



Universidad Pontificia de Comillas

ICAI

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**DISEÑO DE LÍNEA ELÉCTRICA
AÉREO-SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN**

Proyecto Oficial de Ejecución

AUTORA

María Aguínaco Gómez

DIRECTOR

Martín Muñoz Becerra

Curso académico 2022-2023

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

..... **DISEÑO DE LÍNEA ELÉCTRICA AÉREO-SUBTERRÁNEA**

.....**DE ALTA TENSIÓN – Proyecto Oficial de Ejecución**.....

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico**2022-2023**.... es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: **María Aguínaco Gómez**

Fecha: ...**11**.../ ...**06**.../ ...**23**...



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: **Martín Muñoz Becerra**

Fecha: ..**13**.../ ...**06**.../ ...**23**...

Firmado por:
Martín Muñoz Becerra,
Ingeniero de Líneas de OSPREL S.L.

Agradecimientos

Sincero agradecimiento a M.^a Inmaculada Blázquez García, Macu. Por haberme concedido la oportunidad de formar parte de Osprel durante nueve meses, de una forma tan cercana, como una más desde el inicio.

Especial agradecimiento también a Fátima Vega Chozas, Iván Esperalta García y Martín Muñoz Becerra, director de este proyecto. Ha sido un verdadero placer compartir mi primera experiencia laboral con ellos, excelentes personas e ingenieros.

Habéis demostrado lo que es contar con un buen equipo y tenido la paciencia suficiente para enseñarme todo lo que ahora sé sobre líneas. ¡Gracias!

Resumen ejecutivo

El presente Trabajo de Fin de Grado consiste en el diseño de una línea eléctrica aéreo-subterránea de alta tensión de 220kV y el desarrollo del Proyecto Oficial de Ejecución asociado. El proyecto toma el nombre **L/220kV ST Ojeadores -ST Armada** y corresponde con uno de los proyectos reales solicitado por un cliente privado a la empresa Osprel S.L., donde la alumna ha colaborado durante todo el curso 2022-2023 en beca de prácticas. El objetivo de la línea solicitada es la interconexión de dos subestaciones eléctricas, para transportar una potencia de **254 MVA** y la longitud de la misma una vez proyectada alcanza los **8 km** entre tramos aéreos y subterráneos.

La potencia de transporte, la tensión, el número de circuitos, el origen y el final de la línea son especificaciones aportadas por el cliente al equipo del departamento de líneas eléctricas de la empresa. A partir de esa información, se diseña la línea eléctrica desde cero. Tanto la línea como las subestaciones serán de futura construcción por lo que el fin de este proyecto no es constructivo, esto corresponderá a una fase posterior.

El proyecto incluye el diseño de la traza, el dimensionamiento de los conductores aéreos y subterráneos, la elección de los apoyos y las puestas a tierra, el análisis del comportamiento de los elementos de la línea y la valoración económica de la ejecución del proyecto. Todo ello recogido en los documentos correspondientes: *Memoria, Cálculos Eléctricos, Cálculos Mecánicos, Presupuesto, Planos y Pliego de Condiciones*.

Autora: María Aguinaco Gómez.

Director: Martín Muñoz Becerra.

Entidades colaboradoras:

- Osprel S.L.
- Universidad Pontificia de Comillas – ICAI.

Abstract

This Final Degree Project consists of a detailed design of a 220kV high voltage aerial-undergrounded electric line and the development of the its Official Execution Project. The project is called "**L/220kV ST Ojeadores -ST Armada**" and corresponds to one of the true-to-life projects of Osprel S.L, requested to the company by a private client. The student has collaborated throughout the 2022-2023 academic year on an internship program in the mentioned company. The objective of the requested electric line is the interconnection of two electrical substations to transport **254 MVA**, and its length after the projected reaches **8 km** between aerial and underground sections.

The transported power, the voltage, the number of circuits, the origin, and the end of the electric line are specifications provided by the client to the company's electrical lines department. Based on this information, the power line is designed and projected from scratch. Both the electric line and the substations facilities will be constructed in the future, so the purpose of this project is not its construction, which will correspond to a later phase.

The project includes the design of the route, sizing of the aerial and underground conductors, selection of supports and grounding, analysis of the behavior of the elements of the line, and economic valuation of the execution of the project. All this information is detailed and gathered in the matching documents: **Descriptive Memory, Electrical Calculations, Mechanical Calculations, Budget, Plans, and Specifications.**

Author: María Aguínaco Gómez.

Director: Martín Muñoz Becerra.

Associated organizations:

- Osprel S.L.
- Universidad Pontificia de Comillas – ICAI

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	13
INTRODUCCIÓN	14
MOTIVACIÓN	14
ESTRUCTURA DEL PROYECTO	14
Documento N°1: MEMORIA.....	16
1.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO ACTUAL	16
1.2. OBJETO DEL PROYECTO.....	18
1.3. NORMATIVA APLICABLE	18
1.4. EMPLAZAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO	20
1.4.1. EMPLAZAMIENTO	20
1.4.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO.....	21
1.4.2.1. Descripción del trazado aéreo	22
1.4.2.2. Descripción del trazado subterráneo.....	24
1.5. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	26
1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA AÉREA.....	27
1.5.2.1. Conductores aéreos.....	28
1.5.2.2. Cables de fibra óptica	28
1.5.2.3. Aisladores.....	29
1.5.2.4. Herrajes	29
1.5.2.5. Balizaje.....	31
1.5.2.6. Amortiguadores.....	32
1.5.2.7. Dispositivos salvapájaros.....	33
1.5.2.8. Apoyos y cimentaciones	35
1.5.2.9. Puesta a tierra.....	37
1.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA	38
1.5.3.1. Conductores subterráneos	38
1.5.3.2. Perforaciones dirigidas	39
1.5.3.3. Características de la zanja	42
1.5.3.4. Conexiones para puesta a tierra	43
1.5.3.5. Cables de puesta a tierra	45
1.5.3.6. Cajas de conexión de puesta a tierra	46
1.5.3.8. Empalme de conductores.....	46
1.5.3.9. Pararrayos	47

