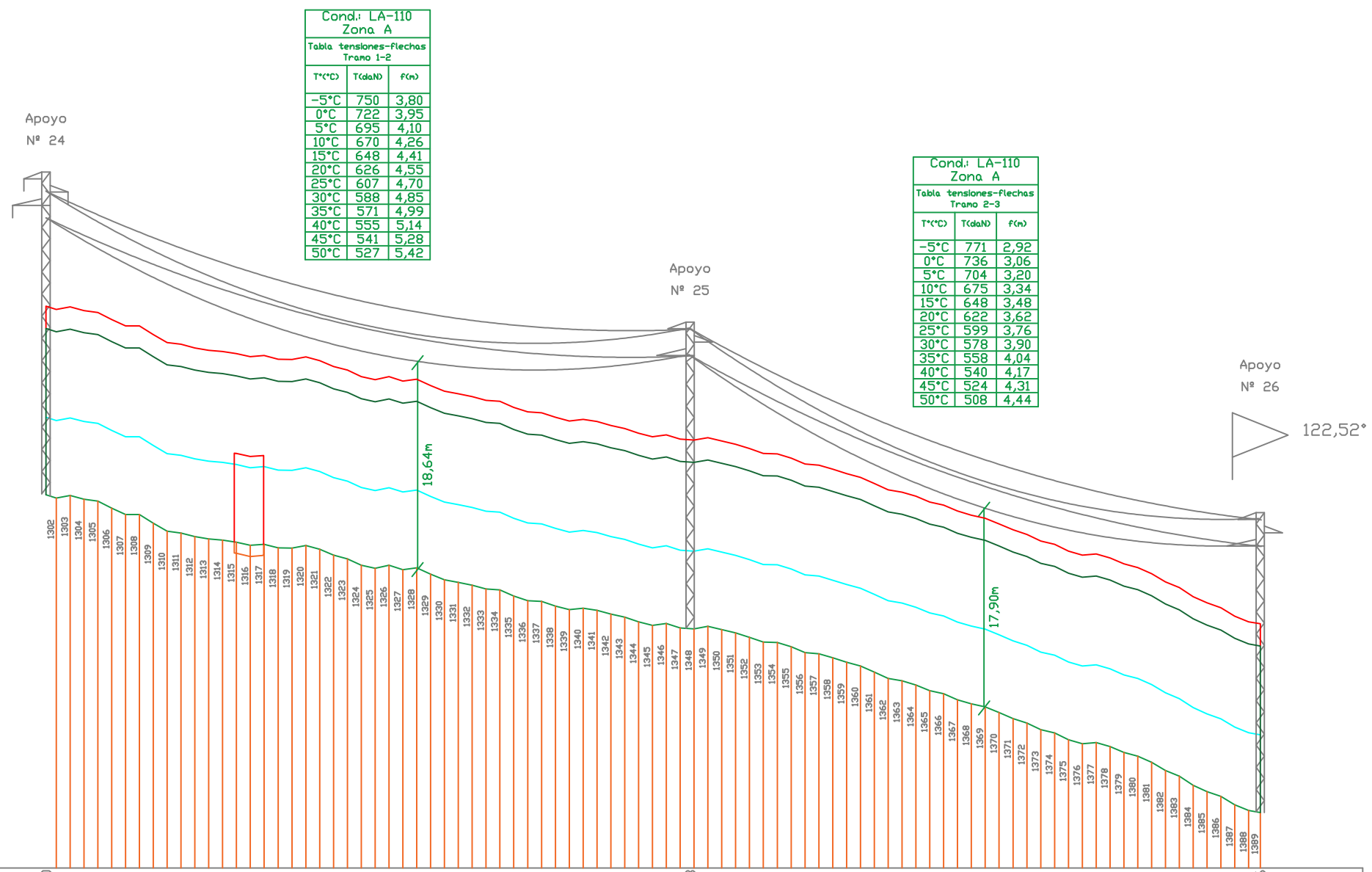
|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 20 kV (vanos 22 y 23) | H: 1:2000<br>V: 1:500 |
|-----------------------|-----------------------|



Planta



Perfil



Plano de Comparación 412,72 m

|                    |                                 |                 |                       |                 |                       |                 |
|--------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| Datos topográficos | Distancias                      | Parciales       | 0,0                   | 232,3           | 205,6                 |                 |
|                    |                                 | Al origen       | 446,336489,8          | 434,296722,1    | 417,726927,7          |                 |
|                    | Cotas del terreno               |                 | 446,336489,8          | 434,296722,1    | 417,726927,7          |                 |
| Apoyos             | Num. y longitud de las parcelas |                 |                       |                 |                       |                 |
|                    | Número                          | Nº 24           |                       | Nº 25           |                       | Nº 26           |
|                    | Ángulo                          | --              |                       | --              |                       | 122,52°         |
|                    | Referencia del apoyo            | C-1000-30       |                       | C-2000-30       |                       | C-4500-30       |
|                    | Función                         | Ali-Suspensión  |                       | Ali-Amarre      |                       | Áng-Anclaje     |
|                    | Montaje                         | Tresbolillo     |                       | Tresbolillo     |                       | Tresbolillo     |
|                    | Separación de fases             | 2,40            |                       | 2,40            |                       | 2,40            |
|                    | Tipo armado                     | TB-12-ATC-12    |                       | TB-12-ATC-12    |                       | TB-12-ATC-12    |
| Cimen-<br>tación   | Altura útil cruceta inferior    | 24,97 m         |                       | 24,61 m         |                       | 24,01 m         |
|                    | Tipo de cimentación             | Monobloque (12) |                       | Monobloque (12) |                       | Monobloque (12) |
|                    | Lado                            | 1,65 m          |                       | 1,63 m          |                       | 1,70 m          |
|                    | Profundidad                     | 2,03 m          |                       | 2,39 m          |                       | 2,99 m          |
| Vanos regul.       | Excavación                      | 5,53 m3         |                       | 6,35 m3         |                       | 8,64 m3         |
|                    | Hormigonado                     | 6,07 m3         |                       | 6,88 m3         |                       | 9,22 m3         |
|                    | Número                          |                 | Nº 24                 |                 | Nº 25                 |                 |
| Vanos regul.       | Longitud                        |                 | 232,26 m              |                 | 205,58 m              |                 |
|                    | Desnivel                        |                 | -10,54 m              |                 | -17,48 m              |                 |
|                    | Número                          |                 | Nº 12                 |                 | Nº 13                 |                 |
| Vano regul.        | Cons. de catenaria y longitud   |                 | K=1131 a 70°C - 232 m |                 | K=1076 a 70°C - 206 m |                 |
|                    | Apoyo inicial y final           |                 | Nº 24 - Nº 25         |                 | Nº 25 - Nº 26         |                 |

Leyenda:

- Apoyos y catenarias

Dist. mín. cond. respecto al terreno

Distancias al terreno y perfil

Límite de parcelas catastro

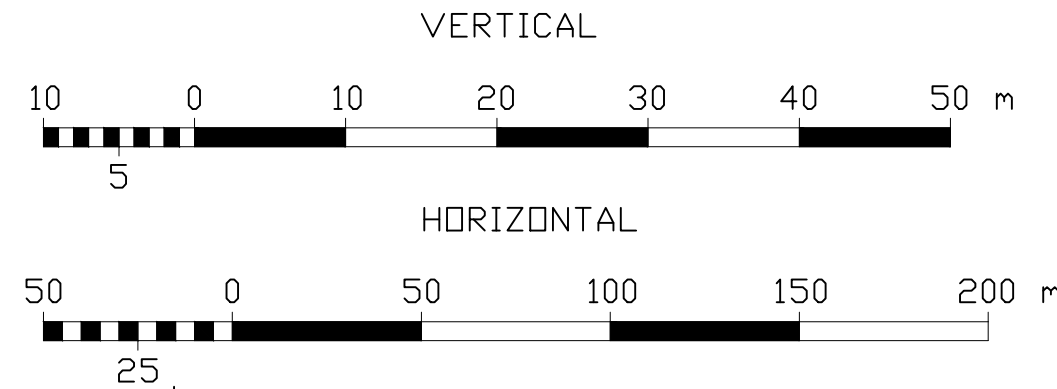
Zona cruzamientos
- Cruzamientos líneas A.T.

Cruzamientos pinus halipensis

Cruzamientos caminos de tierra

Cruzamientos caminos asfaltados

Cruzamientos arroyos y cañadas



Universidad de Málaga

Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

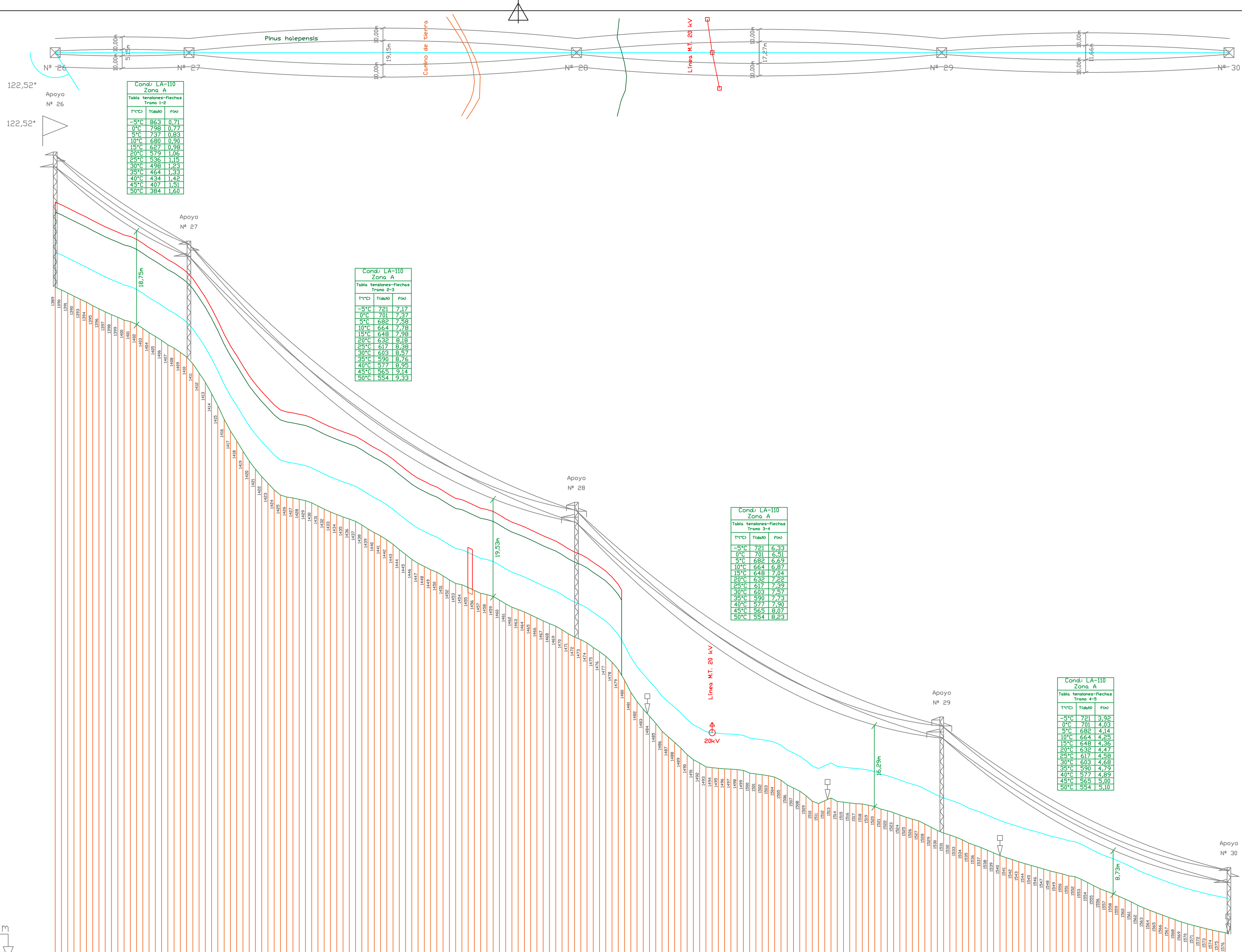
Título:  
Perfil y planta línea aérea  
20 kV (vanos 24 y 25)

Plano nº: 22

Escala:  
H: 1:2000  
V: 1:500

Firma:

Planta



Perfil

Plano de Comparación 283,45 m

|                                 |                               |                      |                       |
|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Datos topográficos              | Distancias                    | Parciales            |                       |
|                                 |                               | Al origen            |                       |
| Cotas del terreno               |                               |                      |                       |
| Num. y longitud de las parcelas |                               |                      |                       |
| Apoyos                          | Número                        | Nº 26                | Nº 27                 |
|                                 | Ángulo                        | 122,52°              | --                    |
|                                 | Referencia del apoyo          | C-4500-30            | C-2000-26             |
|                                 | Función                       | Áng-Anclaje          | Ali-Anarre            |
|                                 | Montaje                       | Tresbolillo          | Tresbolillo           |
|                                 | Separación de fases           | 2,40                 | 2,40                  |
|                                 | Tipo armado                   | TB-12-ATC-12         | TB-12-ATC-12          |
|                                 | Altura útil cruceta inferior  | 24,01 m              | 20,67 m               |
|                                 | Tipo de cimentación           | Monobloque (12)      | Monobloque (12)       |
|                                 | Lado                          | 1,70 m               | 1,50 m                |
| Cimentación                     | Profundidad                   | 2,99 m               | 2,33 m                |
|                                 | Excavación                    | 8,64 m3              | 5,24 m3               |
|                                 | Hormigonado                   | 9,22 m3              | 5,69 m3               |
|                                 |                               |                      |                       |
| Vanos                           | Número                        | Nº 26                | Nº 27                 |
|                                 | Longitud                      | 106,91 m             | 309,69 m              |
|                                 | Desnivel                      | -17,77 m             | -54,42 m              |
| Regul.                          | Número                        | Nº 14                | Nº 15                 |
|                                 | Cons. de catenaria y longitud | K=744 a 70°C - 107 m | K=1215 a 70°C - 283 m |
|                                 | Apoyo inicial y final         | Nº 26 - Nº 27        | Nº 27 - Nº 30         |

Leyenda:

- Apoyos y catenarias

— Dist. mín. cond. respecto al terreno

— Distancias al terreno y perfil

— Límite de parcelas catastro

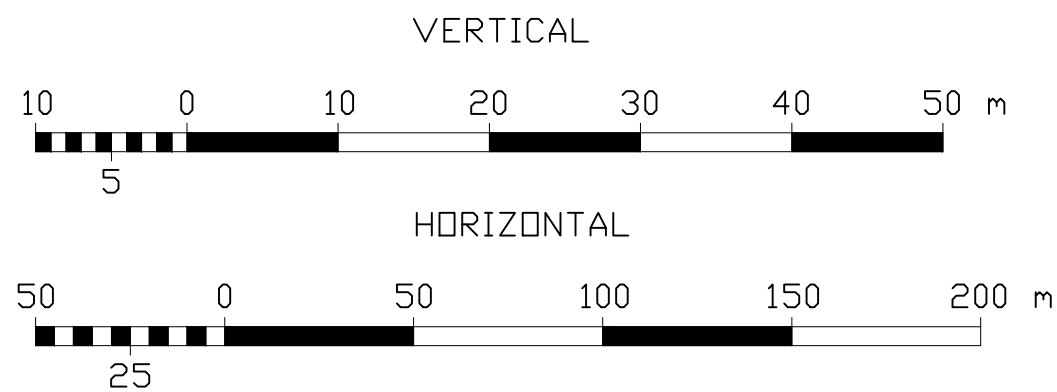
— Zona cruzamientos
- ⬆ Cruzamientos líneas A.T.

— Cruzamientos pinus halepensis

— Cruzamientos caminos de tierra

— Cruzamientos caminos asfaltados

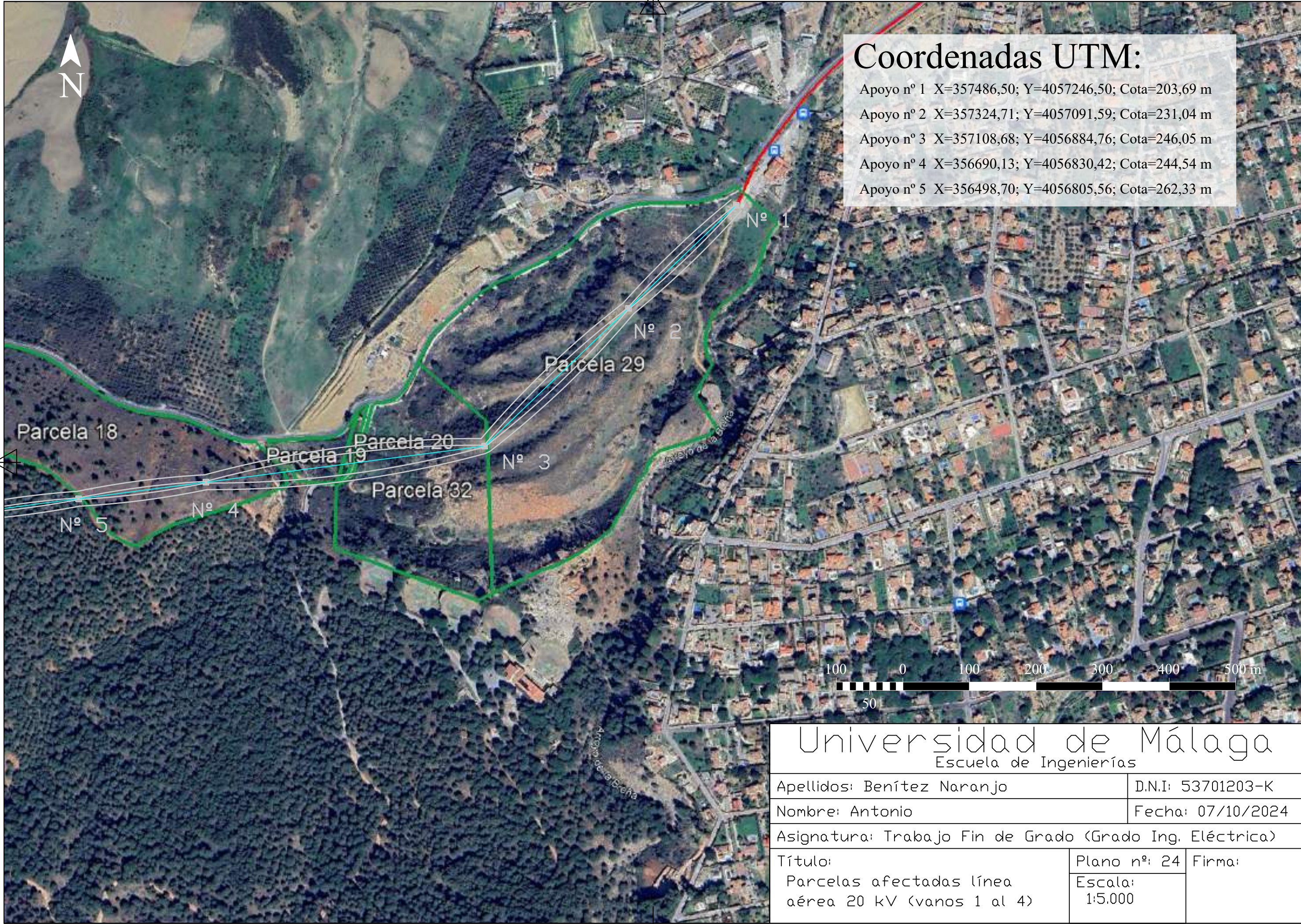
— Cruzamientos arroyos y cañadas



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                                         |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                              | D.N.I.: 53701203-K                               |
| Nombre: Antonio                                                         | Fecha: 07/10/2024                                |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)                 |                                                  |
| Título:<br>Perfil y planta línea aérea<br>20 kV (vanos 26, 27, 28 y 29) | Plano nº: 23<br>Escala:<br>H: 1:2000<br>V: 1:500 |
| Firma:                                                                  |                                                  |