1.6. CRUZAMIENTOS	48
1.6.1. NORMATIVA APLICABLE A CRUZAMIENTOS EN AÉREO	48
1.6.2. NORMATIVA APLICABLE A CRUZAMIENTOS EN SOTERRADO	49
1.6.3. CRUZAMIENTOS DE LA LÍNEA Y ORGANISMOS AFECTADOS.....	51
1.9. PRESUPUESTO	52
1.10. CONCLUSIÓN.....	53
Documento N°2: CÁLCULOS ELÉCTRICOS	55
2.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA	55
2.1.1. CÁLCULO DE LA MATRIZ DE IMPEDANCIAS	55
2.1.1.1. Cálculo de la resistencia en serie del terreno.....	57
2.1.1.2. Cálculo de la resistencia eléctrica del conductor	57
2.1.1.3. Matriz de impedancias final	58
2.1.2. CÁLCULO DE LA MATRIZ DE ADMITANCIAS	59
2.1.3. REDUCCIÓN AL ESQUEMA ELÉCTRICO EQUIVALENTE	60
2.1.4. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Y CONSTANTE DE PROPAGACIÓN....	61
2.1.5. POTENCIA CARACTERÍSTICA.....	62
2.1.6. MODELO DE PARÁMETROS DISTRIBUIDOS	62
2.1.7. CAÍDA DE TENSIÓN.....	63
2.1.8. PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	65
2.1.9. IMPEDANCIAS SECUENCIALES	67
2.1.10. POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE	67
2.1.12.1. Tensión crítica disruptiva.....	68
2.1.12.2. Pérdidas de potencia debidas al efecto corona.....	69
2.2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA	70
2.2.1. PARÁMETROS DE LA LÍNEA	70
2.2.1.1. Resistencia del conductor en CA.....	71
2.2.1.2. Inductancia del conductor	73
2.2.1.3. Capacidad del cable	74
2.2.1.4. Admitancia, susceptancia y conductancia.....	75
2.2.1.5. Impedancia de onda.....	76
2.2.1.6. Impedancia de fase.....	76
2.2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	77
2.2.2.1. Intensidad máxima admisible en régimen permanente	77
2.2.2.2. Intensidad máxima admisible en cortocircuito	79
2.2.3. CAÍDA DE TENSIÓN.....	80
2.2.4. PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	81

2.2.5. RESULTADOS DE TENSIONES INDUCIDAS EN LAS PANTALLAS	82
2.3. RESULTADOS PARA LA LÍNEA COMPLETA	83
2.4. AISLAMIENTOS	83
Documento N°3: CÁLCULOS MECÁNICOS	87
3.1. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES Y FIBRA ÓPTICA	87
3.1.1. CARGAS Y SOBRECARGAS	87
3.1.2. HIPÓTESIS	88
3.1.2.1. Hipótesis de partida.....	88
3.1.2.2. Hipótesis de cálculo	88
3.1.3. RESULTADO DEL CÁLCULO.....	91
3.1.4. TABLA DE REGULACIÓN	108
3.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	111
3.3. CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS.....	115
3.3.1. HIPÓTESIS	115
3.3.1.1. Esfuerzos verticales (V).....	116
3.3.1.2. Esfuerzos horizontales, transversales y longitudinales	120
3.3.1.3. Esfuerzos equivalentes en el apoyo	124
3.3.2. TABLAS DE RESULTADOS	124
3.4. CÁLCULO MECÁNICO DE CIMENTACIONES	129
3.4.1. COMPROBACIONES	129
3.4.2. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES	130
3.5. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA	132
3.5.1. DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LAS RESISTENCIA TÉRMICA.....	133
3.5.2. DIMENSIONAMIENTO POR CRITERIOS DE SEGURIDAD	134
3.5.3. DIMENSIONAMIENTO SEGÚN EFECTO RAYO	136
Documento N°4: PRESUPUESTO	138
4.1. PRESUPUESTO LÍNEA AÉREA	138
4.1.1. MATERIALES LÍNEA AÉREA	138
4.1.2. MONTAJE LÍNEA AÉREA	139
4.1.3. OBRA CIVIL LÍNEA AÉREA.....	140
4.1.4. OTROS COSTES LÍNEA AÉREA - VARIOS.....	140
4.2. PRESUPUESTO LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	141
4.2.1. MATERIALES LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	141
4.2.2. MONTAJE LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	141
4.2.3. OBRA CIVIL LÍNEA SUBTERRÁNEA	141
4.2.4. OTROS COSTES LÍNEA SUBTERRÁNEA - VARIOS	142