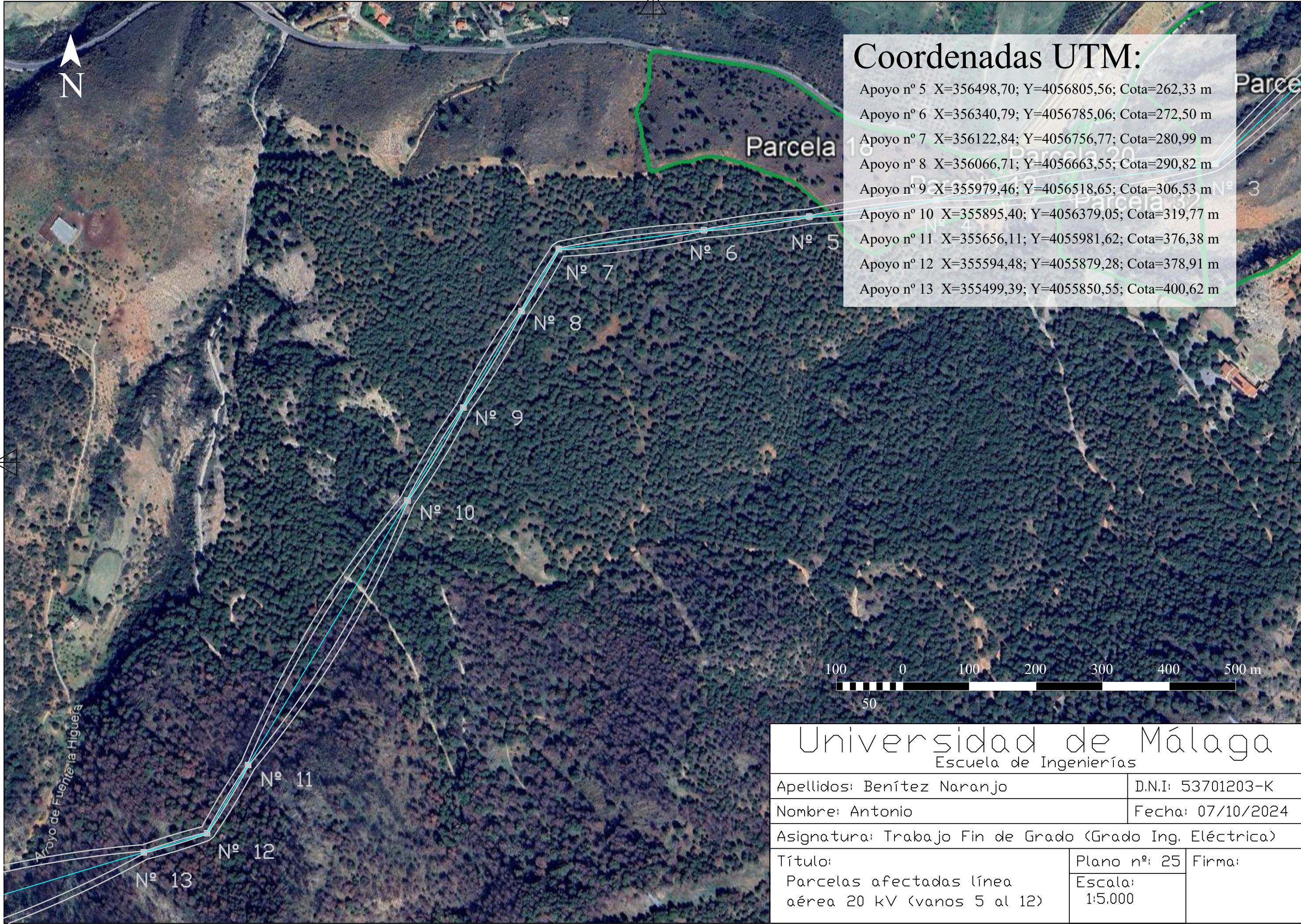




Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                                   |  |                    |        |
|-------------------------------------------------------------------|--|--------------------|--------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                                        |  | D.N.I: 53701203-K  |        |
| Nombre: Antonio                                                   |  | Fecha: 07/10/2024  |        |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)           |  |                    |        |
| Título:<br>Parcelas afectadas línea<br>aérea 20 kV (vanos 1 al 4) |  | Plano nº: 24       | Firma: |
|                                                                   |  | Escala:<br>1:5.000 |        |





|                  |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
| Apoyo nº 5       | X=356498,70; Y=4056805,56; Cota=262,33 m |  |
| Apoyo nº 6       | X=356340,79; Y=4056785,06; Cota=272,50 m |  |
| Apoyo nº 7       | X=356122,84; Y=4056756,77; Cota=280,99 m |  |
| Apoyo nº 8       | X=356066,71; Y=4056663,55; Cota=290,82 m |  |
| Apoyo nº 9       | X=355979,46; Y=4056518,65; Cota=306,53 m |  |
| Apoyo nº 10      | X=355895,40; Y=4056379,05; Cota=319,77 m |  |
| Apoyo nº 11      | X=355656,11; Y=4055981,62; Cota=376,38 m |  |
| Apoyo nº 12      | X=355594,48; Y=4055879,28; Cota=378,91 m |  |
| Apoyo nº 13      | X=355499,39; Y=4055850,55; Cota=400,62 m |  |



|                                                                    |                    |                   |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                              |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                             |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                         |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                    |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)            |                    |                   |
| Título:<br>Parcelas afectadas línea<br>aérea 20 kV (vanos 5 al 12) | Plano nº: 25       | Firma:            |
|                                                                    | Escala:<br>1:5.000 |                   |





**Coordenadas UTM:**

Apoyo nº 13 X=355499,39; Y=4055850,55; Cota=400,62 m  
Apoyo nº 14 X=354849,23; Y=4055654,12; Cota=444,17 m  
Apoyo nº 15 X=354479,87; Y=4055542,53; Cota=465,57 m  
Apoyo nº 16 X=354042,11; Y=4055410,96; Cota=409,20 m  
Apoyo nº 17 X=353769,60; Y=4055444,71; Cota=424,46 m

Parcela 38

Nº 12

Nº 13

Nº 14

Nº 15

Parcela 11

Nº 17

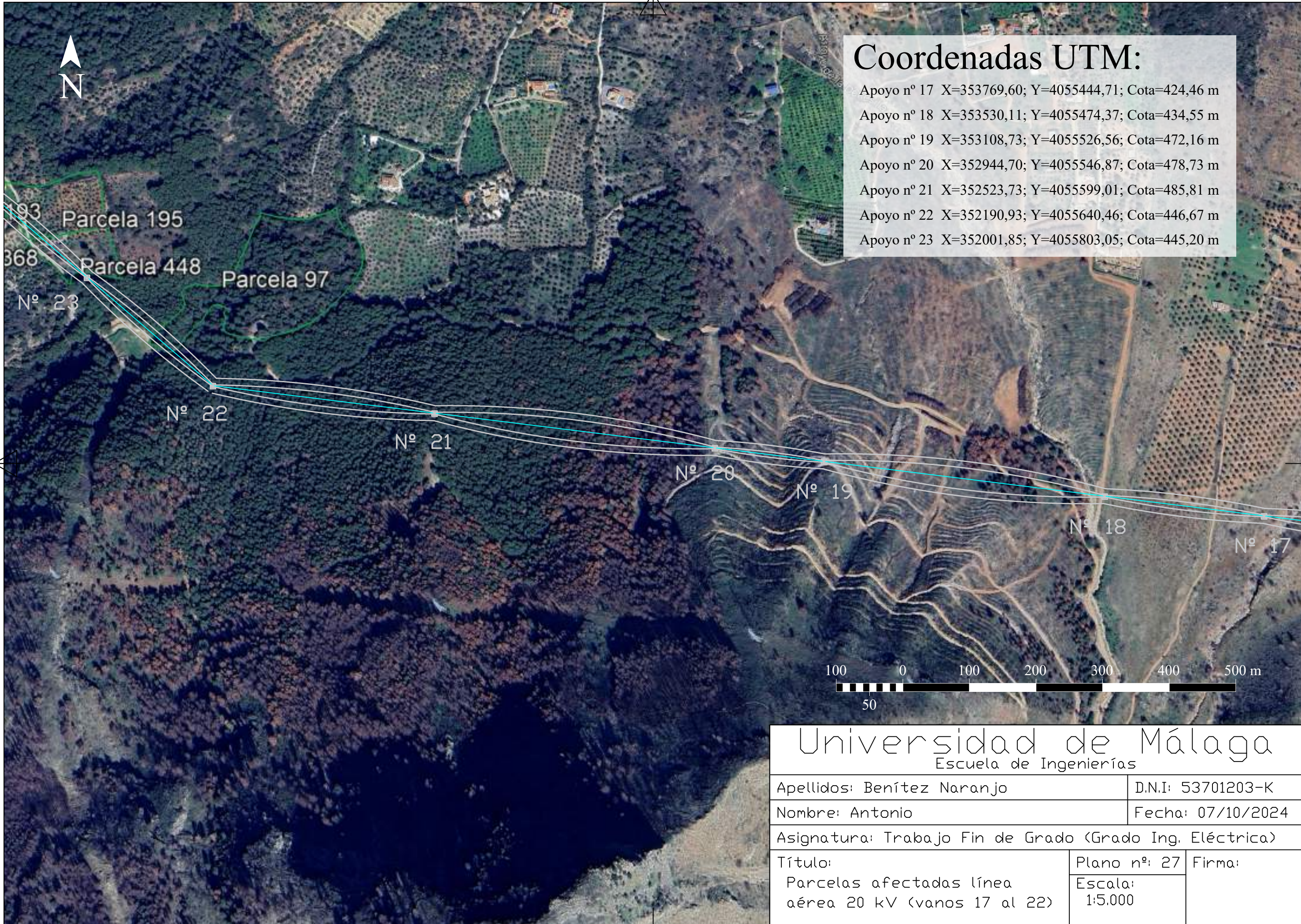
Nº 16



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                         |  |                   |        |
|---------------------------------------------------------|--|-------------------|--------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                              |  | D.N.I: 53701203-K |        |
| Nombre: Antonio                                         |  | Fecha: 07/10/2024 |        |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica) |  |                   |        |
| Título:                                                 |  | Plano nº: 26      | Firma: |
| Parcelas afectadas línea aérea 20 kV (vanos 13 al 16)   |  | Escala: 1:5.000   |        |



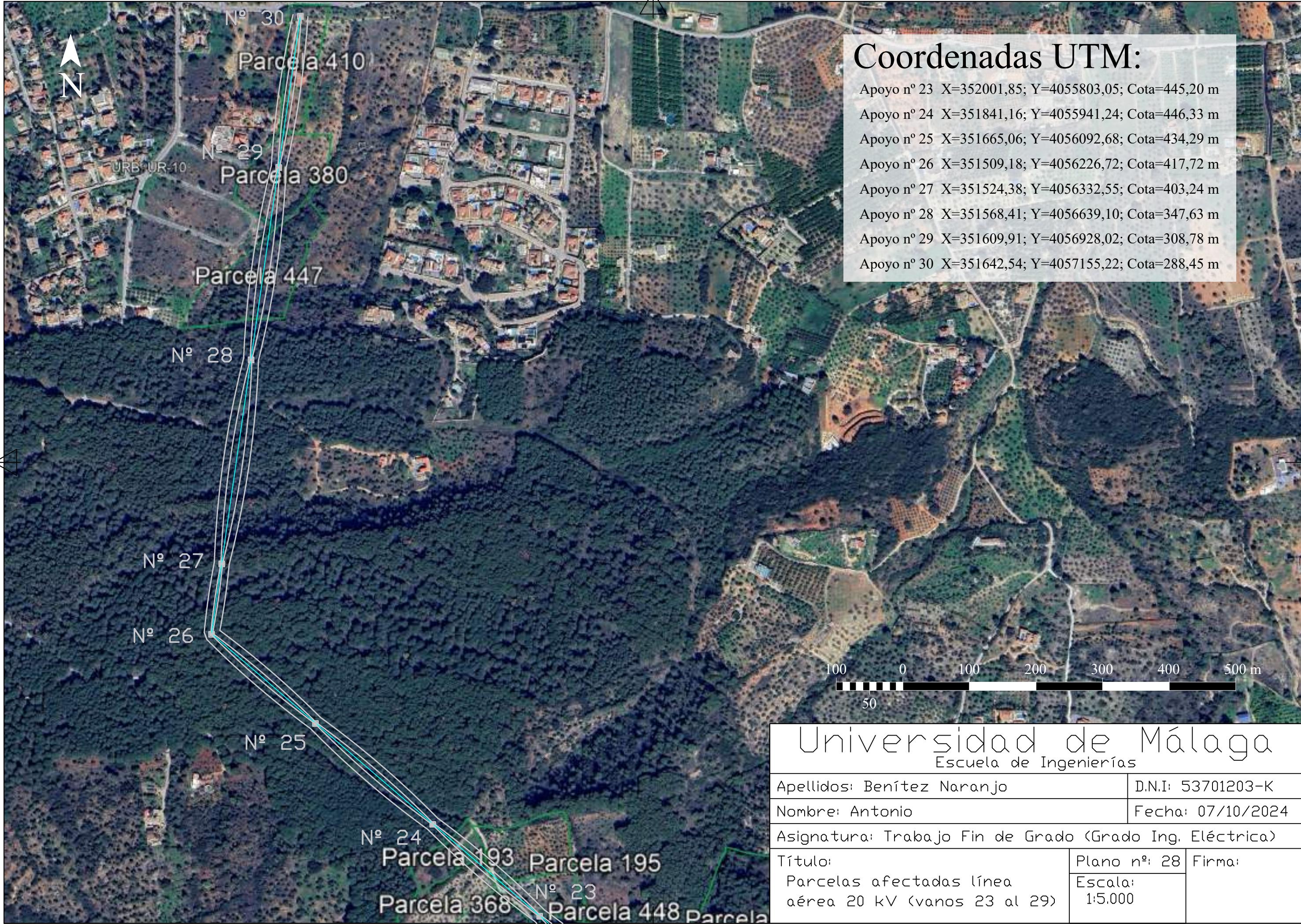


|                  |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
| Apoyo nº 17      | X=353769,60; Y=4055444,71; Cota=424,46 m |  |
| Apoyo nº 18      | X=353530,11; Y=4055474,37; Cota=434,55 m |  |
| Apoyo nº 19      | X=353108,73; Y=4055526,56; Cota=472,16 m |  |
| Apoyo nº 20      | X=352944,70; Y=4055546,87; Cota=478,73 m |  |
| Apoyo nº 21      | X=352523,73; Y=4055599,01; Cota=485,81 m |  |
| Apoyo nº 22      | X=352190,93; Y=4055640,46; Cota=446,67 m |  |
| Apoyo nº 23      | X=352001,85; Y=4055803,05; Cota=445,20 m |  |



|                                                                     |                    |                   |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                               |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                              |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                          |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                     |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)             |                    |                   |
| Título:<br>Parcelas afectadas línea<br>aérea 20 kV (vanos 17 al 22) | Plano nº: 27       | Firma:            |
|                                                                     | Escala:<br>1:5,000 |                   |



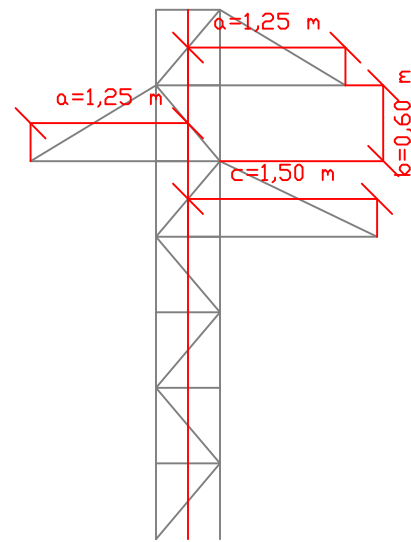


|                  |                                          |  |
|------------------|------------------------------------------|--|
| Coordenadas UTM: |                                          |  |
| Apoyo nº 23      | X=352001,85; Y=4055803,05; Cota=445,20 m |  |
| Apoyo nº 24      | X=351841,16; Y=4055941,24; Cota=446,33 m |  |
| Apoyo nº 25      | X=351665,06; Y=4056092,68; Cota=434,29 m |  |
| Apoyo nº 26      | X=351509,18; Y=4056226,72; Cota=417,72 m |  |
| Apoyo nº 27      | X=351524,38; Y=4056332,55; Cota=403,24 m |  |
| Apoyo nº 28      | X=351568,41; Y=4056639,10; Cota=347,63 m |  |
| Apoyo nº 29      | X=351609,91; Y=4056928,02; Cota=308,78 m |  |
| Apoyo nº 30      | X=351642,54; Y=4057155,22; Cota=288,45 m |  |

|                                                                     |                    |                   |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                               |                    |                   |
| Escuela de Ingenierías                                              |                    |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                                          |                    | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                                     |                    | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)             |                    |                   |
| Título:<br>Parcelas afectadas línea<br>aérea 20 kV (vanos 23 al 29) | Plano nº: 28       | Firma:            |
|                                                                     | Escala:<br>1:5,000 |                   |

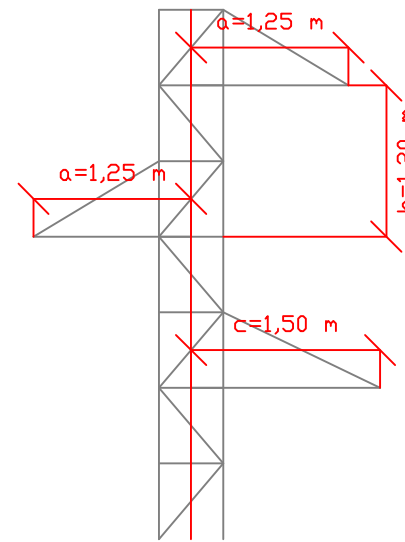


Armado TB-6



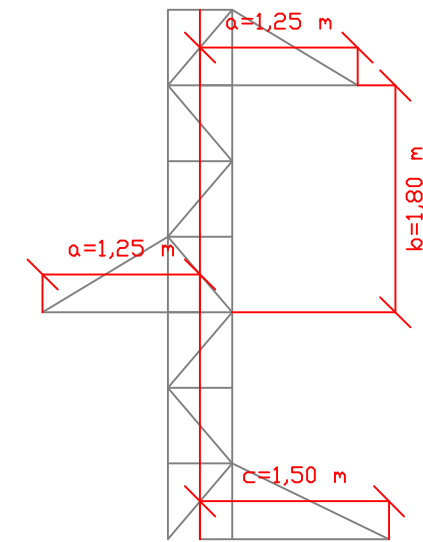
Apoyos nº: 12

Armado TB-12



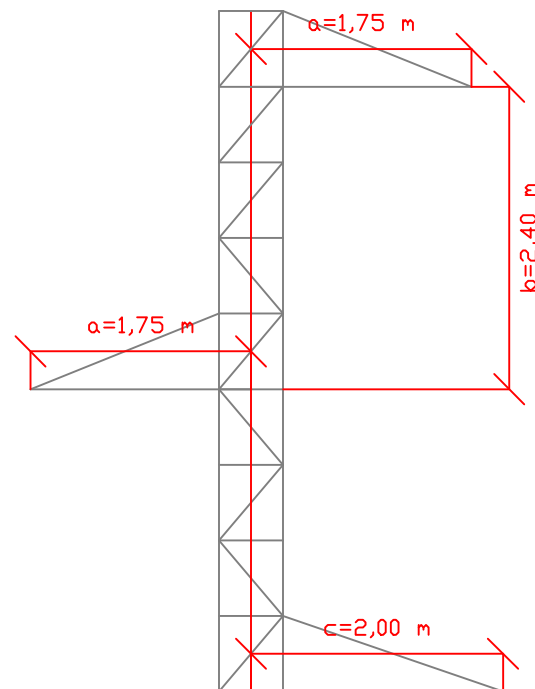
Apoyos nº: 1,2,5,6,7,8,9,17,22,23,24,25,26,27,28,29,30

Armado TB-18



Apoyos nº: 3,4,10,11,15,16,18,19,20,21

Armado TB-24



Apoyos nº: 13,14

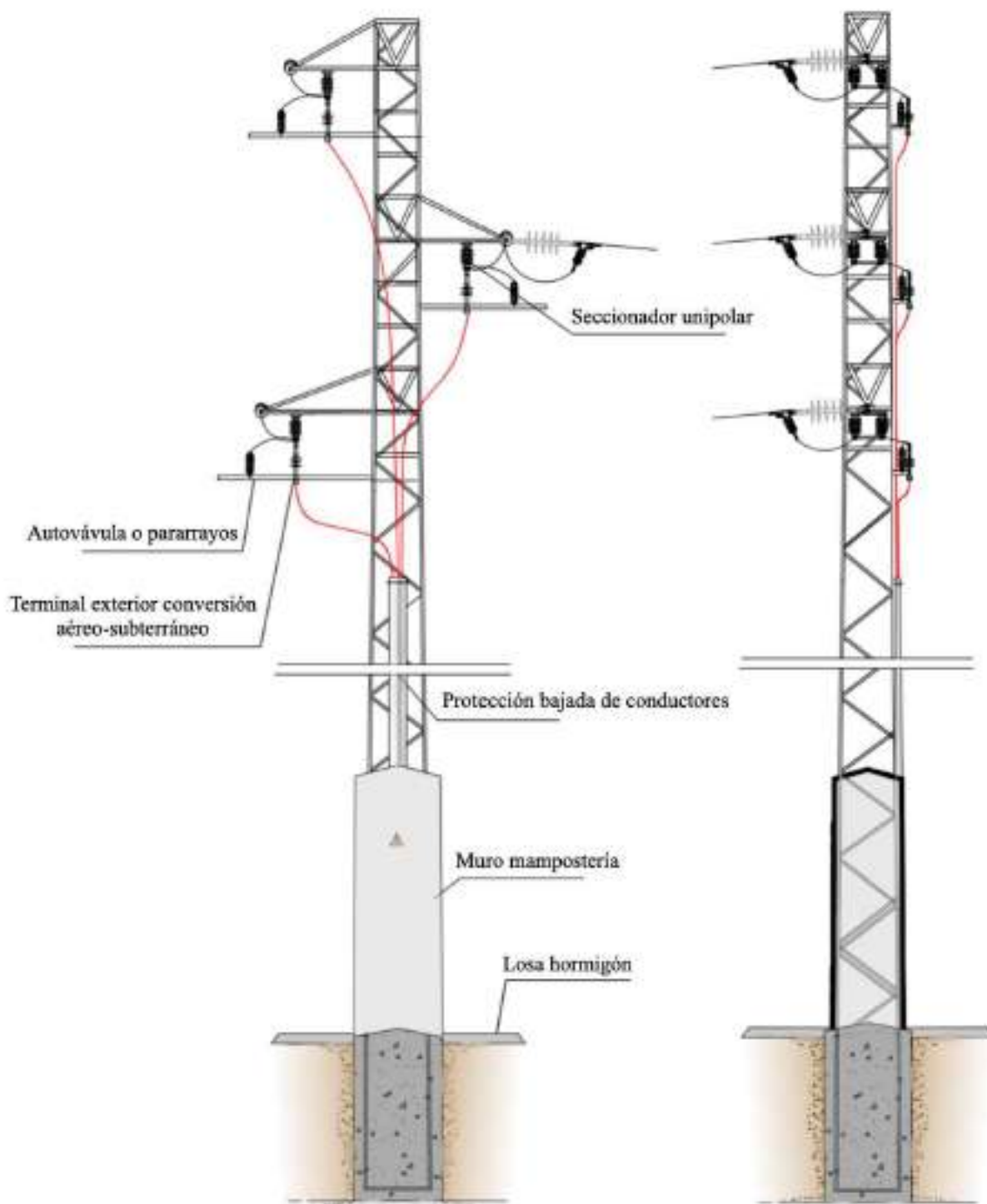
Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

|                                           |              |        |
|-------------------------------------------|--------------|--------|
| Título:                                   | Plano nº: 29 | Firma: |
| Esquemas armados apoyos línea aérea 20 kV | Escala: S/E  |        |