4.3. OTROS	142
4.4. PRESUPUESTO TOTAL	142
Documento N°5: PLANOS	144
5.1. SITUACIÓN	144
5.2. EMPLAZAMIENTO	144
5.1.1. ESQUEMA DE LÍNEAS	144
5.3. PLANTA GENERAL-CATASTRAL	144
5.4. PLANTA PERFIL	144
5.5. APOYOS Y CIMENTACIONES	144
5.6. CADENAS DE AISLAMIENTO	144
5.7. HERRAJES	144
5.8. PLANTA-PERFIL SUBTERRÁNEO	145
5.9. SECCIONES TRANSVERSALES	145
5.10. CÁMARA DE EMPALME	145
Documento N°6: PLIEGO DE CONDICIONES	147
6.1. CONDICIONES PARA LÍNEAS AÉREAS	147
6.1.1. APOYOS	147
6.1.2. TENDIDO DE CONDUCTORES	151
6.1.3. PUESTA A TIERRA	153
6.2. CONDICIONES PARA LÍNEAS SUBTERRÁNEAS	153
6.2.1. ZANJAS	153
6.3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES	156
6.4. CONDICIONES GENERALES MEDIOAMBIENTALES Y DE SEGURIDAD	156
ANEXOS	159
ANEXO 1: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	159
ANEXO 2: Catálogo IMEDXA de los apoyos de la línea	159
ANEXO 3: Ficha técnica del conductor subterráneo	159
ANEXO 4: Resultados del Tramo 2 subterráneo por INFIPRO	159
ANEXO 6: Resultados del Tramo 4 subterráneo por INFIPRO	159
ANEXO 7: Resultados de la perforación dirigida por INFIPRO	159
ANEXO 8: Tablas de hipótesis del cálculo mecánico de apoyos según ITC	159
RECURSOS EMPLEADOS	162
BIBLIOGRAFÍA	164

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA EN 2021 POR TECNOLOGÍA RENOVABLE (INE).	17
TABLA 2. CUADRO RESUMEN NORMATIVAS.	20
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE LOS TRAMOS DE LA LÍNEA.	22
TABLA 4. ALINEACIONES DE LOS TRAMOS AÉREOS DE LA INSTALACIÓN.	23
TABLA 5. COORDENADAS UTM DE LOS APOYOS.	24
TABLA 6. PERFORACIONES DIRIGIDAS DE LA LÍNEA.	25
TABLA 7. COORDENADAS DE LOS VÉRTICES DE LAS PERFORACIONES DIRIGIDAS.	26
TABLA 8. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRAMOS AÉREOS.	27
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS AÉREOS DEL CIRCUITO 1.	27
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS AÉREOS DEL CIRCUITO 2.	27
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES CONDUCTOR AÉREO SEGÚN ESPECIFICACIONES DE CATÁLOGO GRUPO IBERDROLA.	28
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA AÉREO (PRYSMIAN).	29
TABLA 13. INFORMACIÓN BÁSICA SOBRE LOS HERRAJES DE LA LÍNEA AÉREA.	31
TABLA 14. DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS PARA CROQUIZADO ILUSTRACIÓN 6.	33
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS.	38
TABLA 16. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS DEL CIRCUITO 1.	38
TABLA 17. CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS SUBTERRÁNEOS DEL CIRCUITO 2.	38
TABLA 18. CARACTERÍSTICAS CONDUCTOR SUBTERRÁNEO OBTENIDAS DEL PROGRAMA INFIPRO Y SUS CATÁLOGOS.	39
TABLA 19. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS PARA LÍNEAS AÉREAS. (FUENTE: ITC-LAT 07)	49
TABLA 20. DISTANCIAS REGLAMENTARIAS PARA LÍNEAS SOTERRADAS. (FUENTE: ITC-LAT 06).	51
TABLA 21. CRUZAMIENTOS EN AÉREO DE LA LÍNEA.	51
TABLA 22. CRUZAMIENTOS EN SUBTERRÁNEO DE LA LÍNEA.	52
TABLA 23. MEDIDAS ARMADO TIPO.	56
TABLA 24. MATRIZ DE DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES PARA EL APOYO TIPO SELECCIONADO.	57
TABLA 25. MATRIZ DE IMPEDANCIAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA AÉREA.	59
TABLA 26. MATRIZ DE ADMITANCIAS ELÉCTRICAS DE LA LÍNEA AÉREA.	60
TABLA 27. CAÍDAS DE TENSIÓN DE LOS TRAMOS DE LÍNEA AÉREA POR CIRCUITO (%).	64
TABLA 28. PÉRDIDAS DE POTENCIA DE LOS TRAMOS DE LÍNEA AÉREA POR CIRCUITO (%).	66
TABLA 29. CARACTERÍSTICAS DE CORRIENTE PARA EL CONDUCTOR AÉREO.	67
TABLA 30. PARÁMETROS DE LA LÍNEA EN SUS TRAMOS SUBTERRÁNEOS.	71
TABLA 31. COEFICIENTE Ks PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EFECTO PELICULAR.	72
TABLA 32. COEFICIENTE Kp PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR DE EFECTO DE PROXIMIDAD.	73
TABLA 33. CONSTANTE K EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE HILOS DEL CONDUCTOR TRABAJANDO A 50 Hz.	74
TABLA 34. PARÁMETROS RELACIONADOS CON LA INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE.	77
TABLA 35. CAÍDAS DE TENSIÓN DE LOS TRAMOS DE LÍNEA SUBTERRÁNEA POR CIRCUITO (%).	81
TABLA 36. PÉRDIDAS DE POTENCIA DE LOS TRAMOS DE LÍNEA SUBTERRÁNEA POR CIRCUITO (%).	81
TABLA 37. VALORES DE CORRIENTES Y TENSIONES INDUCIDAS EN ESCENARIO DE CORTOCIRCUITO.	82
TABLA 38. CAÍDA DE TENSIÓN TOTAL DE LA INSTALACIÓN POR CIRCUITO (%).	83
TABLA 39. PÉRDIDAS DE POTENCIA TOTALES DE LA INSTALACIÓN POR CIRCUITO (%).	83
TABLA 40. CARGA Y TENSADO BAJO FUNCIONAMIENTO NORMAL DEL CONDUCTOR GULL TENDIDO.	88
TABLA 41. CARGA Y TENSADO BAJO FUNCIONAMIENTO NORMAL DEL CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW.	88
TABLA 42. RESUMEN HIPÓTESIS UTILIZADAS EN EL CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CONDUCTORES DE FASE GULL.	90
TABLA 43. RESUMEN HIPÓTESIS UTILIZADAS EN EL CÁLCULO MECÁNICO DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW.	91
TABLA 44. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE TRACCIONES MÁXIMAS DEL CIRCUITO 1 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	92
TABLA 45. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE FLECHAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL CIRCUITO 1 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	94
TABLA 46. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE DESVIACIONES Y VIBRACIONES DEL CIRCUITO 1 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	95
TABLA 47. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE TRACCIONES MÁXIMAS DEL CIRCUITO 2 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	96
TABLA 48. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE FLECHAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DEL CIRCUITO 2 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	98
TABLA 49. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE DESVIACIONES Y VIBRACIONES DEL CIRCUITO 2 EN EL CONDUCTOR DE FASE GULL.	99

TABLA 50. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE TRACCIONES MÁXIMAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C1.	100
TABLA 51. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE FLECHAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C1.	102
TABLA 52. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE CONTROL DE VIBRACIONES EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C1.	103
TABLA 53. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE TRACCIONES MÁXIMAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C2.	104
TABLA 54. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE FLECHAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C2.	106
TABLA 55. RESULTADOS DEL CÁLCULO MECÁNICO DE CONTROL DE VIBRACIONES EN LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA OPGW C2.	107
TABLA 56. TABLA DE REGULACIÓN PARA INSTALACIÓN DEL TENDIDO AÉREO DE LOS CONDUCTORES DE FASE.	109
TABLA 57. TABLA DE REGULACIÓN PARA INSTALACIÓN DEL TENDIDO AÉREO DE LOS CABLES DE FIBRA ÓPTICA.	110
TABLA 58. ÁNGULOS DE LAS CADENAS DE AISLADORES PARA APOYOS DE TIPO SUSPENSIÓN.	112
TABLA 59. DISTANCIAS MASA DE LAS CADENAS DE AISLADORES EN ÁNGULO EN APOYOS TIPO AMARRE/ANCLAJE.	113
TABLA 60. DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES PARA CADA APOYO.	114
TABLA 61. RESULTADOS CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS H1.	125
TABLA 62. RESULTADOS CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS H2.	126
TABLA 63. RESULTADOS CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS H3.	127
TABLA 64. RESULTADOS CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS H4.	127
TABLA 65. RESULTADOS CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS H4.	128
TABLA 66. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LAS CIMENTACIONES DE LA LÍNEA.	131
TABLA 67. REQUISITOS MÍNIMOS PARA P.A.T SEGÚN EL TIPO DE APOYO.	132
TABLA 68. DURACIÓN DE LAS CORRIENTES DE FALTA Y TENSIONES DE CONTACTO ASOCIADAS (FUENTE: ITC-LAT 07).	134
TABLA 69. MÁXIMAS TENSIONES DE CONTACTO ADMISIBLES.	135