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

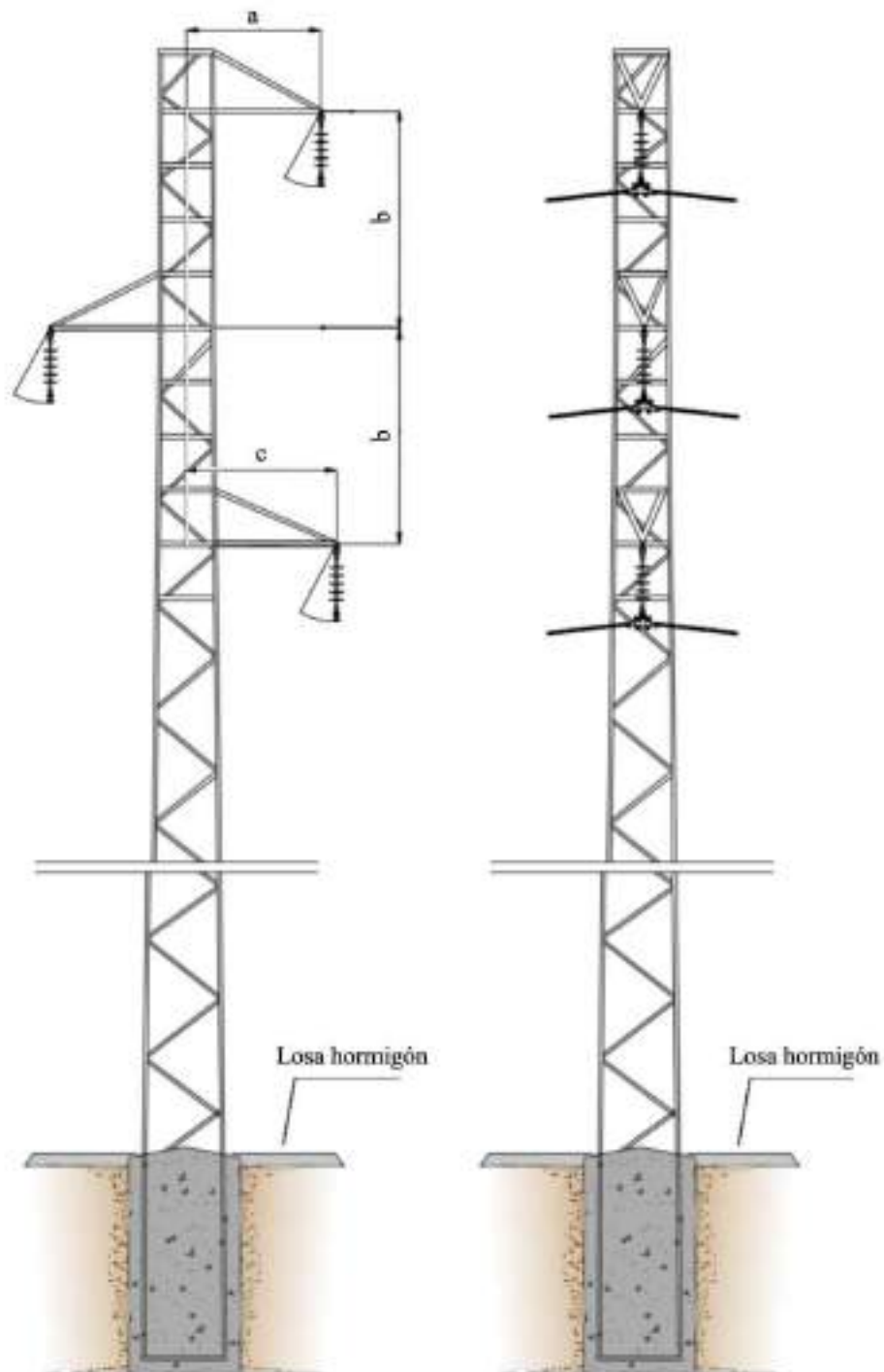
Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Detalle apoyo conversión  
aéreo-subterráneo

Plano nº: 30

Firma:

Escala:  
S/E



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

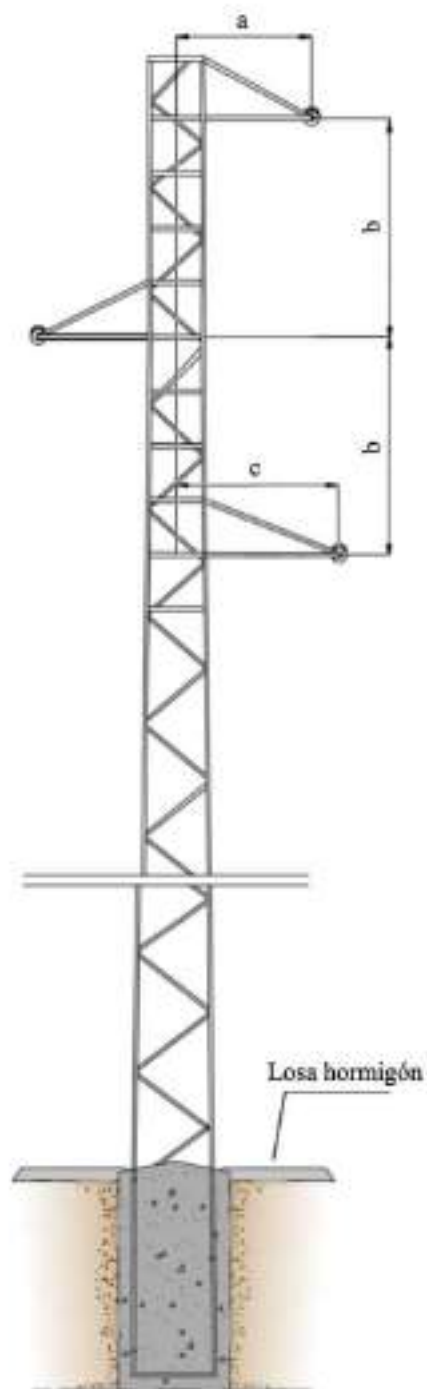
Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Detalle apoyo suspensión

Plano nº: 31

Firma:

Escala:  
S/E



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Detalle apoyo amarre

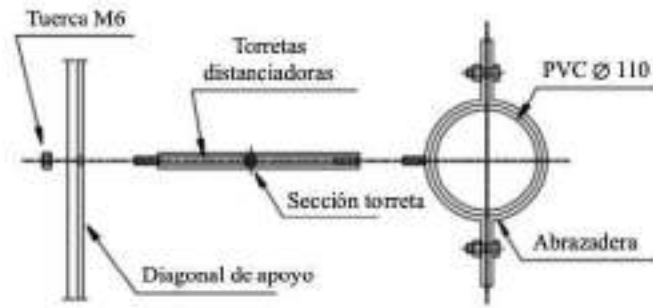
Plano nº: 32

Firma:

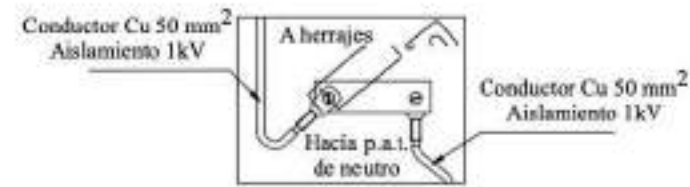
Escala:  
S/E



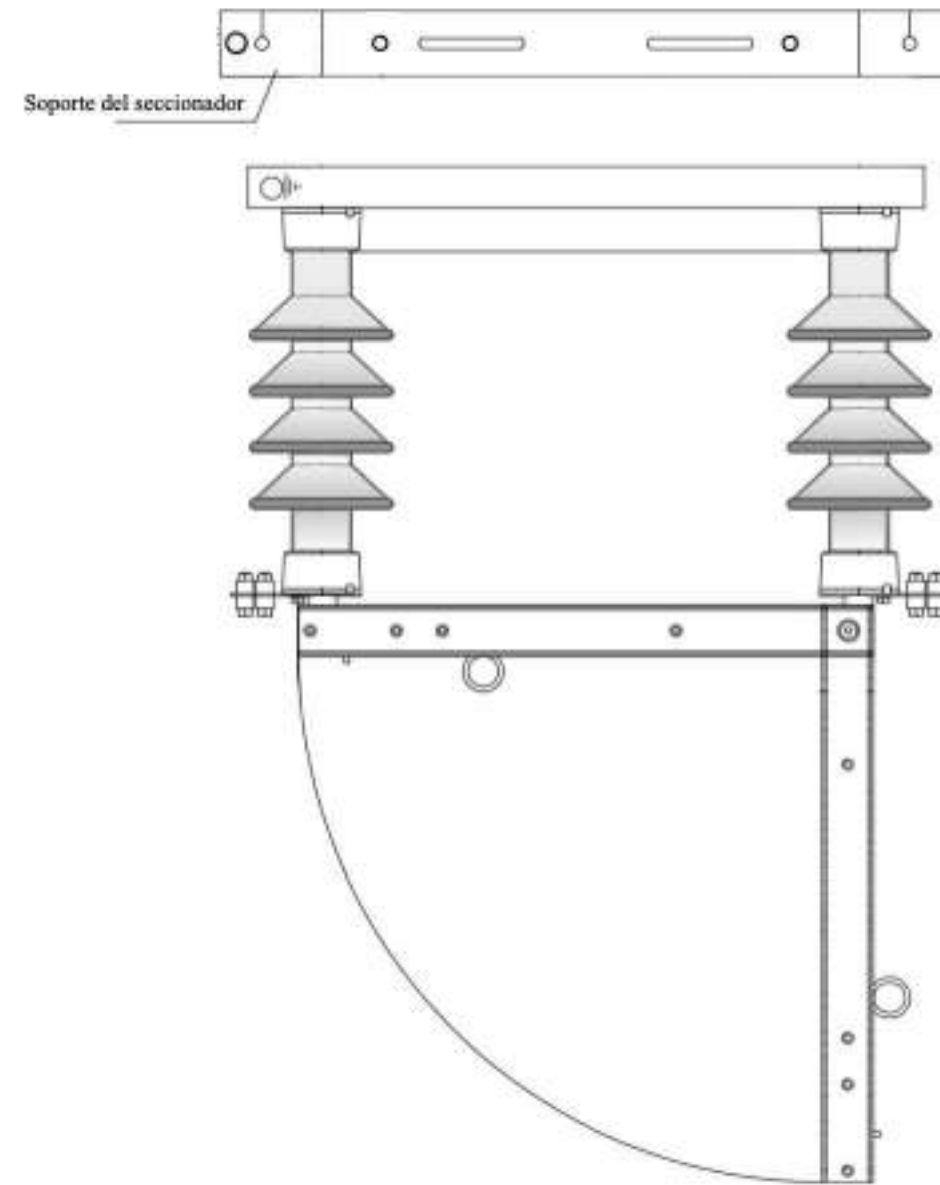
DETALLE ABRAZADERA



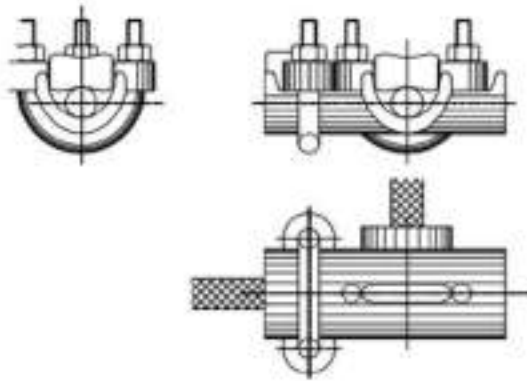
DETALLE DE CAJAS DE CONEXIÓN A TIERRAS DE SERVICIO



DETALLE DE SECCIONADOR UNIPOLAR ENCAPSULADO

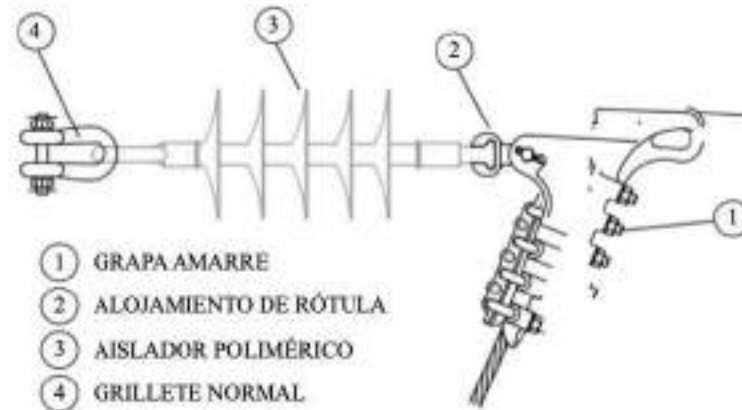


DETALLE MANGUITO EN "T" BIMETÁLICO ESTAÑO

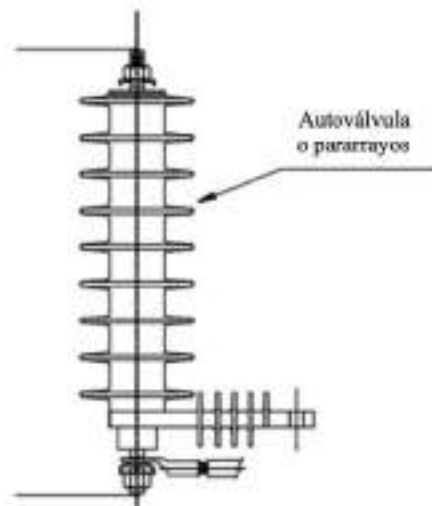


CADENAS DE AISLAMIENTO

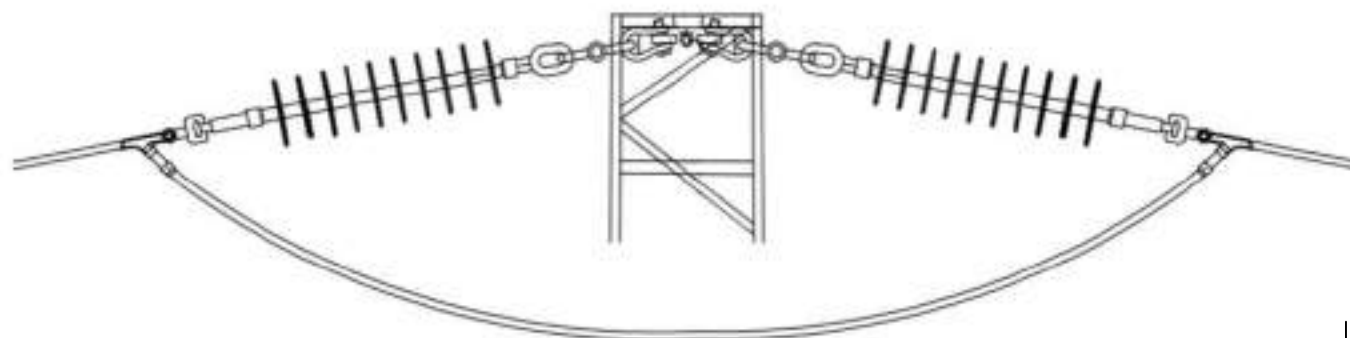
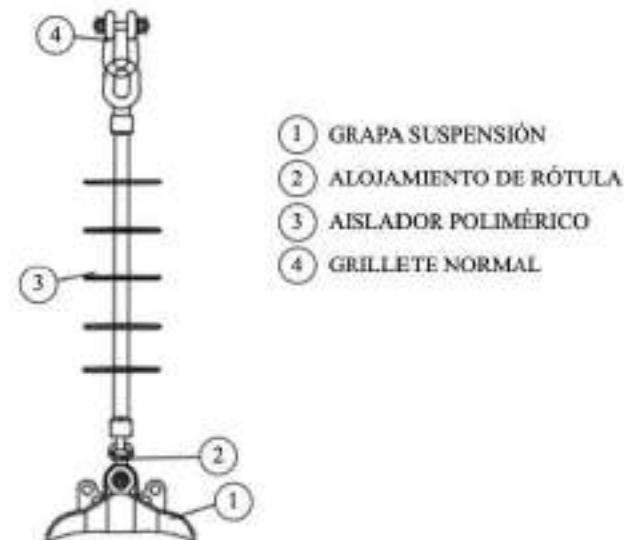
CADENAS DE AMARRE



DETALLE AUTOVÁLVULA

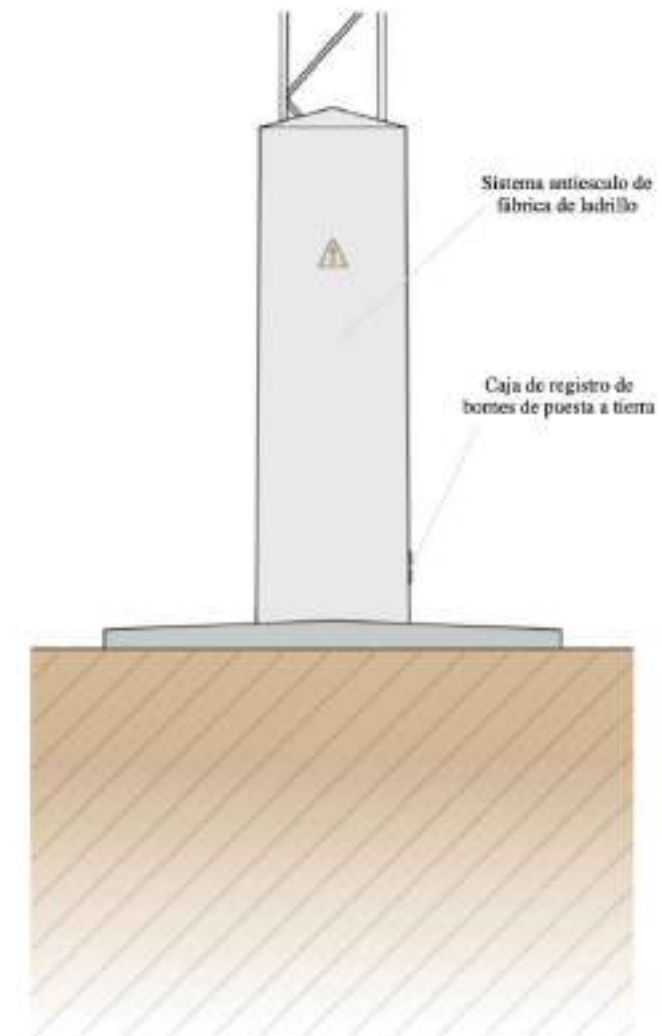
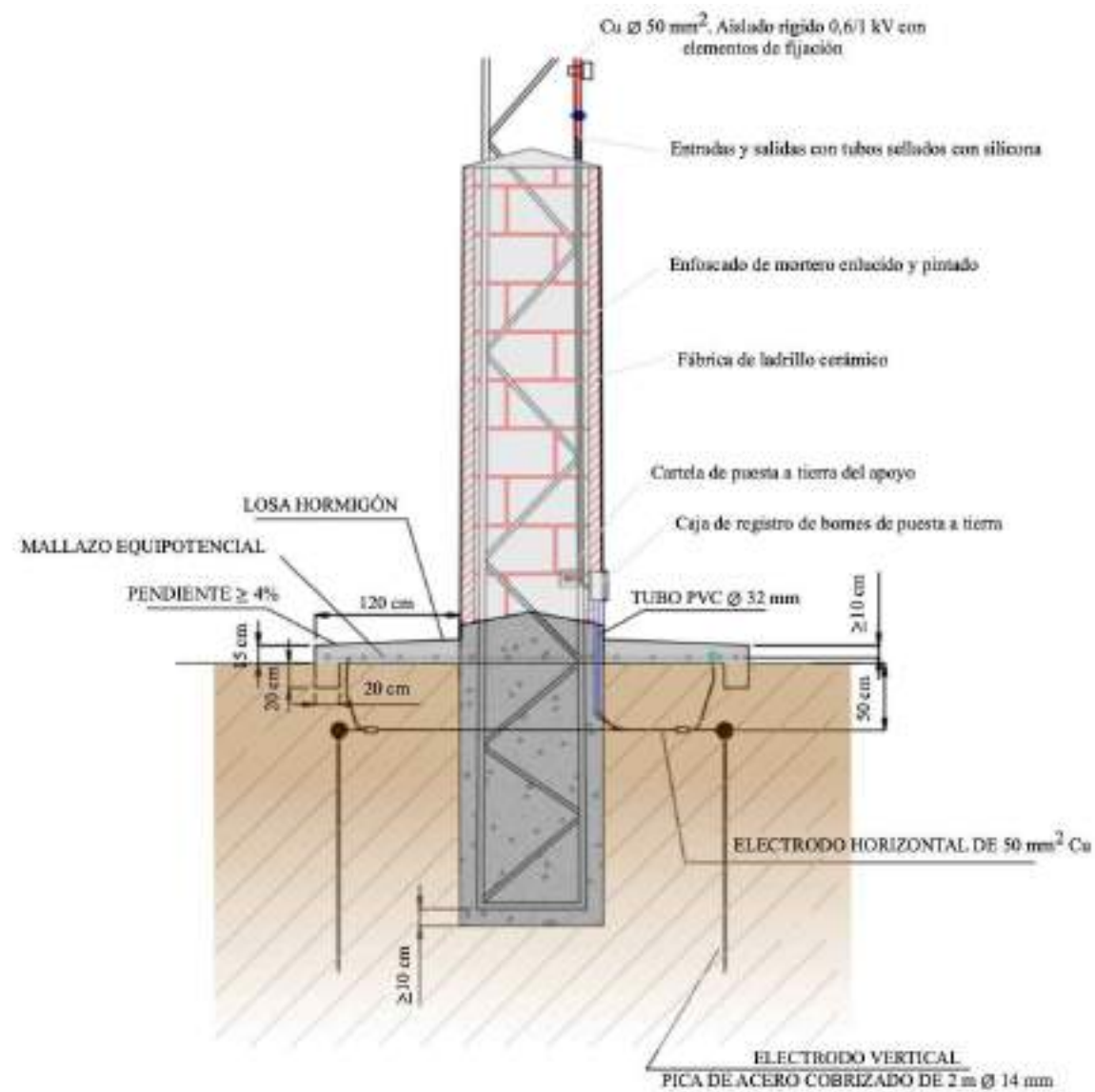