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN ESPAÑA (FUENTE: INE)	16
ILUSTRACIÓN 2. EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.	20
ILUSTRACIÓN 3. CROQUIZADO DE LA TRAZA DE LA INSTALACIÓN.	21
ILUSTRACIÓN 4. ORIGEN DE LOS CIRCUITOS DE LA LÍNEA.	21
ILUSTRACIÓN 5. EJEMPLO BALIZAS DE SEÑALIZACIÓN.	31
ILUSTRACIÓN 6. EJEMPLO AMORTIGUADOR STOCKBRIDGE.	32
ILUSTRACIÓN 7. CROQUIZAADO AMORTIGUADOR BASE.	33
ILUSTRACIÓN 8. BALIZA BAGTR.....	34
ILUSTRACIÓN 9. BALIZA BESP.....	35
ILUSTRACIÓN 10. APOYO CONDOR ESTÁNDAR.	36
ILUSTRACIÓN 11. APOYO TIPO PAS.	37
ILUSTRACIÓN 12. ESQUEMA PERFORACIÓN DIRIGIDA.	41
ILUSTRACIÓN 13. SECCIÓN CANALIZACIÓN TIPO EN CAMINO DE TIERRA.....	42
ILUSTRACIÓN 14. SECCIÓN CANALIZACIÓN TIPO EN CAMINO DE CULTIVO.	43
ILUSTRACIÓN 15. ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA CROSS BONDING.	44
ILUSTRACIÓN 16. ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA SINGLE POINT.....	45
ILUSTRACIÓN 17. CROQUIZADO DEL EMPALME DE CONDUCTORES.	47
ILUSTRACIÓN 18. EJEMPLO PARARRAYOS.	47
ILUSTRACIÓN 19. ARMADO APOYO TIPO: CÓNDOR.	56
ILUSTRACIÓN 20. MODELO REDUCIDO EN PI.	61
ILUSTRACIÓN 21. EFECTO CORONA.	68
ILUSTRACIÓN 22. AISLADOR DE VIDRIO.	83
ILUSTRACIÓN 23. CROQUIZADO EXPLICATIVO DEL GRAVIVANO.....	116
ILUSTRACIÓN 24. PROYECCIONES DE LA FUERZA DEL VIENTO NO COPLANARIA.	119
ILUSTRACIÓN 25. ESQUEMA CIMENTACIÓN TIPO.....	131
ILUSTRACIÓN 26. PLANO EXPLICATIVO PUESTA A TIERRA CON GRAPAS DE CONEXIÓN.	133
ILUSTRACIÓN 27. ESQUEMA TENSIONES DE CONTACTO.	134

INTRODUCCIÓN

MOTIVACIÓN

La motivación personal de la alumna para elaborar un Proyecto de Fin de Grado como este reside en el interés por conocer desde dentro el proceso de creación de un proyecto clásico de ingeniería. La alumna es estudiante de doble grado de Ingeniería Industrial + Administración de Empresas por lo que, aparentemente, enfoca su perfil hacia las ramas organizativas de la industria.

Sin embargo, el sector eléctrico y las energías renovables son las áreas que más han llamado la atención de la alumna en el último curso del grado. La elección de elaborar un POE de línea de alta tensión y no un proyecto más habitual como puede ser el de generación de energía renovable se basa en la importancia de contar con una red de transporte y distribución eléctrica optimizada, eficiente y moderna en nuestro país. Las líneas eléctricas y sobre todo las de alta tensión, juegan un papel imprescindible en el suministro de energía a todas las dimensiones de la sociedad. Sin ellas, la inversión y desarrollo para la transición energética y la descarbonización del planeta no tendrían sentido porque su aplicación no llegaría hasta los sujetos finales. También resulta importante puntualizar que, las líneas eléctricas correctamente diseñadas y proyectadas tienen un impacto medioambiental muy reducido y las acciones contaminantes que pudiera implicar su construcción y mantenimiento son prácticamente nulas.

Por otro lado, la beca de prácticas proporcionada a la alumna para desarrollar el proyecto en Osprel S.L. ha permitido elaborar el proyecto en un entorno 100% real, con las formalidades y requisitos técnicos para proporcionar el servicio solicitado a un cliente real.

ESTRUCTURA DEL PROYECTO

La configuración del presente proyecto se corresponde con la de un proyecto clásico de ingeniería en el que se sigue la siguiente estructura:

- Documento N°1: MEMORIA
- Documento N°2: CÁLCULOS ELÉCTRICOS
- Documento N°3: CÁLCULOS MECÁNICOS
- Documento N°4: PRESUPUESTO
- Documento N°5: PLANOS
- Documento N°6: PLIEGO DE CONDICIONES (versión sintetizada)

Además, se recogen otros contenidos en el apartado de ANEXOS y al final del proyecto se describen los RECURSOS EMPLEADOS y la BIBLIOGRAFÍA utilizada.

Documento N°1

MEMORIA

Documento N°1: MEMORIA

1.1. ANTECEDENTES Y CONTEXTO ACTUAL

El sistema energético español está experimentando actualmente una fase de transformación hacia las energías renovables, persiguiendo la descarbonización de la energía y la reducción de la dependencia de recursos no renovables. día

El ritmo al que se consume y gasta la energía en España y Europa actualmente, no es compatible con los tiempos de regeneración de algunos recursos renovables a largo plazo. Ciertamente es de igual forma, que la dependencia energética de energías procedentes del carbón o de fuentes petrolíferas es cada vez menor.

A continuación, se muestra un gráfico que da una fotografía global de cómo ha ido variando a lo largo de los años el consumo de energía primaria en España (hasta 2021), por tipo de generación. Se observa claramente cómo en los últimos años, el incremento en el consumo de energías renovables coincide con el propósito de descarbonización de la energía.