CADENAS DE SUSPENSIÓN



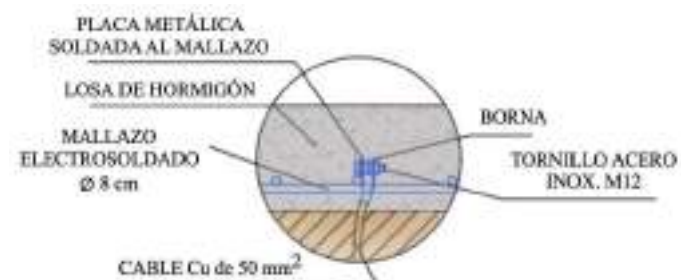
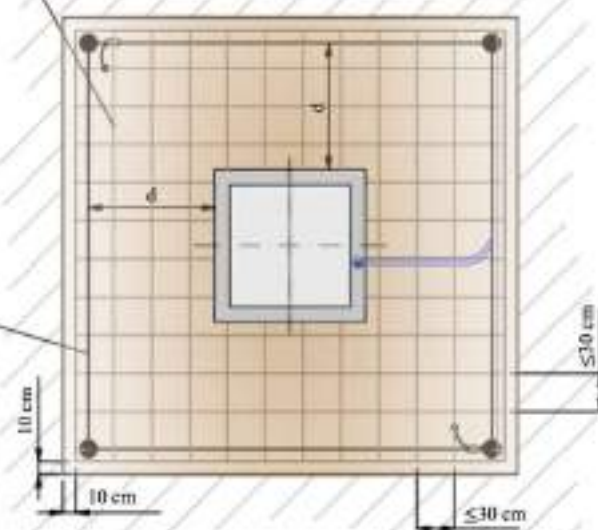
Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

|                                                         |  |                   |        |
|---------------------------------------------------------|--|-------------------|--------|
| Apellidos: Benítez Naranjo                              |  | D.N.I: 53701203-K |        |
| Nombre: Antonio                                         |  | Fecha: 07/10/2024 |        |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica) |  |                   |        |
| Título:<br>Detalles aparamenta y<br>herrajes            |  | Plano nº: 33      | Firma: |
|                                                         |  | Escala:<br>S/E    |        |



Mallazo de 30 cm x 30 cm como máximo, formado por redondo de 4 mm como mínimo

Cable desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup> enterrado a una profundidad de 0,5 m



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

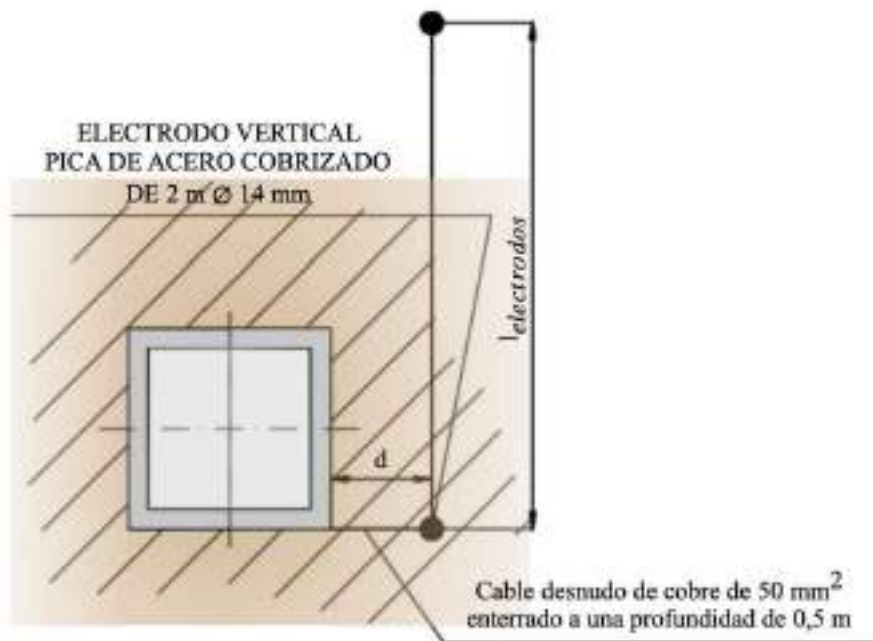
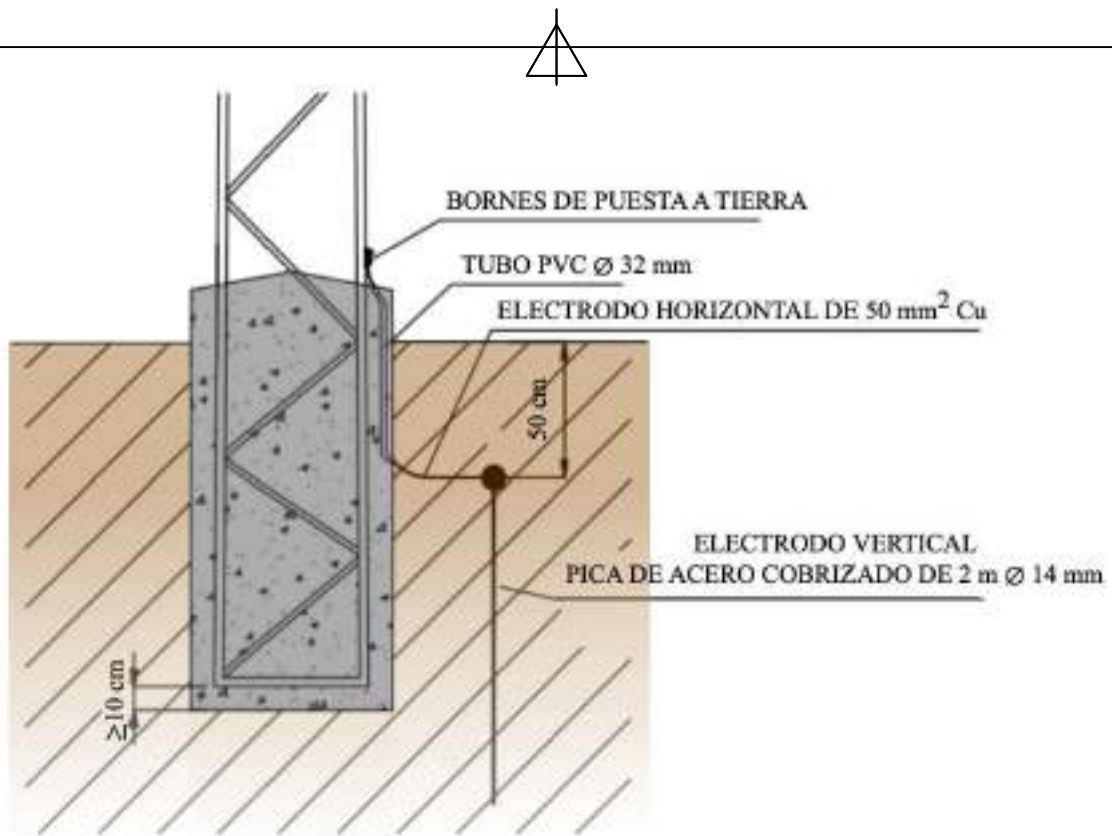
Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Detalle puesta a tierra  
Apoyos frecuentados

Plano nº: 34

Escala:  
S/E

Firma:



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

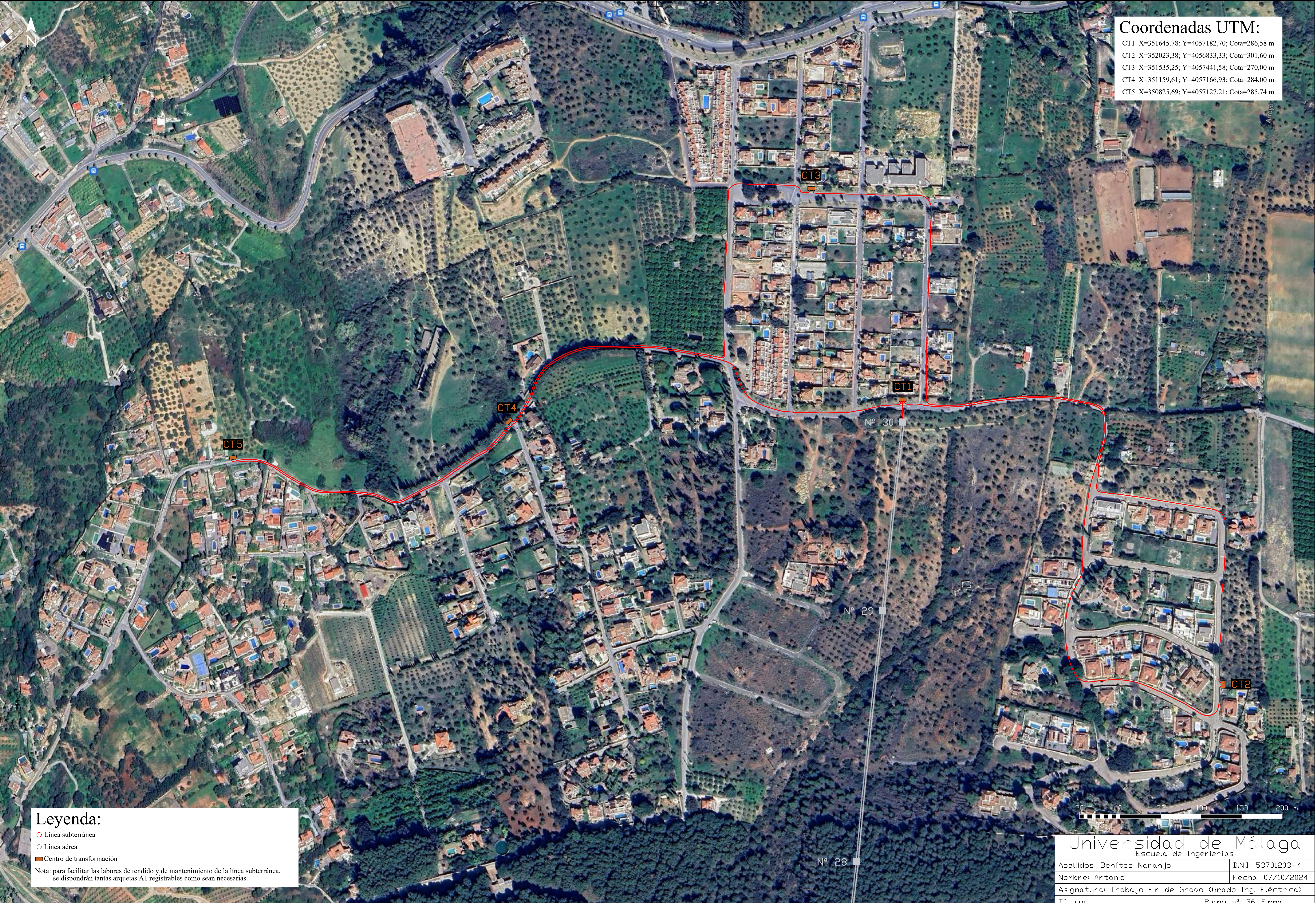
Título:  
Detalle puesta a tierra  
Apoyos no frecuentados

Plano nº: 35

Escala:  
S/E

Firma:





**Coordenadas UTM:**  
CT1 X=351645,78; Y=4057182,70; Cota=286,58 m  
CT2 X=352023,38; Y=4056833,33; Cota=301,60 m  
CT3 X=351535,25; Y=4057441,58; Cota=270,00 m  
CT4 X=351159,61; Y=4057166,93; Cota=284,00 m  
CT5 X=350825,69; Y=4057127,21; Cota=285,74 m

**Leyenda:**

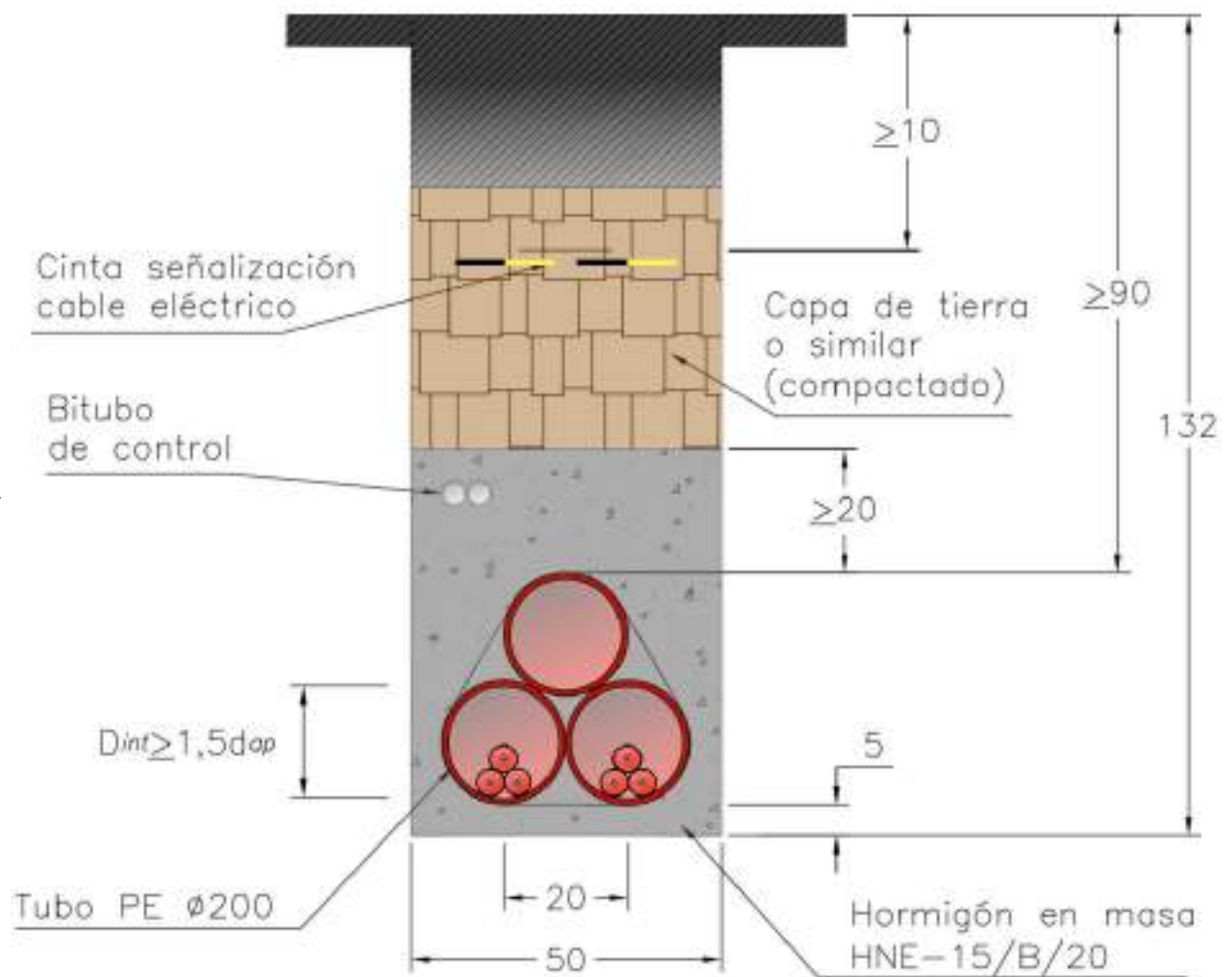
- Línea subterránea
- Línea aérea
- Centro de transformación

Nota: para facilitar las labores de tendido y de mantenimiento de la línea subterránea, se dispondrán tantas arquetas A1 registrables como sean necesarias.

|                                                         |                   |
|---------------------------------------------------------|-------------------|
| Universidad de Málaga                                   |                   |
| Escuela de Ingenierías                                  |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                              | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                         | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica) |                   |
| Título:                                                 | Plano nº: 36      |
| Planta general línea subterr. 20 kV en anillo y CT urb. | Escala: 1:2.000   |
| Firma:                                                  |                   |



# ESQUEMA ZANJA EN CALZADA 2 CIRCUITOS CON TUBO DE RESERVA



Universidad de Málaga  
Escuela de Ingenierías

Apellidos: Benítez Naranjo

D.N.I: 53701203-K

Nombre: Antonio

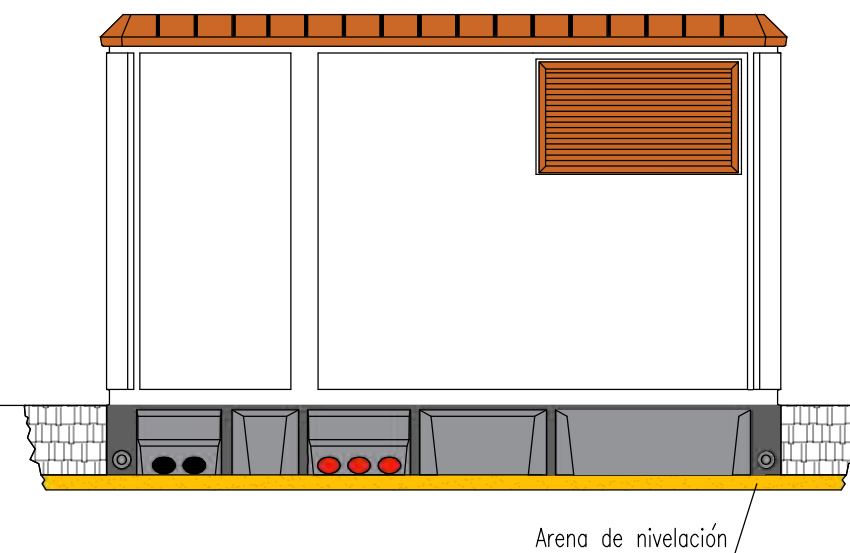
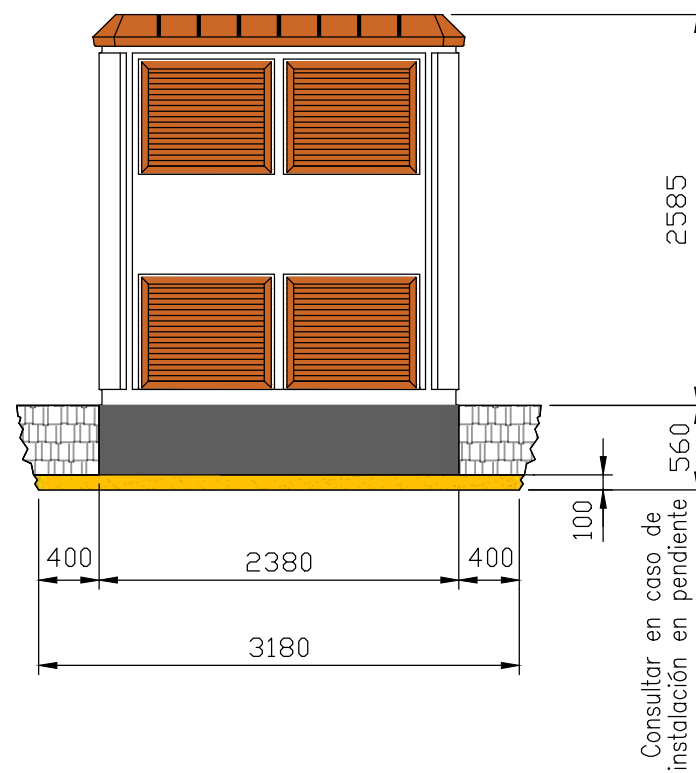
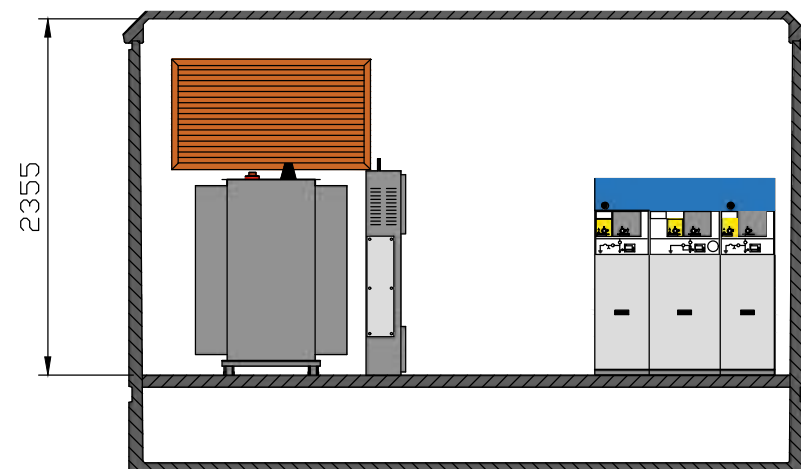
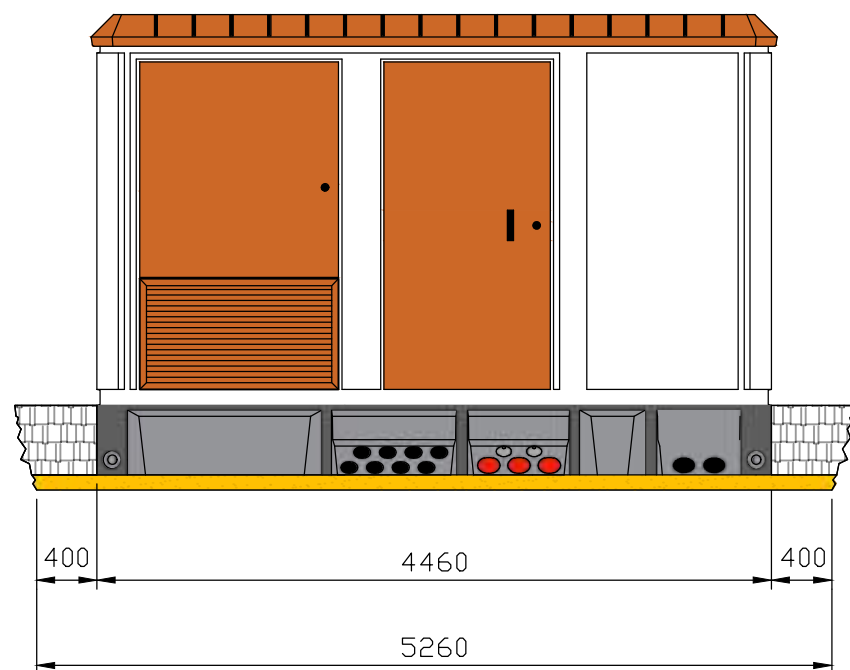
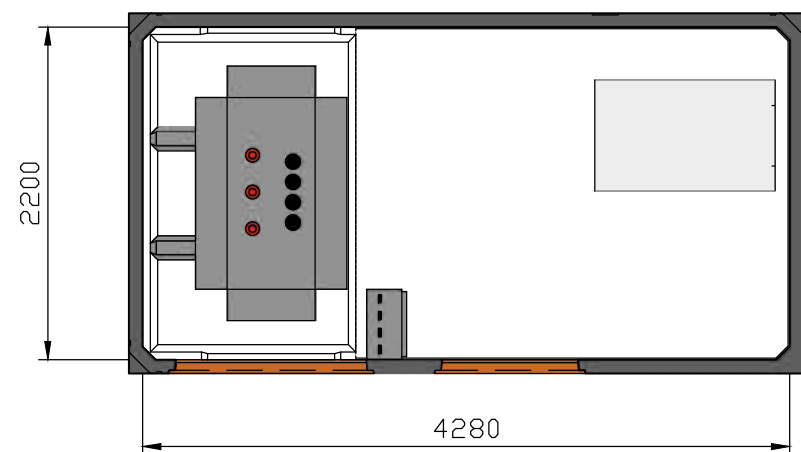
Fecha: 07/10/2024

Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica)

Título:  
Esquema zanja en calzada con  
triple tubo hormigonado

Plano nº: 37  
Escala:  
S/E

Firma:



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

|                                                         |  |                   |
|---------------------------------------------------------|--|-------------------|
| Universidad de Málaga                                   |  |                   |
| Escuela de Ingenierías                                  |  |                   |
| Apellidos: Benítez Naranjo                              |  | D.N.I: 53701203-K |
| Nombre: Antonio                                         |  | Fecha: 07/10/2024 |
| Asignatura: Trabajo Fin de Grado (Grado Ing. Eléctrica) |  |                   |
| Título:<br>CT prefabricado pfu.4/20                     |  | Plano nº: 38      |
|                                                         |  | Escala:<br>1:50   |
|                                                         |  | Firma:            |



# 5. PLIEGO DE CONDICIONES





# Índice

Página

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Tramo línea subterránea .....                                                | 343 |
| 1.1. Condiciones generales.....                                                 | 343 |
| 1.1.1. Objeto .....                                                             | 343 |
| 1.1.2. Campo de aplicación .....                                                | 343 |
| 1.1.3. Características generales y calidad de los materiales.....               | 343 |
| 1.1.4. Condiciones técnicas de ejecución y montaje .....                        | 343 |
| 1.2. Ejecución de la obra.....                                                  | 344 |
| 1.2.1. Trazado .....                                                            | 344 |
| 1.2.2. Demolición de pavimentos.....                                            | 344 |
| 1.2.3. Apertura de zanjas .....                                                 | 344 |
| 1.2.4. Canalizaciones .....                                                     | 345 |
| 1.2.5. Transporte, almacenamiento y acopio de los materiales a pie de obra..... | 346 |
| 1.2.6. Tendido de cables .....                                                  | 346 |
| 1.2.6.1. Emplazamiento de las bobinas para el tendido .....                     | 346 |
| 1.2.6.2. Ejecución del tendido .....                                            | 347 |
| 1.2.7. Protección mecánica y señalización .....                                 | 348 |
| 1.2.8. Cierre de zanjas.....                                                    | 348 |
| 1.2.9. Reposición de pavimentos.....                                            | 349 |
| 1.2.10. Empalmes y conectores .....                                             | 349 |
| 1.2.11. Señalización de la obra.....                                            | 350 |
| 1.2.12. Ensayo de conductores .....                                             | 350 |
| 1.2.13. Recepción de obra.....                                                  | 350 |
| 2. Centros de transformación .....                                              | 350 |
| 2.1. Obra civil .....                                                           | 350 |
| 2.2. Aparamenta de media tensión .....                                          | 351 |
| 2.3. Transformadores .....                                                      | 351 |
| 2.4. Equipos de medida .....                                                    | 352 |



|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.5. Puesta en servicio y mantenimiento .....                     | 352 |
| 2.6. Normas de ejecución de las instalaciones .....               | 352 |
| 2.7. Pruebas reglamentarias .....                                 | 352 |
| 2.8. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad .....          | 353 |
| 2.9. Certificados y documentación .....                           | 353 |
| 3. Tramo línea aérea .....                                        | 354 |
| 3.1. Condiciones generales.....                                   | 354 |
| 3.1.1. Objeto .....                                               | 354 |
| 3.1.2. Campo de aplicación .....                                  | 354 |
| 3.1.3. Características generales y calidad de los materiales..... | 354 |
| 3.2. Condiciones técnicas de ejecución y montaje .....            | 354 |
| 3.3. Ejecución de la obra.....                                    | 355 |
| 3.3.1. Transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra.....     | 355 |
| 3.3.2. Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil .....     | 355 |
| 3.3.3. Pistas y accesos .....                                     | 355 |
| 3.3.4. Explanación y excavación .....                             | 356 |
| 3.3.5. Toma de tierra.....                                        | 357 |
| 3.3.6. Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos .....       | 358 |
| 3.3.6.1. Hormigón .....                                           | 358 |
| 3.3.6.2. Puesta en obra del hormigón .....                        | 358 |
| 3.3.7. Instalación de apoyos .....                                | 361 |
| 3.3.7.1. Transporte y acopio .....                                | 361 |
| 3.3.7.2. Armado .....                                             | 362 |
| 3.3.7.3. Izado .....                                              | 363 |
| 3.3.7.4. Apriete y graneteado .....                               | 364 |
| 3.3.8. Instalación de conductores desnudos .....                  | 364 |
| 3.3.8.1. Condiciones generales .....                              | 364 |
| 3.3.8.2. Colocación de cadenas de aisladores y poleas .....       | 364 |
| 3.3.8.3. Instalación de protecciones en cruzamientos.....         | 365 |
| 3.3.8.4. Tendido de los conductores .....                         | 365 |



|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.3.9. Placas de riesgo eléctrico y numeración de apoyos.....       | 366 |
| 3.3.10. Tala y poda de arbolado.....                                | 366 |
| 3.3.11. Placas de riesgo eléctrico y numeración de los apoyos ..... | 366 |



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



## **1. Tramo línea subterránea**

### **1.1. Condiciones generales**

#### **1.1.1. Objeto**

Este Pliego de Condiciones establece los requisitos para la ejecución de líneas subterráneas de media tensión (LSMT) hasta 30 kV, destinadas a formar parte de la red de distribución de la compañía distribuidora, siendo de aplicación tanto a las instalaciones construidas por la compañía distribuidora como a las construidas por terceros y cedidas a esta.

#### **1.1.2. Campo de aplicación**

En el presente pliego de condiciones se establecen las bases en cuanto al suministro, instalación, pruebas, ensayos, características y calidades de los materiales, y los trabajos necesarios para la ejecución de las LSMT hasta 30 kV, garantizando:

- La seguridad integral de las personas involucradas en la ejecución y operación.
- El bienestar social y la protección del medio ambiente durante todas las fases del proyecto.
- La ejecución de la obra con altos estándares de calidad.
- La minimización del impacto ambiental y la reducción de reclamaciones de propiedades afectadas.

#### **1.1.3. Características generales y calidad de los materiales**

Los materiales deben cumplir con las especificaciones de las normas UNE y las normas de la compañía distribuidora correspondiente, además de lo estipulado en la normativa vigente.

#### **1.1.4. Condiciones técnicas de ejecución y montaje**

Antes de iniciar los trabajos, es necesario obtener todos los permisos de organismos y propietarios afectados por el trazado de la LSMT. Las obras se ejecutarán conforme al proyecto y a las condiciones del presente pliego. La compañía distribuidora se reserva el derecho de supervisar directamente la ejecución de los trabajos con personal propio o a través de una empresa de ingeniería contratada con dicho fin, para garantizar que se llevan a cabo correctamente.

Los ensayos y pruebas realizadas durante la ejecución tienen carácter de recepciones provisionales, y la admisión parcial no exonera de la obligación de garantizar la correcta ejecución hasta la recepción definitiva.

## **1.2. Ejecución de la obra**

### **1.2.1. Trazado**

Antes de iniciar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas de excavación, indicando anchura y longitud de las zanjas, y las áreas para puentes o llaves de contención del terreno. Se realizará una identificación precisa de las acometidas de otros servicios para tomar todas las precauciones necesarias.

Se realizará la señalización conforme a la normativa vigente, determinando las protecciones necesarias para zanjas y accesos a portales, comercios, garajes, etc., incluyendo chapas de hierro para el paso de vehículos y personas. El trazado de las zanjas deberá considerar el radio mínimo de curvatura del conductor subterráneo empleado en el presente proyecto.

### **1.2.2. Demolición de pavimentos**

La demolición se realizará con medios manuales o mecánicos, trasladando los escombros y tierras sobrantes a un vertedero autorizado. Las herramientas neumáticas y compresores utilizados deben ser insonorizados para cumplir con la normativa sobre emisiones de ruido en la vía pública.

En calzadas con mortero asfáltico u hormigón, se realizará un corte rectilíneo previo con una anchura 5-10 cm superior a la de la zanja proyectada.

### **1.2.3. Apertura de zanjas**

Antes de iniciar la obra, se obtendrán de las empresas de servicios las afectaciones que la traza indicada en el plano tiene sobre sus instalaciones. Se realizarán catas de prueba para verificar los servicios existentes y determinar la mejor ubicación para el tendido.

Al marcar el trazado de zanjas, se respetará el radio mínimo de curvatura en los cambios de dirección. Las paredes de las zanjas serán verticales hasta la profundidad requerida, colocando entibaciones si la naturaleza del terreno así lo demanda para asegurar su estabilidad. Si existen o se prevén nuevos servicios que comprometan la seguridad de la red subterránea de media tensión, se aumentará la profundidad de la zanja para cumplir con las prescripciones reglamentarias vigentes.

Se dejará un espacio mínimo de 50 cm entre el borde de la zanja y las tierras extraídas para facilitar la circulación del personal y evitar la caída de tierras en el interior de la zanja. Se tomarán precauciones para no tapar con tierra los registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc. Si hay árboles cerca, se consultará con el servicio de conservación de parques y jardines del ayuntamiento, o con el organismo correspondiente, para determinar 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 edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación, se requerirá una autorización especial del organismo competente.

Para la construcción de nuevos tubulares ubicados en cruces, se procederá abriendo y tapando sucesivamente los carriles de circulación hasta colocar los tubos, hormigonarlos y continuar con los tramos adyacentes. Si el tráfico lo permite, se podrán colocar planchas de hierro adecuadas sin tapar la zanja abierta, fijándolas sobre el piso con 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 puedan someter a los cables a esfuerzos de estiramiento no deseados.

#### **1.2.4. Canalizaciones**

Las zanjas deben ser paralelas a la línea de bordillo, a una distancia que permita salvar los albañales y futuras construcciones. Los tubulares enterrados se instalarán sobre un lecho de arena y se cubrirán también con arena, según las dimensiones indicadas en el proyecto. En casos de dificultad para obtener arena, el técnico encargado de la obra podrá autorizar un material alternativo de características similares.

Para tubos en dado de hormigón, las embocaduras se dispondrán para evitar rozamientos internos en las operaciones de tendido. Se ensamblarán considerando el sentido de tiro de los cables. Antes de instalar el 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 hará con hormigón de resistencia HNE-15/B/20 si proviene de planta, o con una dosificación de  $200 \text{ kg/m}^3$  de cemento si se realiza a pie de obra, evitando que la lechada entre en los tubos por los ensambles utilizando separadores de tubos para permitir el paso del hormigón. Tras finalizar la canalización, se procederá a su limpieza interior.

El hormigón que protege a los tubos no debe llegar hasta el pavimento de rodadura para evitar la transmisión de vibraciones. Si es inevitable, se intercalará una capa de tierra o arena que actúe como amortiguador. Los tubos se sellarán con espumas expandibles impermeables, yeso o mortero ignífugo.

Si en una zanja coinciden cables de distintas tensiones, los tubos de MT se colocarán preferentemente a mayor profundidad que los de BT. En tramos largos, se evitará la acumulación de agua o gas situando convenientemente pozos de escape en relación con el perfil altimétrico.

### **1.2.5. Transporte, almacenamiento y acopio de los materiales a pie de obra**

El transporte y manipulación de los materiales se realizará cuidadosamente, de manera que no sufran deformaciones, golpes, roces o daños. No se permitirá el uso de cadenas o estribos metálicos no protegidos.

Para el acopio, el material no estará en contacto directo con el terreno, utilizando tacos de madera o embalajes adecuados. Las bobinas se transportarán siempre de pie, cargándolas y descargándolas mediante un eje o barra de acero en el orificio central. La braga o estrobo no debe ceñirse contra la bobina, disponiendo un separador de cables de acero.

Las bobinas no se dejarán caer al suelo desde la plataforma del camión, aunque esté cubierto de arena. Se desplazarán girándolas en el sentido de rotación indicado para evitar que se afloje el cable. Si se almacena una bobina parcialmente utilizada, los extremos de los cables se sellarán con capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir la humedad. Las bobinas no se almacenarán sobre suelos blandos que puedan comprometer su integridad.

### **1.2.6. Tendido de cables**

#### **1.2.6.1. Emplazamiento de las bobinas para el tendido**

La bobina del cable se colocará en el lugar elegido de manera que la salida del cable se efectúe por la parte superior, sin forzar el cable al alinearse con el tendido. Los elementos de elevación necesarios para las bobinas son gatos mecánicos y una barra de dimensiones convenientes, ubicada en el orificio central de la bobina. La base de los gatos será lo suficientemente amplia para garantizar la estabilidad de la bobina durante su rotación, elevándola entre 10 y 15 cm sobre el suelo. Al retirar las duelas de protección, se debe evitar dañar el cable.



### 1.2.6.2. Ejecución del tendido

El tendido del cable no se permitirá cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados, debido a la rigidez del aislamiento. En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas con capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir la entrada de humedad y asegurar la estanqueidad de los conductores.

Los cables se desenrollarán y colocarán con cuidado, evitando torsión y bucles, y asegurando que el radio de curvatura sea superior a 20 veces su diámetro durante el tendido y a 15 veces su diámetro una vez instalado. El radio de curvatura no debe ser inferior a los valores indicados en las normas UNE correspondientes para cada tipo de cable.

El deslizamiento del cable se facilitará con rodillos adecuados, permitiendo un fácil rodamiento y reduciendo el esfuerzo de tiro. Estos rodillos tendrán una base apropiada para evitar vuelcos y una garganta para evitar la salida o caída del cable. En los cambios de dirección, además de los rodillos horizontales, se dispondrán otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la canalización. Se colocarán protecciones adecuadas en las embocaduras de los tubulares para evitar que se produzcan daños en el cable.

Para evitar el roce del cable contra el suelo a la salida de la bobina, se colocará un rodillo de mayor anchura que abarque las distintas posiciones del cable.

El tendido de los conductores se realizará preferentemente mediante dispositivos mecánicos (cabestrante o máquina de tiro y máquina de frenado). Sólo en líneas de pequeña entidad se permitirá el tendido manual, siempre utilizando cables piloto. Las máquinas de tiro tendrán un motor autónomo, rebobinadora para los cables piloto y un dispositivo de parada automática. Las máquinas de frenado tendrán dos tambores en serie con acanaladuras para enrollar el conductor en espiral, cuyo diámetro no será inferior a 60 veces el del conductor.

Los cables piloto serán flexibles, antigiratorios y dimensionados para los esfuerzos de tendido y los coeficientes de seguridad requeridos. Se unirán al conductor con manguitos de rotación para evitar la torsión. Para fijar el cable a la cuerda piloto, se usará una mordaza tiracables en el extremo de la guía.

Las mordazas consisten en un disco taladrado que pasa los conductores, sujetándolos con manguitos mediante tornillos. El conjunto queda protegido por una envolvente que sujeta el fiador para el tiro. La tracción del tendido de los conductores será la necesaria

para vencer la resistencia de la máquina de freno, manteniéndose constante y no superando los  $3 \text{ kg/mm}^2$  para cables unipolares de aluminio según UNE 211620. Una vez definida la tracción máxima, se colocará el disparo del dinamómetro en la máquina de tiro.

Durante el tendido se utilizarán dispositivos para medir el esfuerzo de tracción en los extremos del tramo cabrestante y freno, con parada automática en caso de variaciones anormales de tracción. Si los cables van a ser empalmados, se solaparán según lo indicado por el técnico responsable de la obra.

Se tomarán precauciones para no dañar instalaciones de otros servicios descubiertas durante las obras de canalización. Si se causara alguna avería, las instalaciones averiadas deberán ser reparadas y dejadas en las mismas condiciones. No se pasará más de una terna de cables unipolares por un mismo tubo. Los extremos de los tubulares deberán quedar sellados.

### **1.2.7. Protección mecánica y señalización**

El cable se protegerá con una placa de polietileno normalizada, según los planos correspondientes, para cables en tubo directamente enterrado. Además, se utilizará una cinta de advertencia de riesgo eléctrico colocada a la distancia indicada en el plano, para indicar la presencia de cables eléctricos enterrados durante futuras excavaciones.

### **1.2.8. Cierre de zanjas**

En el caso de tubo directamente enterrado, se extenderá una capa de arena de río de 5 cm en el fondo de la zanja. Sobre esta capa se colocará el tubo a instalar, que se cubrirá con otra capa de arena hasta la altura indicada en el proyecto. Como protección mecánica, se colocarán placas de plástico sin halógenos (PE) longitudinalmente al sentido del tendido del cable.

Luego, se extenderá una capa de tierra de 20 cm de espesor, apisonada manualmente. Esta capa estará exenta de piedras o cascotes. Posteriormente, se rellenará la zanja con tierra apta para compactar en capas sucesivas de 15 cm de espesor, utilizando medios mecánicos para alcanzar una densidad mínima del 95% sobre el proctor modificado. Se instalará una cinta de señalización para indicar la presencia de los cables durante futuros trabajos de excavación, según los planos del proyecto.