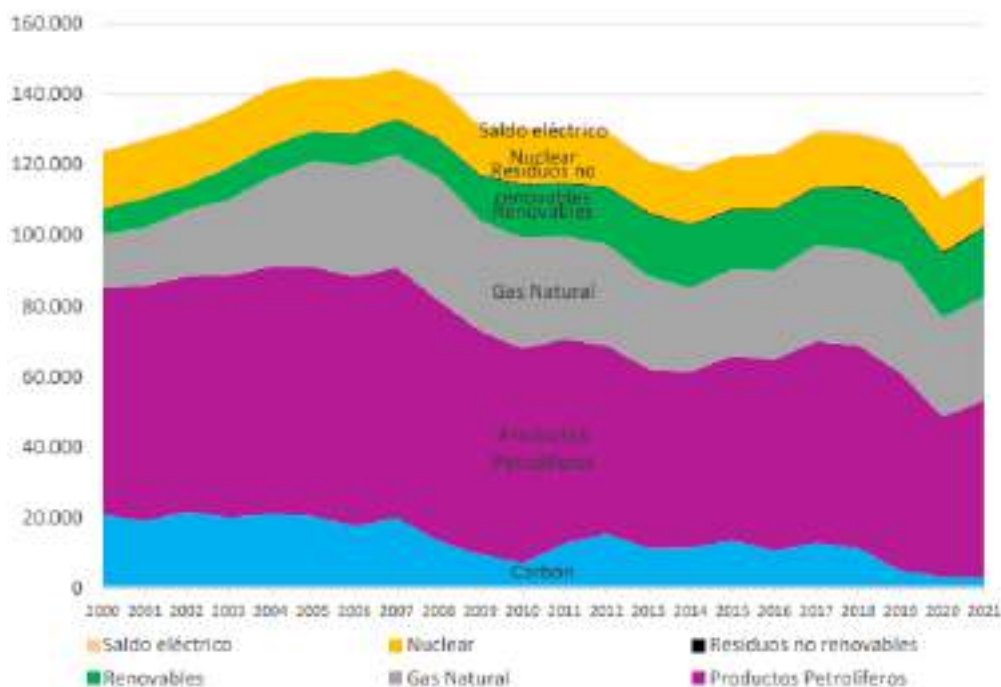


Ilustración 1. Consumo de energía primaria en España (Fuente: INE)

En España, el sistema de líneas de alta tensión y distribución de energía eléctrica es controlado y gestionado por Red Eléctrica de España (REE), que es la principal empresa encargada de la transmisión de energía eléctrica en el país.

Centrándose en la eficiencia energética y las fuentes de energía renovables como la eólica y la solar, España ha estado trabajando para modernizar y mejorar su sistema de transmisión de energía eléctrica en los últimos años. Aunque relativamente estable, aún persisten desafíos como la congestión en regiones específicas y la mejora de la resiliencia frente a condiciones climáticas extremas.

La infraestructura de líneas de alta tensión y distribución de energía eléctrica en España es un componente esencial para garantizar un suministro estable y fiable de energía eléctrica para la población y la economía del país. Sin ellas, la sociedad y las industrias no podrían funcionar. Optimizar las pérdidas de potencia es uno de los objetivos del diseño de estas líneas de alta tensión, que transmiten grandes cantidades de energía a grandes distancias.

Además, las líneas de alta tensión en España están sujetas a regulaciones y normativas estrictas para garantizar su seguridad y proteger el medio ambiente. Se están llevando a cabo proyectos para mejorar la eficiencia y la seguridad de las líneas de alta tensión, incluyendo la modernización de las subestaciones y la instalación de sistemas de control y monitoreo avanzados.

En siguiente tabla queda reflejada la variación en el consumo de energía de procedencia renovable, de 2021 respecto 2020. Cabe destacar el importante incremento en el consumo de la energía fotovoltaica y eólica.

Tecnología	ktep	Δ 2021/2020 (%)
Hidráulica	2.547	-2,9%
Eólica	5.336	+10,0%
Solar fotovoltaica	1.885	+39,9%
Solar térmica	2.370	+3,6%
Energía del mar	1,6	-29,6%
Geotérmica	0,2	+0,0%
Biomasa	5.278	+4,5%
Biogases	326	+0,8%
RSU (renovables)	283	+20,0%
Biocombustibles	1.409	+0,2%

Tabla 1. Consumo de energía primaria en España en 2021 por tecnología renovable (INE).

Además de lo comentado anteriormente, desde las primeras redes de transporte de energía que aparecieron en España hasta día de hoy, la demanda de

energía ha experimentado un incremento sostenido y continuado. Este incremento es desigual, siendo mayor en las zonas más industrializadas. Como consecuencia, la red transporte y distribución ha ido evolucionando y creciendo de forma sostenida, para que las interconexiones fueran suficientes y pudieran satisfacer todas las necesidades. Actualmente y cumpliendo con las restricciones y normativas que han ido regulando el sector de la ingeniería eléctrica, se calcula que en España existen más de 44.000 líneas de alta tensión, lo que suponen más de 270.000 km de red (REE).

1.2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente Proyecto Oficial de Ejecución es recoger el diseño, cálculos y especificaciones necesarias para la ejecución del proyecto “**L/220kV ST Ojeadores – ST Armada**” de línea eléctrica de alta tensión.

Esta instalación nace como desarrollo del Proyecto Oficial de Ejecución real solicitado por un cliente privado del sector renovable a la empresa **Osprel S.L.** El emplazamiento, por lo tanto, viene fijado por las necesidades y requisitos que demanda el cliente. La potencia de transporte son **254 MVA** y también viene fijada entre los requisitos que solicita el cliente.

La línea eléctrica cuenta con dos circuitos eléctricos. El primero de ellos tiene su origen en una subestación eléctrica objeto de otro proyecto para el mismo cliente, y se une al segundo circuito a partir del primer apoyo de la línea objeto de este POE. El segundo, parte de la subestación eléctrica de nueva creación ST Ojeadores, que le da nombre al proyecto. Ambos circuitos mencionados terminan en el pórtico de la subestación eléctrica ST Armada, también de futura construcción.