La arena utilizada para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, y se tamizará o lavará si es necesario. Se empleará arena de río con granos de 0,2 a 1 mm. En casos de dificultad en

el acopio de arena, el técnico encargado podrá autorizar el uso de un material alternativo de características similares.

Donde se requiera la reposición de pavimentos, se rellenará hasta la altura adecuada para su colocación. Finalmente, se reconstruirá el pavimento, si lo hubiera, del mismo tipo y calidad existente antes de la apertura.

Los resultados de los ensayos realizados durante la obra, como los de compactación de las capas de relleno, se presentarán a la compañía distribuidora correspondiente. Si los materiales retirados de las zanjas no son aptos para el relleno por contener escombros o desechos, se sustituirán por otros aceptables según las normas de la Administración competente.

### **1.2.9. Reposición de pavimentos**

La reposición de pavimentos de calzadas y aceras se realizará con garantía técnica, recortando su superficie de forma uniforme y extendiéndola a las zonas afectadas por las zanjas. Se utilizará el mismo acabado existente, salvo variación aceptada por la compañía distribuidora u organismos oficiales competentes.

En aceras de losetas, estas se repondrán por unidades completas, no siendo admisible la reposición con trozos de baldosas. En aceras de aglomerado asfáltico, si la zanja ocupa más del 50% de la anchura de la acera, se repondrá el pavimento en toda la acera.

### **1.2.10. Empalmes y conectores**

Los empalmes y conectores se realizarán según los procedimientos de los fabricantes del cable, con el visto bueno del Director de Obra, y en tramos rectos del mismo. Los operarios que realicen los empalmes deben conocer y disponer de la documentación necesaria, prestando atención a:

- Realizar el empalme de cables subterráneos siguiendo el protocolo establecido por el fabricante.
- Uso correcto de manguitos y engaste con el utillaje necesario.
- Limpieza general.
- Aplicación uniforme de calor en los termorretráctiles y correcta ejecución de los contráctiles.

Después de las conexiones, las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra en ambos extremos.

### **1.2.11. Señalización de la obra**

La señalización de las zonas de trabajo se realizará según lo estipulado en el estudio de seguridad y salud del proyecto. Los elementos de señalización deben cumplir su función y mantenerse en buen estado durante todo el transcurso de la obra.

### **1.2.12. Ensayo de conductores**

Antes de poner en servicio las LSMT, se ensayarán los conductores según lo indicado en las ITC-LAT 05 y 06, debiéndose presentar los resultados obtenidos a la compañía distribuidora.

### **1.2.13. Recepción de obra**

Durante la construcción, los técnicos designados por la distribuidora realizarán visitas para verificar la correcta ejecución de los trabajos y la ausencia de vicios ocultos. Se comprobará especialmente:

- Dimensiones de la zanja.
- Dimensiones y número de tubos.
- Paralelismo y cruces con otros servicios.
- Transporte y acopio de bobinas.
- Tendido de conductores con dispositivos mecánicos.
- Protección y señalización.
- Ejecución de terminaciones y empalmes.
- Reposición del pavimento.
- Ensayos.

## **2. Centros de transformación**

### **2.1. Obra civil**

Las envolventes utilizadas en la ejecución de este proyecto deberán cumplir con las condiciones generales establecidas en el MIE-RAT 14, Instrucción Primera del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas. Esto incluye la inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y agua, alcantarillado, canalizaciones, cuadros y pupitres de control, celdas, ventilación, paso de líneas y



canalizaciones eléctricas a través de paredes, muros y tabiques. También abarca la señalización, sistemas contra incendios, alumbrado, primeros auxilios, pasillos de servicio, zonas de protección y documentación.

## 2.2. Aparamenta de media tensión

Las celdas a utilizar serán prefabricadas, con envolvente metálica, y utilizarán gas SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre) para cumplir dos funciones clave:

- **Aislamiento:** El uso de gas como aislante garantiza la resistencia de la aparamenta frente a condiciones ambientales adversas, tales como polución, humedad e incluso posibles inundaciones del centro debido a riadas. Esta característica es especialmente crucial en zonas con alta contaminación, climas agresivos (como costas marítimas y áreas húmedas), y zonas propensas a inundaciones.
- **Corte:** El corte en gas es más seguro en comparación con el aire, reforzando la seguridad operativa de la instalación.

Además, las celdas deben permitir la extensibilidad "in situ" del centro, lo que facilitará la adición de más líneas o funciones sin necesidad de reemplazar la aparamenta existente.

## 2.3. Transformadores

Los transformadores instalados en el Centro de Transformación serán trifásicos, con neutro accesible en el secundario, y cumplirán con las especificaciones de potencia, tensiones primarias y secundarias, regulación en el primario, grupo de conexión, tensión de cortocircuito y protecciones propias, tal como se indica en la Memoria del proyecto.

En caso de que los transformadores utilicen un líquido refrigerante, se instalarán sobre una plataforma ubicada encima de un foso de recogida. Esto permitirá que, en caso de derrame e incendio, el fuego quede confinado en la celda del transformador, evitando su propagación a través de los pasos de cable o a otras áreas del Centro de Transformación, especialmente en instalaciones de maniobra interior (tipo caseta).

Para asegurar una adecuada ventilación, los transformadores estarán situados en una zona de flujo natural de aire, con entradas de aire en la parte inferior de las paredes adyacentes y salidas de aire en la parte superior.

## 2.4. Equipos de medida

Dado que este es un Centro destinado a la distribución pública, no se instalará medida de energía en media tensión. La medición se realizará en los ramales, en el punto de derivación hacia cada cliente en baja tensión, conforme a lo especificado en el Reglamento de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

## 2.5. Puesta en servicio y mantenimiento

El personal encargado de realizar las maniobras deberá estar debidamente autorizado y capacitado. Las maniobras se realizarán siguiendo el siguiente orden: primero, se conectará el interruptor/seccionador de entrada (si lo hubiese), seguido de la conexión de la aparamenta correspondiente hasta llegar al transformador, permitiendo así las comprobaciones necesarias. Tras completar las maniobras de media tensión, se procederá a conectar la red de baja tensión.

Estas maniobras se realizarán en el orden inverso al de la puesta en servicio y no se considerarán finalizadas hasta que el seccionador de puesta a tierra esté conectado.

Las medidas necesarias para garantizar la seguridad del personal serán tomadas durante el mantenimiento, el cual incluirá la limpieza, engrase y verificación de los componentes fijos y móviles que lo requieran. Las celdas tipo CGMcosmos de ORMAZABAL, utilizadas en la instalación, no requieren mantenimiento interior debido a su aislamiento en gas, lo que evita el deterioro de los circuitos principales.

## 2.6. Normas de ejecución de las instalaciones

Todos los materiales, aparatos, máquinas y conjuntos integrados en los circuitos de la instalación proyectada cumplen con las normas, especificaciones técnicas y homologaciones establecidas por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. La instalación se ajustará a los planos, materiales y calidades descritos en el proyecto, salvo indicación contraria.

## 2.7. Pruebas reglamentarias

Las pruebas y ensayos a los que se someterán los equipos y/o edificios al finalizar su fabricación cumplirán con las normativas vigentes establecidas en el MIE-RAT 02.

## 2.8. Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

El centro deberá permanecer cerrado en todo momento para evitar el acceso de personas no autorizadas. No se permitirá el almacenamiento de elementos ajenos a la instalación en el interior del centro.

Para realizar maniobras en el centro, se deberán utilizar herramientas adecuadas (banquillo, palanca de accionamiento, guantes, etc.), y estas deberán estar en perfecto estado, con revisiones periódicas. Antes de la puesta en servicio en carga del centro, se realizará una puesta en servicio en vacío para verificar el correcto funcionamiento de las máquinas.

Se llevarán a cabo comprobaciones de las resistencias de aislamiento y de tierra de los diferentes componentes de la instalación eléctrica. Toda la instalación eléctrica debe estar debidamente señalizada y contar con advertencias e instrucciones claras para evitar errores de interrupción, maniobras incorrectas, contactos accidentales o cualquier otro tipo de accidente.

Se colocarán instrucciones sobre primeros auxilios en un lugar visible. Cada grupo de celdas incluirá una placa con las características: nombre del fabricante, tipo de aparamenta y número de fabricación, año de fabricación, tensión nominal, intensidad nominal, intensidad nominal de corta duración y frecuencia nominal.

Las indicaciones necesarias para la correcta manipulación de la aparamenta deberán estar claramente visibles junto a su accionamiento. Si la celda contiene SF<sub>6</sub> para el corte o aislamiento, debe estar equipada con un manómetro para verificar la presión del gas antes de realizar cualquier maniobra.

## 2.9. Certificados y documentación

Para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos competentes, se adjuntarán los siguientes documentos:

- Autorización administrativa de la obra.
- Proyecto firmado por un técnico competente.
- Certificado de tensión de paso y contacto emitido por una empresa homologada.
- Certificación de fin de obra y contrato de mantenimiento.
- Conformidad por parte de la compañía suministradora.

### **3. Tramo línea aérea**

#### **3.1. Condiciones generales**

##### **3.1.1. Objeto**

El objetivo del presente pliego de condiciones técnicas es establecer los requisitos para la ejecución de LAMT hasta 30 kV, tanto a instalaciones construidas por la compañía distribuidora correspondiente como por terceros y cedidas a esta.

##### **3.1.2. Campo de aplicación**

Este pliego especifica las condiciones para el suministro, instalación, pruebas y características de los materiales necesarios para la instalación de LAMT hasta 30 kV, asegurando:

- La seguridad de las personas.
- El bienestar social y la protección del medio ambiente.
- La calidad en la ejecución.
- La minimización del impacto ambiental y las reclamaciones de propiedades afectadas.

##### **3.1.3. Características generales y calidad de los materiales**

Los materiales deben cumplir con las Normas UNE aplicables y seguir las especificaciones de la compañía distribuidora mencionadas en la memoria del proyecto tipo, así como en este Pliego de Condiciones y la reglamentación vigente. Antes de comenzar los trabajos, se deben obtener todos los permisos de organismos y propietarios particulares afectados por la ubicación de los apoyos, servidumbre de la LAMT, accesos, etc.

#### **3.2. Condiciones técnicas de ejecución y montaje**

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto y las condiciones de este Pliego. La compañía distribuidora supervisará la correcta ejecución de los trabajos, ya sea con su propio personal o con ingenieros designados para tal fin. Las pruebas realizadas durante la ejecución se considerarán recepciones provisionales, por lo que la admisión parcial no exime de garantizar la correcta ejecución hasta la recepción definitiva.



Si, durante el transcurso de la obra, se detectase la necesidad o conveniencia de tener que realizar un trabajo no previsto inicialmente, se deberá poner en conocimiento del técnico encargado de la obra, no pudiendo el contratista comenzar a efectuar dicho trabajo hasta obtener su autorización.

### **3.3. Ejecución de la obra**

La secuencia de trabajos será la siguiente:

#### **3.3.1. Transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra**

Los materiales se transportarán y manipularán cuidadosamente para evitar daños permanentes por golpes o roces. Se prohíbe el uso de cadenas o estribos metálicos no protegidos.

En el acopio, se evitará el contacto del material con el terreno utilizando tacos de madera o embalaje adecuado.

Las bobinas se cargarán y descargarán siempre de pie mediante un eje central de acero. No se permitirá que las bobinas caigan al suelo desde la plataforma del camión.

Los desplazamientos de la bobina por tierra se harán girándola en el sentido de rotación que viene indicado en ella por una flecha, para evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

#### **3.3.2. Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil**

El replanteo de los apoyos se realizará conforme a los planos de planta y perfil, considerando las características individuales de cada uno.

Se utilizarán estacas para marcar los ejes de las cimentaciones: tres estacas para apoyos alineados y cinco estacas dispuestas en cruz para apoyos en ángulo.

Se verificará el perfil del terreno para asegurar la precisión del replanteo. Se realizará un nuevo perfil si hay diferencias significativas con el plano original o aparecen obstáculos no previstos.

#### **3.3.3. Pistas y accesos**

Los caminos de acceso a los apoyos se construirán minimizando las alteraciones al terreno, utilizando preferentemente caminos existentes.

Todos los accesos serán acordados previamente con los propietarios afectados.

Se evitará alterar las escorrentías naturales del agua y estas se canalizarán cuando sea necesario para prevenir encharcamientos y erosiones del terreno.

Para acceder a apoyos ubicados en terrenos cultivados, se señalizará y limitará el espacio de servidumbre necesario, minimizando el impacto en cultivos y manteniendo cerradas las cercas o cancelas de las propiedades afectadas.

### 3.3.4. Explanación y excavación

La explanación implica la excavación a cielo abierto para drenaje y nivelación de la zona de cimentación, asegurando la correcta ubicación del apoyo. Incluye la ejecución de la obra y el suministro de herramientas necesarias, incluyendo la posible autorización y uso de explosivos para mejorar la ejecución, así como la retirada de tierra sobrante.

Se cuidará el marcado de los hoyos con relación a las estacas de replanteo y se asegurará el avance vertical de las paredes para mantener las distancias adecuadas con los anclajes de los apoyos.

Además, se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones:

- En terrenos inclinados, se nivelará el terreno al nivel de la estaca central para cimentaciones monobloque, asegurando que la profundidad de la excavación se refiera al nivel más bajo.
- Se prestará especial atención a terrenos blandos, pantanosos o con relleno, ajustando las dimensiones de la excavación según sea necesario para asegurar la estabilidad.
- Las explanaciones finales tendrán pendientes adecuadas (no inferiores al 5%) para evitar estancamientos de agua cerca de las cimentaciones.

La apertura de los hoyos se coordinará con el hormigonado para minimizar el tiempo entre ambas operaciones, evitando que la meteorización pueda afectar la estabilidad de los hoyos.

Las excavaciones completadas o en proceso se señalizarán y delimitarán adecuadamente para prevenir accidentes, asegurando que las excavaciones en curso sean cubiertas diariamente.

Los materiales excavados se distribuirán uniformemente según la superficie natural del terreno, y aquellos que impidan el uso normal del terreno se retirarán a vertederos autorizados.

En caso de terrenos propensos a deslizamientos o con presencia de agua, se tomarán medidas adicionales de seguridad como el entibado de fosos y la evacuación de agua antes del hormigonado.

### 3.3.5. Toma de tierra

En el caso de apoyos no frecuentados, se clavarán una o varias picas de cobre (electrodo de puesta a tierra) en una canalización anexa a la excavación del apoyo. Estas picas deberán quedar completamente clavadas verticalmente, con el fin de intentar que llegue a terreno permanentemente húmedo.

Cuando no pueda clavarse totalmente una pica, se cortará el trozo que no pueda clavarse y si la resistencia de puesta a tierra no es adecuada se buscará un lugar que estando a una distancia comprendida entre los 2,5 y 8 metros del hoyo de la cimentación pueda situarse un pozo para la clavar una segunda pica.

Este pozo tendrá una profundidad tal que el extremo de la pica quede como mínimo a 0,5 m de la rasante del terreno. Esta profundidad se dará como mínimo a la zanja de unión entre la segunda pica y el foso de la cimentación.

La línea de tierra atravesará la cimentación del apoyo utilizando tubos del diámetro adecuado.

Para apoyos frecuentados se realizará una puesta a tierra en anillo cerrado, a una profundidad de al menos 0,50 m alrededor del apoyo, de forma que cada punto de este quede distanciados 1 m como mínimo de las aristas del macizo de cimentación, unido a los montantes del apoyo mediante dos conexiones. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

A este anillo se conectarán cuatro picas de cobre de manera que se garantice un valor de tensión de contacto aplicada inferior a los reglamentarios. En caso contrario se adoptarán las medidas de seguridad adicionales pertinentes.

En cualquier caso, una vez finalizada la instalación de puesta a tierra se facilitará una relación en la que figure el valor de la resistencia de puesta a tierra de cada apoyo, indicando asimismo qué apoyos disponen de toma de tierra en anillo, y cuales han necesitado la realización de tomas de tierra suplementarias por no haberse podido clavar la pica del fondo de la excavación. Además, se adjuntará un croquis acotado con la disposición de las picas y de la línea de tierra de cada apoyo.

### 3.3.6. Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos

El proceso de hormigonado de los macizos de los apoyos implica el suministro y transporte de todos los áridos necesarios hasta el lugar de la excavación, así como la correcta colocación de anclajes y plantillas, asegurando su nivelación adecuada.

El tiempo máximo entre excavación y hormigonado, salvo autorización expresa del Director de Obra, no deberá exceder los 10 días naturales. Esto es crucial para evitar el riesgo de derrumbamiento debido a la meteorización de las paredes de los apoyos.

#### 3.3.6.1. Hormigón

Preferentemente se utilizará hormigón fabricado en plantas especializadas. En casos excepcionales y con la debida autorización, se podrá realizar la mezcla de los componentes del hormigón con hormigonera, nunca a mano.

Con carácter general, se utilizará hormigón estructural en masa con una resistencia característica de  $20 \text{ N/mm}^2$  (HM-20).

Para cimentaciones especiales que requieran armaduras, se usarán hormigones con resistencias de  $25 \text{ N/mm}^2$  o  $30 \text{ N/mm}^2$  según el diseño especificado.

El tamaño máximo del árido permitido será de 40 mm.

Se podrá requerir un documento de la planta de hormigón que certifique el cumplimiento de las Normas UNE aplicables, así como muestras del hormigón y sus componentes conforme a las normativas correspondientes. Cada suministro deberá estar acompañado de una Hoja de Suministro de la planta.

Está estrictamente prohibido añadir agua al hormigón una vez en obra.

#### 3.3.6.2. Puesta en obra del hormigón

Antes de verter el hormigón, se limpiará el fondo de la excavación y, si es necesario, se eliminará el agua acumulada.

Se preparará una solera de hormigón de limpieza de 10 a 20 cm en la base de la cimentación antes de colocar y nivelar los anclajes o plantillas del apoyo.

Se asegurará la correcta distancia entre los anclajes y las paredes de los hoyos, y se preverá la colocación del tubo para los conductores de puesta a tierra.



### - Condiciones de vertido

El hormigón se verterá durante el día (desde una hora después de la salida del sol hasta una hora antes de la puesta).

Se suspenderá el hormigonado si la temperatura ambiente es inferior a 0°C o superior a 40°C.

En caso de temperaturas extremas durante el fraguado, se protegerá adecuadamente la superficie con sacos, papel, paja, etc., según corresponda.

### - Forma de vertido

El hormigón se verterá por capas o tongadas y se vibrará para asegurar la correcta colocación sin movimientos en la base del apoyo o anclaje.

En caso de interrupción del vertido, se limpiará y se preparará la superficie interrumpida antes de continuar.

Los medios de fijación no se retirarán hasta al menos 24 horas después del final del hormigonado, incluyendo las peanas.

### - Acabado

La parte de la bancada que sobresale del nivel del terreno se realizará con mortero de la misma dosificación que el empleado en la cimentación, evitando el exceso de cemento para prevenir agrietamientos.

Se dará una forma de tronco de pirámide a la peana que sobresale del terreno, asegurando que las superficies visibles estén bien terminadas.

### - Encofrados y recrecidos

En caso de ser necesarios recrecidos en las cimentaciones, se detallarán las dimensiones del macizo de hormigón, la armadura requerida y su longitud.

Los encofrados, por lo general, serán metálicos y deberán permitir un acabado liso y plano del hormigón.

Se tomarán medidas para evitar daños al desencofrar y no se usarán desencofrantes que puedan afectar las características del hormigón. Los encofrados exteriores no se retirarán antes de 24 horas después del vertido de la última capa de hormigón.

Después del desencofrado, se humedecerá exteriormente el hormigón las veces necesarias durante al menos 3 días para un adecuado fraguado.

### - Áridos y arenas

Los áridos, arenas y gravas utilizados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Deben ser adecuados para la fabricación de hormigones con la resistencia característica requerida.
- Deben garantizar que no degradarán el hormigón con el tiempo ni requerirán una relación agua/cemento innecesariamente alta.
- Queda prohibido el uso de áridos que contengan piritas u otros tipos de sulfuros.

### - Cemento

Se utilizará cemento de tipo Portland P-350 en condiciones normales. Cuando existan yesos, se utilizará cemento P-350-Y. En áreas cercanas a la costa, marismas u otros entornos agresivos, se empleará cemento PUZ-II-350.

La utilización de aditivos o cementos con características diferentes requerirá aprobación expresa por escrito del Director de Obra o por propuesta del Contratista aceptada por el Director de Obra.

### - Agua

El agua utilizada provendrá de pozos, galerías o plantas potabilizadoras, siempre que su mineralización no sea excesiva. Queda prohibido el uso de agua procedente de ciénagas o con alto contenido de sales carbonosas o selenitosas, así como agua de mar.

### - Control de calidad

El control de calidad del hormigón se enfocará especialmente en su consistencia y resistencia, sin descuidar otras propiedades y componentes.

### - Control de consistencia

La consistencia del hormigón se medirá mediante el ensayo de asentamiento en cono de Abrams, expresada en centímetros. El cono de Abrams permanecerá en la obra durante todo el proceso de hormigonado.

Se realizará un ensayo de asentamiento con cada amasada de hormigón suministrada, verificado por el Director de Obra.

#### - **Control de resistencia**

La resistencia del hormigón se verificará mediante el ensayo de probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, ensayadas a compresión a los 28 días de edad. Las probetas serán fabricadas, conservadas y ensayadas conforme a las Normas UNE.