El trazado de los tramos aéreos y subterráneos de la línea se encuentra descrito en el Documento N° 1 del presente proyecto: MEMORIA.

1.3. NORMATIVA APLICABLE

Durante todo el desarrollo del presente proyecto se aplicarán las **normativas eléctricas y ambientales** que rigen actualmente el sector eléctrico. A continuación, se recogen las principales.

NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO	
Ley 24/2013	Su finalidad es regular y fomentar el desarrollo sostenible y eficiente del sector. Planifica y coordina la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, para garantizar el suministro de energía de acuerdo con las necesidades de los consumidores. Defiende la competencia y las energías renovables siempre bajo criterios de seguridad, transparencia, calidad, objetividad y eficiencia.
Real Decreto – Ley 1955/2000	Como finalidad principal, regula las actividades de transporte, distribución, suministro y comercialización en el mercado eléctrico. Establece además ciertos procedimientos para la autorización de instalaciones eléctricas en España.
Real Decreto – Ley 1432/2008	Determina medidas técnicas y materiales para la protección de las aves frente a colisiones, impactos o electrocuciones que puedan darse al entrar en contacto directo con la corriente en líneas de alta tensión.
Real Decreto – Ley 223/2008	Contiene la aprobación de los Reglamentos oficiales sobre especificaciones técnicas y los requisitos de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y, las instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT, desde la 01 a la 09.
ITC – LAT 06	<i>“...será de aplicación a todas las <u>líneas eléctricas subterráneas</u> y a cualquier tipo de instalación distinta de las líneas aéreas [...] Los cables serán aislados, de tensión asignada superior a 1 kV, y el régimen de funcionamiento de las líneas se preverá para corriente alterna trifásica de 50 Hz de frecuencia...”</i> (ITC-LAT 06, 2008)
ITC – LAT 07	<i>“Las disposiciones contenidas en la presente instrucción se refieren a las prescripciones técnicas que deberán cumplir las líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos, entendiéndose como tales las de corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea superior a 1 kV.”</i> (ITC-LAT 07, 2019)
Real Decreto – Ley 1183/2008	Sobre el acceso y la conexión a las redes eléctricas tanto de transporte, como de distribución en España.
Real Decreto – Ley 23/2020	Fue la aprobación de nuevas medidas en materia de energía, pero también de otros ámbitos diferentes que buscan la reactivación y recuperación económica.
Real Decreto – Ley 187/2016	Establece las exigencias y requerimientos de seguridad de los materiales utilizados en las instalaciones eléctricas, según los voltajes límites bajo los que pretenden ser utilizadas.
Real Decreto – Ley 413/2014	<i>“... se procede a la modificación de determinados aspectos de la regulación vigente que bien por tratarse de aspectos puntuales, o bien por requerir de una aprobación urgente para su aplicación en el menor plazo, se introducen en un real decreto que aglutina todos ellos.”</i> (Texto Original de la ley BOE)
Real Decreto – Ley 337/2014	Regulación de la actividad productiva de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, entre otros tipos de generación.

NORMATIVA AMBIENTAL	
Ley 21/2013	Establece las normas y reglamentos para poder conservar los recursos naturales y la biodiversidad, controlar y prevenir la contaminación, gestionar residuos y promover las energías renovables. Nace de la necesidad de regularizar y formalizar los estudios de impacto ambiental.
Ley 9/2018	Regula los procedimientos y procesos para la Evaluación de Impacto Ambiental, como modificación y ampliación de la Ley 21/2013.

Tabla 2. Cuadro resumen normativas.

1.4. EMPLAZAMIENTO Y DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

1.4.1. EMPLAZAMIENTO

La línea eléctrica aéreo-subterránea de alta tensión protagonista de este proyecto, tiene como objetivo conectar dos potenciales subestaciones eléctricas, que responden a los nombres de **ST Ojeadores** y **ST Armada**. La línea de 220kV de tensión objeto de este proyecto tiene su origen en la primera de ellas que se localiza en la provincia de Guadalajara, y llega a su fin en la segunda mencionada, en la Comunidad de Madrid.

El POE en cuestión recibe el nombre de “*L/220kV Ojeadores – Armada*” y la traza de la línea viene descrita minuciosamente a continuación.



Ilustración 2. Emplazamiento de la instalación.



Ilustración 3. Croquizado de la traza de la instalación.

1.4.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

La línea L/220kV ST Ojeadores - ST Armada es una línea eléctrica de doble circuito y tensión 220 kV. Se proyecta como doble porque lo solicita así el cliente, según las intenciones constructivas futuras.

El primero de los circuitos de la línea tiene su origen en una subestación eléctrica objeto de otro proyecto para el mismo cliente, y se une al segundo circuito a partir del primer apoyo de la línea objeto de este, desde donde se comenzará a tener en cuenta este circuito. El segundo, parte de la subestación eléctrica de nueva creación ST Ojeadores, que le da nombre al proyecto. Ambos circuitos mencionados terminan en el pórtico de la subestación eléctrica ST Armada, también de futura construcción.