La toma de muestras, conservación y rotura serán realizadas por el Contratista debiendo este presentar al Director de Obra los resultados mediante Certificado de un laboratorio acreditado. Si la resistencia estimada fuese inferior a la resistencia característica fijada, el Director de Obra procederá a realizar los ensayos de información que juzgue convenientes.

#### - **Ensayos de gravas, arenas y agua**

Cuando no se disponga de datos suficientes sobre la utilización previa de los áridos o en caso de no haber sido examinados por el Director de Obra, se realizarán todos los ensayos necesarios para garantizar las características exigidas.

Si el hormigón es fabricado en planta industrial, bastará con presentar el certificado del tipo de hormigón fabricado, a menos que el Director de Obra exija explícitamente ensayos adicionales de los componentes del hormigón.

### **3.3.7. Instalación de apoyos**

#### **3.3.7.1. Transporte y acopio**

Las torres y apoyos se acopiarán de manera que coincida con el ritmo de montaje y elevación, minimizando el tiempo en el campo sin utilizar. Los tornillos se acopiarán conforme se necesiten para su uso.

Tanto la carga en almacén como la descarga en el campo se realizarán con los medios adecuados para evitar daños a las estructuras.

Se utilizarán los mismos accesos que se emplearon para las labores de excavación siempre que sea posible.

La descarga se efectuará de manera que se minimice cualquier daño a los cultivos existentes.

No se permitirá el acopio en cunetas de carreteras, caminos u otros lugares que obstruyan el tráfico normal de personas y vehículos.

### 3.3.7.2. Armado

#### - Consideraciones previas

No se permitirá ninguna modificación en las barras y cartelas (corte de ingletes, taladros, etc.) ni la sustitución de materiales sin autorización expresa del Director de Obra. Cualquier modificación autorizada deberá protegerse contra la oxidación mediante galvanizado con productos adecuados.

No se permitirá el uso de sopletes ni elementos de soldadura eléctrica u oxiacetilénica en el montaje de los apoyos metálicos.

#### - Tornillería

Se utilizará la tornillería especificada por el fabricante en los planos de montaje para cada unión.

Los tornillos se limpiarán cuidadosamente antes de usarlos, asegurando que el apriete sea suficiente para garantizar el contacto entre las partes unidas.

La sección transversal de los tornillos se determinará por el diámetro de los taladros que atraviesan. Después del apriete, los tornillos deberán sobresalir de la tuerca al menos dos hilos del vástago fileteado para permitir el graneteado.

Se orientarán los tornillos con la tuerca hacia el exterior de la torre. En posiciones verticales como crucetas y encuadramientos, la tuerca se posicionará hacia arriba.

Se prohíbe golpear los tornillos durante su colocación. Si se identifica que los tornillos no son los adecuados, el Contratista deberá informar inmediatamente al Director de Obra.

#### - Herramientas

Para el apriete de los apoyos metálicos, se utilizarán exclusivamente llaves de tubo. Para alinear taladros, se empleará el punzón de calderero, nunca para agrandar los taladros.

Todas las herramientas y equipos mecánicos utilizados deben estar dimensionados correctamente y utilizarse según las especificaciones de diseño y los coeficientes de seguridad correspondientes.



### - Montaje de apoyos y crucetas

Las barras de los apoyos metálicos serán inspeccionadas en la obra para comprobar que no hayan sufrido deformaciones durante el transporte. Cualquier barra deformada deberá ser desechada y reemplazada.

El montaje de los apoyos se podrá realizar de 2 maneras:

- Mediante armado completo en el suelo, seguido del izado de la torre completa con grúa o pluma.
- Realizando el montaje por elementos (barras o cuerpos), los cuales se izan con grúa o pluma.

Cuando se arma en el suelo, este debe estar horizontal y nivelado con gatos y calces prismáticos de madera para evitar deformaciones permanentes en las barras o tramos.

Tanto en el armado en el suelo como en el izado por elementos, las uniones no se apretarán completamente hasta que la torre esté completamente ensamblada y se haya verificado su correcta ejecución. En caso de roturas de barras o taladros desgarrados por cualquier motivo, se procederá a la sustitución de los elementos deteriorados.

Para las chapas, se verificará la correcta colocación de las crucetas de acuerdo con los taladros de los postes.

### 3.3.7.3. Izado

No se iniciarán los trabajos de izado de los apoyos antes de que hayan transcurrido al menos siete días desde la finalización del hormigonado de los anclajes.

El sistema de izado utilizado deberá ser adecuado para cada situación y tipo de apoyo, evitando daños a las cimentaciones y asegurando que las estructuras no se sometan a esfuerzos para los que no están diseñadas. Los apoyos se izarán suspendiéndolos por encima de su centro de gravedad para garantizar la estabilidad.

Después del izado, los apoyos deben quedar perfectamente aplomados. Los apoyos fin de línea o en ángulo pueden tener una ligera inclinación de 0.5 a 1% en sentido opuesto a los esfuerzos producidos por los conductores.

Si se requiere arriostrar la estructura o el apoyo para evitar deformaciones, se realizará utilizando puntales de madera o elementos metálicos adecuados.

Antes del izado de un apoyo cercano a líneas eléctricas, se comunicará esta circunstancia a la empresa propietaria para determinar las precauciones necesarias.

### **3.3.7.4. Apriete y graneteado**

Después de verificar el montaje adecuado de los apoyos, se procederá al apriete final, asegurando que todos los tornillos estén colocados y apretados. El apriete final se realizará utilizando una llave dinamométrica y se realizará el graneteado de las tuercas y tornillos para evitar que se aflojen. Una vez completado el graneteado, se protegerá todo el conjunto contra la oxidación mediante pintura de galvanizado en frío.

En ningún caso se realizará el graneteado de las torres armadas en el suelo antes del izado y apriete definitivo.

### **3.3.8. Instalación de conductores desnudos**

#### **3.3.8.1. Condiciones generales**

- Almacenamiento de bobinas: las bobinas de conductores no deben ser almacenadas en zonas inundables ni fácilmente susceptibles de incendio.
- Inicio del tendido: debe transcurrir al menos una semana desde la finalización del hormigonado de los apoyos antes de comenzar el tendido de los conductores. Idealmente, se recomienda un período de 28 días si es posible.
- Revisión previa: antes de iniciar el tendido, se debe verificar que cada apoyo cumpla con todas las condiciones especificadas anteriormente. No podrán iniciarse los trabajos de tendido si a algún apoyo le faltasen angulares, tornillos sin el apriete final o sin granetear.

#### **3.3.8.2. Colocación de cadenas de aisladores y poleas**

- Cadenas de aisladores: deben coincidir con las especificaciones indicadas en los planos de montaje del proyecto. No deben ser desembaladas hasta el momento de la instalación para evitar daños, y cualquier pieza defectuosa debe ser devuelta y reemplazada.
- Manejo cuidadoso: durante la manipulación, se debe evitar el contacto de las cadenas con superficies duras y asegurar que los elementos no sufran esfuerzos de flexión que puedan dañarlos.
- Orientación de los elementos: después de montados, los tornillos, bulones y pasadores deben mirar hacia la torre.
- Instalación de poleas: se utilizarán poleas de aleación de aluminio con un diámetro interior de garganta mínimo de 20 veces el del conductor. Deben estar montadas sobre

rodamientos de bolas y asegurarse de que no haya rozamiento entre las armaduras y las poleas de aluminio.

### 3.3.8.3. Instalación de protecciones en cruzamientos

- Protecciones sobre vías de comunicación: antes de cruzar carreteras u otras vías, se deben instalar protecciones temporales que impidan la caída de conductores. estas protecciones deben ser capaces de soportar cualquier esfuerzo anormal causado por accidentes.
- Señalización: cerca de las carreteras, las protecciones deben estar adecuadamente balizadas y se deben instalar las señales de tráfico necesarias según lo determine el organismo competente.
- Cruce con otras líneas eléctricas: para evitar daños durante el cruce con otras líneas, se deben tomar todas las precauciones necesarias.

### 3.3.8.4. Tendido de los conductores

- Dispositivos mecánicos para tendido: en general, el tendido se realizará con dispositivos mecánicos como cabestrantes o máquinas de tiro. Se permite el tendido manual solo en líneas de pequeña entidad, siempre usando cables piloto.
- Máquinas de tiro y frenado: deben estar equipadas con un motor autónomo y dispositivos adecuados como rebobinadoras para cables piloto. Los tambores de frenado deben tener acanaladuras para permitir un enrollamiento en espiral del conductor.
- Cables piloto: deben ser flexibles, antigiratorios y dimensionados con coeficientes de seguridad adecuados. Se unirán al conductor mediante manguitos de rotación para evitar la torsión.

#### - Tensado

Tras las operaciones de tendido, se procederá al tensado del conductor para ajustar los conductores a la flecha indicada en las tablas de tendido, utilizando dispositivos como cabestrantes, trácteles u otros adecuados.

Los conductores deberán permanecer sin engrapar un máximo de 48 horas, colocados en su flecha sobre poleas antes del regulado, al objeto que se produzca el asentamiento de los conductores.

#### - **Regulado y medición de flechas**

La medición de las flechas se realizará con aparatos topográficos precisos o dispositivos ópticos adecuados para asegurar que los conductores estén correctamente regulados según las especificaciones del proyecto.

#### - **Engrapado de los conductores**

Durante las operaciones de engrapado, se evitará el uso de herramientas que puedan dañar los conductores. Antes de proceder al engrapado, las cadenas de suspensión se aplomarán perfectamente.

Si es necesario correr la grapa sobre el conductor para lograr el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se realizará golpeando con martillo u otra herramienta. En su lugar, se suspenderá el conductor, se liberará la grapa y se correrá a mano hasta la posición requerida.

Se permite la suspensión del cable mediante cuerdas que no dañen al mismo.

Se prestará especial atención en los apoyos de amarre para garantizar el correcto montaje de los puentes flojos. Se verificará la distancia del conductor a tierra, especialmente en apoyos de ángulo.

### **3.3.9. Placas de riesgo eléctrico y numeración de apoyos**

En cada apoyo se instalará una placa normalizada de "riesgo eléctrico", utilizando las soluciones constructivas previstas y evitando taladrar el montante del apoyo. Además de la placa de riesgo, se numerará cada apoyo y se codificará para facilitar su identificación y seccionamiento.

### **3.3.10. Tala y poda de arbolado**

Cuando sea necesario, se llevará a cabo la tala y poda del arbolado cercano a la servidumbre de la Línea Aérea de Media Tensión (LAMT), conforme a lo especificado en la ITC-LAT 07.

Antes de iniciar las actividades de tala y poda, se obtendrán todos los permisos requeridos por la Administración.

### **3.3.11. Placas de riesgo eléctrico y numeración de los apoyos**

En cada apoyo se instalará una placa normalizada de "riesgo eléctrico", utilizando soluciones constructivas previstas que no impliquen taladrar el montante del apoyo.





Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo  
Graduado en Ingeniería Eléctrica



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA  
LÍNEA DE ALTA TENSIÓN



ESCUELA DE  
INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# 6. MEDICIONES Y PRESUPUESTO





---

**TRAMO INICIAL LÍNEA SUBTERRÁNEA**

---

---

**ZANJA SIMPLE CIRCUITO CON TUBO RESERVA EN ACERA**

---

| Descripción                                                                                                                       | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|----------------|
| Retirada de escombros y traslado a vertedero                                                                                      | 0,05     | m <sup>3</sup> | 26,86 €         | 1,34 €         |
| Excavación de 1 metro lineal de zanja en terreno compacto                                                                         | 0,48     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 4,51 €         |
| Lecho de arena compactada                                                                                                         | 0,16     | m <sup>3</sup> | 31,46 €         | 5,03 €         |
| Tubo PE corrugado pasacables de doble capa de 200 mm de diámetro                                                                  | 2,00     | ml             | 4,01 €          | 8,02 €         |
| Conductor unipolar subterráneo HERSATENE Class RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> , incluidos empalmes y accesorios | 3,00     | ml             | 71,25 €         | 213,75 €       |
| Bitubo de control para cable de datos                                                                                             | 2,00     | ml             | 3,50 €          | 7,00 €         |
| Placas PE protección mecánica                                                                                                     | 1,00     | ml             | 15,33 €         | 15,33 €        |
| Relleno de tierra y compactado                                                                                                    | 0,20     | m <sup>4</sup> | 9,50 €          | 1,90 €         |
| Cinta de señalización cable eléctrico 3M Dynatel                                                                                  | 2,00     | ml             | 3,97 €          | 7,93 €         |
| Acerado público e instalación                                                                                                     | 0,50     | m <sup>3</sup> | 16,90 €         | 8,45 €         |
|                                                                                                                                   |          |                |                 | <hr/> 273,27 € |

|                                                                          |         |    |          |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----|----------|---------------------|
| Zanja simple circuito con tubo de reserva en acera, totalmente terminada | 1155,50 | ml | 273,27 € | <b>315.767,88 €</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----|----------|---------------------|

#### ZANJA SIMPLE CIRCUITO CON TUBO RESERVA EN CALZADA

| Descripción                                                                                                                       | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| Retirada de escombros y traslado a vertedero                                                                                      | 0,05     | m <sup>3</sup> | 26,86 €         | 1,34 €          |
| Excavación de 1 metro lineal de zanja en terreno compacto                                                                         | 0,58     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 5,46 €          |
| Hormigón en masa HNE-15/B/20, incluyendo vertido                                                                                  | 0,16     | m <sup>3</sup> | 101,00 €        | 16,16 €         |
| Tubo PE corrugado pasacables de doble capa de 200 mm de diámetro                                                                  | 2,00     | ml             | 4,01 €          | 8,02 €          |
| Conductor unipolar subterráneo HERSATENE Class RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> , incluidos empalmes y accesorios | 3,00     | ml             | 71,25 €         | 213,75 €        |
| Bitubo de control para cable de datos                                                                                             | 2,00     | ml             | 3,50 €          | 7,00 €          |
| Relleno de tierra y compactado                                                                                                    | 0,32     | m <sup>4</sup> | 9,50 €          | 3,04 €          |
| Cinta de señalización cable eléctrico 3M Dynatel                                                                                  | 2,00     | ml             | 3,97 €          | 7,93 €          |
| Capa de asfalto de 6 cm de espesor                                                                                                | 0,50     | m <sup>3</sup> | 30,00 €         | 15,00 €         |
|                                                                                                                                   |          |                |                 | <b>277,71 €</b> |



---

|                                                                            |        |    |          |                     |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|---------------------|
| Zanja simple circuito con tubo de reserva en calzada, totalmente terminada | 794,50 | ml | 277,71 € | <b>220.640,75 €</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|---------------------|

---

#### ARQUETAS TRAMO LINEAL

---

| Descripción                                                                    | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total                    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------------|
| Arqueta prefabricada A1 registrable en alineación, totalmente terminada        | 46,00    | ud     | 238,31 €        | 10.962,26 €              |
| Arqueta prefabricada A1 registrable de cambio de sentido, totalmente terminada | 21,00    | ud     | 238,31 €        | 5.004,51 €               |
|                                                                                |          |        |                 | <hr/> <b>15.966,77 €</b> |

---

|                                                          |                     |
|----------------------------------------------------------|---------------------|
| LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN 20 KV (TRAMO INICIAL)... | <b>552.375,40 €</b> |
|----------------------------------------------------------|---------------------|

---

---

**TRAMO LÍNEA AÉREA**

---

**EXCAVACIÓN**

---

| Descripción                                                                                                                                                                                        | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|------------------|
| Ejecución de la excavación necesaria para la cimentación de los apoyos mediante máquina retroexcavadora en terreno rocoso o compacto, incluyendo el tratamiento posterior de las tierras extraídas | 158,67   | m <sup>3</sup> | 11,50 €         | 1.824,71 €       |
|                                                                                                                                                                                                    |          |                |                 | <hr/> 1.824,71 € |

**APOYOS**

---

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|
| Apoyo nº 1 de conversión aéreo-subterráneo, de la marca Andel Serie C C-7000, de 18 m de altura, incluyendo todo lo necesario: aisladores dobles de tipo polimérico, interruptores seccionadores tripolares telecontrolados con corte en SF6, descargadores, terminales de conversión aéreo-subterráneo, herrajes, muro de mampostería con una altura mínima de 2,50 m y montaje en obra | 1,00     | ud     | 16.846,20 €     | 16.846,20 € |



|                                                                                                                                                                       |      |    |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|-------------|-------------|
| Apoyo nº 2 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 24 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 3.521,22 €  | 3.521,22 €  |
| Apoyo nº 3 en ángulo-anclaje, de la marca Andel Serie C C-4500, de 22 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra        | 1,00 | ud | 6.888,19 €  | 6.888,19 €  |
| Apoyo nº 4 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-2000, de 20 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra     | 1,00 | ud | 3.809,85 €  | 3.809,85 €  |
| Apoyo nº 5 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 26 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 3.867,80 €  | 3.867,80 €  |
| Apoyo nº 6 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 28 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 4.187,85 €  | 4.187,85 €  |
| Apoyo nº 7 en ángulo-anclaje, de la marca Andel Serie C C-4500, de 28 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra        | 1,00 | ud | 10.233,25 € | 10.233,25 € |

|                                                                                                                                                                       |      |    |            |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------------|------------|
| Apoyo nº 8 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-500, de 26 m de altura, incluyendo aisladores simples de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 2.214,98 € | 2.214,98 € |
| Apoyo nº 9 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-500, de 26 m de altura, incluyendo aisladores simples de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 2.214,98 € | 2.214,98 € |
| Apoyo nº 10 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-2000, de 30 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra    | 1,00 | ud | 6.138,83 € | 6.138,83 € |
| Apoyo nº 11 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-2000, de 28 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra    | 1,00 | ud | 5.584,93 € | 5.584,93 € |
| Apoyo nº 12 en ángulo-anclaje, de la marca Andel Serie C C-4500, de 26 m de altura, incluyendo aisladores simples de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra      | 1,00 | ud | 8.169,84 € | 8.169,84 € |
| Apoyo nº 13 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-4500-TR, de 24 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 8.319,84 € | 8.319,84 € |

|                                                                                                                                                                        |      |    |            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------------|------------|
| Apoyo nº 14 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-2000, de 26 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 4.964,62 € | 4.964,62 € |
| Apoyo nº 15 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-2000, de 22 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 4.004,14 € | 4.004,14 € |
| Apoyo nº 16 en ángulo-anclaje, de la marca Andel Serie C C-4500, de 24 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra        | 1,00 | ud | 7.684,72 € | 7.684,72 € |
| Apoyo nº 17 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 26 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 3.867,80 € | 3.867,80 € |
| Apoyo nº 18 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 30 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra | 1,00 | ud | 4.446,71 € | 4.446,71 € |
| Apoyo nº 19 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-2000, de 20 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra     | 1,00 | ud | 3.809,85 € | 3.809,85 € |

Apoyo nº 20 en alineación-  
amarre, de la marca Andel Serie C  
C-2000, de 18 m de altura,  
incluyendo aisladores simples de  
tipo polimérico, herrajes y montaje  
en obra

1,00

ud

3.253,55 €

3.253,55 €

Apoyo nº 21 en alineación-  
suspensión, de la marca Andel  
Serie C C-1000, de 18 m de  
altura, incluyendo aisladores  
simples de tipo polimérico,  
herrajes y montaje en obra

1,00

ud

2.601,61 €

2.601,61 €

Apoyo nº 22 en ángulo-anclaje, de  
la marca Andel Serie C C-4500,  
de 24 m de altura, incluyendo  
aisladores dobles de tipo  
polimérico, herrajes y montaje en  
obra

1,00

ud

7.684,72 €

7.684,72 €

Apoyo nº 23 en alineación-  
suspensión, de la marca Andel  
Serie C C-1000, de 28 m de  
altura, incluyendo aisladores  
dobles de tipo polimérico, herrajes  
y montaje en obra

1,00

ud

4.187,85 €

4.187,85 €

Apoyo nº 24 en alineación-  
suspensión, de la marca Andel  
Serie C C-1000, de 30 m de  
altura, incluyendo aisladores  
dobles de tipo polimérico, herrajes  
y montaje en obra

1,00

ud

4.446,71 €

4.446,71 €

Apoyo nº 25 en alineación-  
amarre, de la marca Andel Serie C  
C-2000, de 30 m de altura,  
incluyendo aisladores dobles de  
tipo polimérico, herrajes y montaje  
en obra

1,00

ud

6.138,83 €

6.138,83 €





Apoyo nº 26 en ángulo-anclaje, de la marca Andel Serie C C-4500, de 30 m de altura, incluyendo aisladores simples de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra

1,00

ud

10.722,27 €

10.722,27 €

Apoyo nº 27 en alineación-amarre, de la marca Andel Serie C C-2000, de 26 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra

1,00

ud

5.114,62 €

5.114,62 €

Apoyo nº 28 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 28 m de altura, incluyendo aisladores dobles de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra

1,00

ud

4.187,85 €

4.187,85 €

Apoyo nº 29 en alineación-suspensión, de la marca Andel Serie C C-1000, de 24 m de altura, incluyendo aisladores simples de tipo polimérico, herrajes y montaje en obra

1,00

ud

3.446,22 €

3.446,22 €

Apoyo nº 30 de conversión aéreo-subterráneo, de la marca Andel Serie C C-7000, de 16 m de altura, incluyendo todo lo necesario: aisladores simples de tipo polimérico, interruptores seccionadores tripolares telecomandados con corte en SF6, descargadores, terminales de conversión aéreo-subterráneo, herrajes, muro de mampostería con una altura mínima de 2,50 m y montaje en obra

1,00

ud

15.862,97 €

15.862,97 €

---

**178.422,78 €**



## CIMENTACIÓN APOYOS

| Descripción                                                                                                                                                  | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|--------------------|
| Hormigonado para la cimentación de los apoyos tipo HM-25, con un contenido mínimo de cemento de 275 kg/m <sup>3</sup> , incluyendo portes, vertido y vibrado | 172,20   | m <sup>3</sup> | 108,30 €        | 18.649,26 €        |
|                                                                                                                                                              |          |                |                 | <b>18.649,26 €</b> |

## PUESTA A TIERRA

### Apoyos frecuentados

| Descripción                                                                                                                              | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------------|
| Sistema de puesta a tierra en anillo, formado por 4 picas de cobre de 2 m de longitud, con las especificaciones descritas en el proyecto | 1,00     | ud     | 83,79 €         | 83,79 €         |
| Instalación de acera de hormigón con mallazo electrosoldado                                                                              | 1,00     | ud     | 300,45 €        | 300,45 €        |
| Verificación del sistema de puesta a tierra, incluyendo medidas reglamentarias                                                           | 1,00     | ud     | 60,00 €         | 60,00 €         |
|                                                                                                                                          |          |        |                 | <b>444,23 €</b> |
| Instalación y verificación completa de la puesta a tierra de los apoyos frecuentados del tramo aéreo                                     | 2,00     | ud     | 444,23 €        | <b>888,46 €</b> |

### Apoyos no frecuentados

| Descripción                                                                                                                   | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|
| Sistema de puesta a tierra formado por 2 picas de cobre de 2 m de longitud, con las especificaciones descritas en el proyecto | 1,00     | ud     | 38,67 €         | 38,67 €    |
| Instalación de cerramiento de obra con fábrica de ladrillo                                                                    | 1,00     | ud     | 249,50 €        | 249,50 €   |
| Verificación del sistema de puesta a tierra, incluyendo medidas reglamentarias                                                | 1,00     | ud     | 60,00 €         | 60,00 €    |
|                                                                                                                               |          |        |                 | 348,17 €   |
| Instalación y verificación completa de la puesta a tierra de los apoyos no frecuentados del tramo aéreo                       | 28,00    | ud     | 348,17 €        | 9.748,76 € |

### TENDIDO CONDUCTOR

| Descripción                                                                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------|
| Instalación y tensado del conductor LA-110, según las especificaciones del proyecto, incluidas las 3 fases | 23769,21 | ml     | 4,49 €          | 106.723,75 € |
|                                                                                                            |          |        |                 | 106.723,75 € |



## BALIZAMIENTO

| Descripción                                                                                              | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------------|
| Baliza esférica de señalización diurna para conductor de fase, a instalar entre los apoyos nº 14 y nº 16 | 29,00    | ud     | 137,29 €        | 3.981,41 €        |
|                                                                                                          |          |        |                 | <b>3.981,41 €</b> |

**LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN 20 KV ..... 320.239,13 €**



---

**TRAMO LÍNEA SUBTERRÁNEA EN ANILLO**

---

---

**ZANJA SIMPLE CIRCUITO CON TUBO RESERVA EN ACERA**

---

| Descripción                                                                                                                       | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|----------------------|
| Retirada de escombros y traslado a vertedero                                                                                      | 0,05     | m <sup>3</sup> | 26,86 €         | 1,34 €               |
| Excavación de 1 metro lineal de zanja en terreno compacto                                                                         | 0,48     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 4,51 €               |
| Lecho de arena compactada                                                                                                         | 0,16     | m <sup>3</sup> | 31,46 €         | 5,03 €               |
| Tubo PE corrugado pasacables de doble capa de 200 mm de diámetro                                                                  | 2,00     | ml             | 4,01 €          | 8,02 €               |
| Conductor unipolar subterráneo HERSATENE Class RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> , incluidos empalmes y accesorios | 3,00     | ml             | 71,25 €         | 213,75 €             |
| Bitubo de control para cable de datos                                                                                             | 2,00     | ml             | 3,50 €          | 7,00 €               |
| Placas PE protección mecánica                                                                                                     | 1,00     | ml             | 15,33 €         | 15,33 €              |
| Relleno de tierra y compactado                                                                                                    | 0,20     | m <sup>4</sup> | 9,50 €          | 1,90 €               |
| Cinta de señalización cable eléctrico 3M Dynatel                                                                                  | 2,00     | ml             | 3,97 €          | 7,93 €               |
| Acerado público e instalación                                                                                                     | 0,50     | m <sup>3</sup> | 16,90 €         | 8,45 €               |
|                                                                                                                                   |          |                |                 | <hr/> 273,27 € <hr/> |

|                                                                          |         |    |          |                     |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----|----------|---------------------|
| Zanja simple circuito con tubo de reserva en acera, totalmente terminada | 1681,11 | ml | 273,27 € | <b>459.398,27 €</b> |
|--------------------------------------------------------------------------|---------|----|----------|---------------------|

#### **ZANJA SIMPLE CIRCUITO CON TUBO RESERVA EN CALZADA**

| Descripción                                                                                                                       | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| Retirada de escombros y traslado a vertedero                                                                                      | 0,05     | m <sup>3</sup> | 26,86 €         | 1,34 €          |
| Excavación de 1 metro lineal de zanja en terreno compacto                                                                         | 0,58     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 5,46 €          |
| Hormigón en masa HNE-15/B/20, incluyendo vertido                                                                                  | 0,16     | m <sup>3</sup> | 101,00 €        | 16,16 €         |
| Tubo PE corrugado pasacables de doble capa de 200 mm de diámetro                                                                  | 2,00     | ml             | 4,01 €          | 8,02 €          |
| Conductor unipolar subterráneo HERSATENE Class RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> , incluidos empalmes y accesorios | 3,00     | ml             | 71,25 €         | 213,75 €        |
| Bitubo de control para cable de datos                                                                                             | 2,00     | ml             | 3,50 €          | 7,00 €          |
| Relleno de tierra y compactado                                                                                                    | 0,32     | m <sup>4</sup> | 9,50 €          | 3,04 €          |
| Cinta de señalización cable eléctrico 3M Dynatel                                                                                  | 2,00     | ml             | 3,97 €          | 7,93 €          |
| Capa de asfalto de 6 cm de espesor                                                                                                | 0,50     | m <sup>3</sup> | 30,00 €         | 15,00 €         |
|                                                                                                                                   |          |                |                 | <b>277,71 €</b> |

|                                                                            |        |    |          |                    |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|--------------------|
| Zanja simple circuito con tubo de reserva en calzada, totalmente terminada | 297,15 | ml | 277,71 € | <b>82.520,69 €</b> |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|--------------------|

#### **ZANJA CIRCUITO DE IDA Y VUELTA CON TUBO RESERVA EN CALZADA**

| Descripción                                                                                                                       | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|-----------------|
| Retirada de escombros y traslado a vertedero                                                                                      | 0,05     | m <sup>3</sup> | 26,86 €         | 1,34 €          |
| Excavación de 1 metro lineal de zanja en terreno compacto                                                                         | 0,66     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 6,27 €          |
| Hormigón en masa HNE-15/B/20, incluyendo vertido                                                                                  | 0,23     | m <sup>3</sup> | 101,00 €        | 23,23 €         |
| Tubo PE corrugado pasacables de doble capa de 200 mm de diámetro                                                                  | 3,00     | ml             | 4,01 €          | 12,03 €         |
| Conductor unipolar subterráneo HERSATENE Class RH5Z1-OL AL 12/20 (24) kV de 240 mm <sup>2</sup> , incluidos empalmes y accesorios | 6,00     | ml             | 71,25 €         | 427,50 €        |
| Bitubo de control para cable de datos                                                                                             | 2,00     | ml             | 3,50 €          | 7,00 €          |
| Relleno de tierra y compactado                                                                                                    | 0,32     | m <sup>4</sup> | 9,50 €          | 3,04 €          |
| Cinta de señalización cable eléctrico 3M Dynatel                                                                                  | 2,00     | ml             | 3,97 €          | 7,93 €          |
| Capa de asfalto de 6 cm de espesor                                                                                                | 0,50     | m <sup>3</sup> | 30,00 €         | 15,00 €         |
|                                                                                                                                   |          |                |                 | <b>503,34 €</b> |



|                                                                                       |        |    |          |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|---------------------|
| Zanja con circuito de ida y vuelta y tubo de reserva en calzada, totalmente terminada | 934,87 | ml | 503,34 € | <b>470.561,86 €</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|----------|---------------------|

### ARQUETAS TRAMO LINEAL

| Descripción                                                                    | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total              |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------|
| Arqueta prefabricada A1 registrable en alineación, totalmente terminada        | 78,00    | ud     | 238,31 €        | 18.588,18 €        |
| Arqueta prefabricada A1 registrable de cambio de sentido, totalmente terminada | 21,00    | ud     | 238,31 €        | 5.004,51 €         |
|                                                                                |          |        |                 | <b>23.592,69 €</b> |

### CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

#### Obra Civil

| Descripción                                                                              | Cantidad | Unidad         | Precio unitario | Total   |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------|-----------------|---------|
| Excavación necesaria para la instalación del CT (medidas 5,26 x 3,18 x 0,56 m)           | 9,37     | m <sup>3</sup> | 9,50 €          | 88,99 € |
| Capa de arena de nivelación de 10 cm de espesor, compactada en el lecho de la excavación | 1,67     | m <sup>3</sup> | 31,46 €         | 52,62 € |





Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfu.4/20, de dimensiones generales aproximadas 4460 mm de largo por 2380 mm de fondo por 3045 mm de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios

1,00

ud

8.400,00 €

8.400,00 €

---

**8.541,61 €**

---

### **Equipo de Media Tensión**

---

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-------------|
| Equipo compacto de corte y aislamiento íntegro en gas E/S1,E/S2,PT1: cgmcosmos-2lp de ORMAZABAL                                                                                                                                                                                                           | 1,00     | ud     | 10.500,00 €     | 10.500,00 € |
| Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV del tipo RH5Z1, unipolares, con conductores de sección y material 1x95 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo enchufable recta y modelo K152SR | 1,00     | ud     | 1.175,00 €      | 1.175,00 €  |

---

**11.675,00 €**

---

## Transformador

| Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|--------------------|
| Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2,5%, +/- 5%, + 10%. Se incluye también protección mediante termómetro | 1,00     | ud     | 22.320,00 €     | 22.320,00 €        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |          |        |                 | <b>22.320,00 €</b> |

## Equipo de Baja Tensión

| Descripción                                                                                                                                                                                    | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|------------|
| Cuadros BT - B1 Transformador 1: addibo.urban Enel 8 salidas. Cuadro de Baja Tensión de distribución avanzado ADDIBO.URBAN, con 8 salidas con fusibles salidas trifásicas con fusibles en BTVC | 1,00     | ud     | 3.478,00 €      | 3.478,00 € |
| Cuadros BT - B1 Transformador 1: addibo.urban Enel 8 salidas                                                                                                                                   | 1,00     | ud     | 3.478,00 €      | 3.478,00 € |

Puentes BT - B1 Transformador 1:

Puentes BT - B1 Transformador 1.

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4 x fase + 2 x neutro de 2,5 m de longitud

1,00

ud

1.300,00 €

1.300,00 €

Puentes BT - B2 Transformador 1:

Puentes BT - B2 Transformador 1.

Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 4 x fase + 2 x neutro de 2,5 m de longitud

1,00

ud

1.300,00 €

1.300,00 €

**9.556,00 €**

### Sistema de Puesta a Tierra

Tierras Exteriores Protección Transformación: Anillo rectangular de dimensiones 5 x 2,5 m, formado por 4 picas de 2 m de longitud, enterradas a una profundidad de 0,50 m

1,00

ud

1.285,00 €

1.285,00 €

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |    |            |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------------|-------------------|
| Tierras Exteriores Servicio<br>Transformación: 6 picas alineadas de 4 m de longitud, separadas 6 m entre sí y dispuestas a una profundidad de 0,50 m, sirviendo de tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección            | 1,00 | ud | 1.275,00 € | 1.275,00 €        |
| Tierras Interiores Protección<br>Transformación: Instalación interior tierras. Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparamenta de este edificio, así como una caja general de tierra de protección | 1,00 | ud | 925,00 €   | 925,00 €          |
| Tierras Interiores Servicio<br>Transformación: Instalación interior tierras. Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio                                               | 1,00 | ud | 925,00 €   | 925,00 €          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |      |    |            | <b>4.410,00 €</b> |



## Varios

| Descripción                                                                                                                                                                             | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|-----------------------|
| Equipo de Protección y Control:<br>Armario de telemando tipo CM-UP. Cajón de control según norma GTRS001. Incluye el conexionado y las pruebas de interoperabilidad de toda la solución | 1,00     | ud     | 10.500,00 €     | 10.500,00 €           |
| Protección metálica para defensa del transformador. La defensa incluye una cerradura enclavada con la celda de protección del transformador correspondiente                             | 1,00     | ud     | 283,00 €        | 283,00 €              |
| Equipo de alumbrado para ejecución de maniobras y alumbrado de emergencia, incluyendo señalización correspondiente                                                                      | 1,00     | ud     | 600,00 €        | 600,00 €              |
| Banquillo aislante para ejecución de maniobras, guantes aislantes, extintor de eficacia 89B, palanca de accionamiento y armario de primeros auxilios                                    | 1,00     | ud     | 700,00 €        | 700,00 €              |
|                                                                                                                                                                                         |          |        |                 | <b>12.083,00 €</b>    |
| Centro de Transformación pfu.4/20, totalmente equipado, incluida instalación                                                                                                            | 5,00     | ud     | 68.585,61 €     | <b>342.928,05 €</b>   |
| <b>LÍNEA SUBT. MEDIA TENSIÓN 20 KV (TRAMO EN ANILLO).....</b>                                                                                                                           |          |        |                 | <b>1.379.001,57 €</b> |



## SEGURIDAD Y SALUD

### Protecciones individuales

| Descripción                                                                                                                                                             | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|
| Casco de seguridad para uso normal, anti golpes, de polietileno con un peso máximo de 400 g, con tiras reflectantes, homologado según UNE-EN 812                        | 12,00    | ud     | 11,76 €         | 141,12 € |
| Cinturón antivibratorio, ajustable y de tejido transpirable                                                                                                             | 12,00    | ud     | 14,13 €         | 169,56 € |
| Gafas de seguridad antiimpactos estándar, con montura universal, con visor transparente y tratamiento contra el empañamiento, homologadas según UNE-EN 167 y UNE-EN 168 | 12,00    | ud     | 5,99 €          | 71,88 €  |
| Protector auditivo tipo orejera acoplable a casco industrial de seguridad, homologado según UNE-EN 352, UNE-EN 397 y UNE-EN 458                                         | 12,00    | ud     | 14,94 €         | 179,28 € |
| Par de protectores auditivos de tapón de espuma, homologado según UNE-EN 352-2 y UNE-EN 458                                                                             | 12,00    | ud     | 0,46 €          | 5,52 €   |
| Chaleco reflectante con tiras reflectantes en la cintura, en el pecho y en la espalda, homologada según UNE-EN 471                                                      | 12,00    | ud     | 18,20 €         | 218,40 € |



|                                                                                                                                                                                                                                                            |       |    |         |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------|----------|
| Pantalones de trabajo para construcción de obras lineales en servicio, de poliéster y algodón (65%- 35%), color amarillo, trama 240, con bolsillos interiores y tiras reflectantes, homologados según UNE-EN 340                                           | 12,00 | ud | 12,75 € | 153,00 € |
| Camisa de trabajo, de algodón, con bolsillos exteriores                                                                                                                                                                                                    | 12,00 | ud | 8,48 €  | 101,76 € |
| Impermeables de trabajo compuesto de pantalón y chubasquero                                                                                                                                                                                                | 12,00 | ud | 30,25 € | 363,00 € |
| Par de guantes de protección contra riesgos mecánicos comunes de construcción nivel 3, homologados según UNE-EN 388 y UNE-EN 420                                                                                                                           | 12,00 | ud | 6,05 €  | 72,60 €  |
| Par de botas de seguridad resistentes a la humedad, de piel rectificadas, con tobillera acolchada suela antideslizante y antiestática, cuña amortiguadora para el talón, lengüeta de fuelle, de desprendimiento rápido, con plantillas y puntera metálicas | 12,00 | ud | 32,04 € | 384,48 € |
| Par de botas de agua de PVC de media caña, con suela antideslizante y forradas de nailon lavable, con plantillas y puntera metálicas                                                                                                                       | 12,00 | ud | 11,34 € | 136,08 € |
| Sistema anticaída compuesto por un arnés anticaída con tirantes, bandas secundarias, bandas subglúteas, bandas de muslo, apoyo dorsal para sujeción, elementos de ajuste, elemento dorsal de enganche de arnés anticaída y hebilla                         | 12,00 | ud | 54,59 € | 655,08 € |

|                                                                                                                                                                |        |    |         |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----|---------|-------------------|
| Cuerda de poliamida de alta tenacidad, de 16 mm de diámetro, para sirga de cinturón de seguridad                                                               | 200,00 | ml | 5,11 €  | 1.022,00 €        |
| Cuerda regulable de 1,6 m con gancho en aluminio de apertura 65 mm y mosquetón de aluminio, norma EN 354 y 358, cuerda de diámetro 12 mm, longitud total 1,9 m | 100,00 | ml | 50,40 € | 5.040,00 €        |
| Absorbedor de energía cinética de distancia de apertura 1 m aproximadamente, con una resistencia elástica de 22 KN/3 min de acuerdo a EN 354                   | 12,00  | ud | 18,72 € | 224,64 €          |
|                                                                                                                                                                |        |    |         | <b>8.938,40 €</b> |

### Protecciones colectivas

| Descripción                                                                 | Cantidad | Unidad | Precio unitario | Total    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------|----------|
| Botiquín instalado en obra                                                  | 4,00     | ud     | 90,00 €         | 360,00 € |
| Extintor de polvo polivalente, incluido soporte                             | 3,00     | ud     | 39,00 €         | 117,00 € |
| Extintor de anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> ), incluido soporte        | 3,00     | ud     | 56,47 €         | 169,41 € |
| Cinta de balizamiento, con un soporte cada 5 m y con el desmontaje incluido | 100,00   | ml     | 1,27 €          | 127,00 € |
| Cono de plástico reflector de 50 cm de altura                               | 25,00    | ud     | 10,20 €         | 255,00 € |





|                                                                                                                                                              |       |    |         |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----|---------|----------|
| Luminaria con lámpara intermitente color ámbar con energía de batería de 12 V y con el desmontaje incluido                                                   | 10,00 | ud | 39,82 € | 398,20 € |
| Seta de protección para ferralla                                                                                                                             | 50,00 | ud | 0,26 €  | 13,00 €  |
| Valla metálica autónoma para contención de peatones, de 2,5 m de longitud                                                                                    | 20,00 | ud | 19,67 € | 393,40 € |
| Plataforma metálica para paso de vehículos por encima de zanjas, de dimensiones 1 x 3 m, de plancha de acero de 12 mm de espesor, con el desmontaje incluido | 6,00  | ud | 21,81 € | 130,86 € |
| Señal de placa de obra con las normas a cumplir dentro de la obra de 990 x 670 mm                                                                            | 5,00  | ud | 9,83 €  | 49,15 €  |
| Señal de obligación de uso de casco, arnés de seguridad, gafas de protección, guantes, botas, etc de 29,7 x 21                                               | 5,00  | ud | 6,00 €  | 30,00 €  |
| Señal normalizada de tráfico incluido soporte metálico                                                                                                       | 6,00  | ud | 29,78 € | 178,68 € |
| Equipo verificador de ausencia de tensión                                                                                                                    | 4,00  | ud | 89,71 € | 358,84 € |

---

**2.580,54 €**

---

**SEGURIDAD Y SALUD..... 11.518,94 €**

---

---

---

|                                                          |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| LÍNEA SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN 20 KV (TRAMO INICIAL)... | 552.375,40 €   |
| LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN 20 KV .....                    | 320.239,13 €   |
| LÍNEA SUBT. MEDIA TENSIÓN 20 KV (TRAMO EN ANILLO).....   | 1.379.001,57 € |
| SEGURIDAD Y SALUD.....                                   | 11.518,94 €    |
| TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL.....                | 2.263.135,04 € |
| BENEFICIO INDUSTRIAL (7%).....                           | 158.419,45 €   |
| TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA.....        | 2.421.554,49 € |
| IVA (21%).....                                           | 508.526,44 €   |
| TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN CON IVA.....        | 2.930.080,93 € |
| EXPROPIACIONES Y COMPENSACIONES ECONÓMICAS.....          | 362.822,45 €   |
| TOTAL PRESUPUESTO .....                                  | 3.292.903,38 € |

---

Ascendiendo el importe total del presupuesto del presente proyecto a la cantidad de **TRES MILLONES DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS TRES EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.**

Málaga, octubre de 2024

Fdo. Antonio Benítez Naranjo

Graduado en Ingeniería Eléctrica