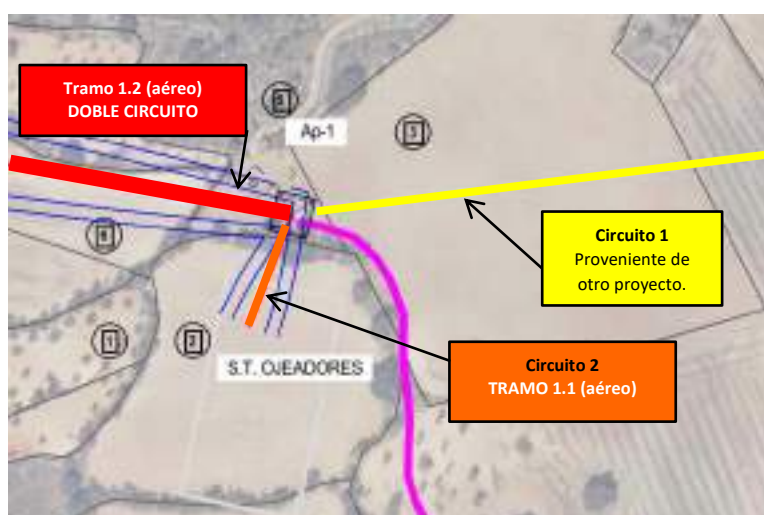


Ilustración 4. Origen de los circuitos de la línea.

El total de apoyos de los tramos aéreos son **17**. La línea discurre por los siguientes términos municipales (TTMM):

- En la provincia de Guadalajara: Almoguera, Fuentenovilla y Mondéjar.
- En la Comunidad de Madrid: Ambite.

La longitud total de la instalación son **8.009,46 m**, dividida en cinco tramos aéreos y subterráneos, ordenados y descritos en la siguiente tabla.

		Descripción	Nº CIRC.	Longitud (m)	Origen	Fin	TTMM AFECTADOS
TRAMO 1	1.1	AÉREO: Salida de ST Ojeadores (Circuito 2)	1	45,01	ST Ojeadores	Apoyo 1	Almoguera Mondéjar Fuentenovilla
	1.2	AÉREO	2	4.184,60	Apoyo 1	Apoyo 13 PAS	
TRAMO 2		SUBTERRÁNEO	2	2.700,1	Apoyo 13 PAS	Apoyo 14 PAS	Ambite
TRAMO 3		AÉREO	2	274,09	Apoyo 14 PAS	Apoyo 15 PAS	Ambite
TRAMO 4		SUBTERRÁNEO	2	573,08	Apoyo 15 PAS	Apoyo 16 PAS	Ambite
TRAMO 5		AÉREO	2	277,68	Apoyo 16 PAS	ST Armada	Ambite

Tabla 3. Descripción de los tramos de la línea.

**A efectos de cálculos, la longitud del tramo 1.1 de salida del Circuito 2 de la ST Ojeadores y la del tramo 1.2 con ambos circuitos se sumarán. Los cálculos aparecerán para el TRAMO 1 completo.*

1.4.2.1. Descripción del trazado aéreo

La longitud total aérea de la línea es 4.736,37 m como suma de los Tramos 1, 3 y 5. Discurre a través de **8 alineaciones y 17 apoyos en doble circuito**.

A continuación, se muestran cada una de las alineaciones de la línea con algunas de sus características principales: apoyos de inicio y fin, ángulo con la alineación siguiente en grados y la longitud.

TRAMO	Nº Alineación	INICIO Alineación	FIN Alineación	Ángulo con la siguiente alineación (°)	Longitud alineación (m)
1	1	Pórtico ST Ojeadores	Apoyo 1	0	45,01
	2	Apoyo 1	Apoyo 6	79,00	1.576,48
	3	Apoyo 6	Apoyo 9	16,05	1.227,82
	4	Apoyo 9	Apoyo 12	27,48	1.045,18
	5	Apoyo 12	AP 13 PAS	-24,69	290,11
3	6	AP 14 PAS	AP 15 PAS	0	274,09
5	7	AP 16 PAS	Apoyo 17	-44,02	244,65
	8	Apoyo 17	Pórtico ST Armada	-28,28	33,03

Tabla 4. Alineaciones de los tramos aéreos de la instalación.

La siguiente tabla recoge las coordenadas de cada uno de los 17 apoyos de la línea aérea, en coordenadas de Zona 30N UTM. Además, se recogen también las denominaciones de los apoyos según especificaciones técnicas del proveedor *Imedexa*. El detalle técnico de cada apoyo se encuentra en el Documento N°5 (Planos) de este proyecto.

Nº Apoyo	Denominación	Ángulo (°)	Vano posterior (m)	XUTM (m)	YUTM (m)	ZUTM (m)
1	GCO-40000-25-N1113-ANC	79,00	341,8	492.175,78	4.466.151,91	831,81
2	CO-9000-27-N3666-SUS	0	358,19	491.839,17	4.466.211,24	815,55
3	CO-12000-21-N3666-ANC	0	330,11	491.486,42	4.466.273,42	794,98
4	CO-9000-24-N3666-SUS	0	211,36	491.161,32	4.466.330,72	814,36
5	CO-9000-39-N3666-SUS	0	335,02	490.953,17	4.466.367,41	814,18
6	GCO-40000-30-N1113-ANC	16,05	372,11	490.623,23	4.466.425,56	821,23
7	CO-9000-27-N3666-SUS	0	384,92	490.288,92	4.466.588,96	815,10

Nº Apoyo	Denominación	Ángulo (º)	Vano posterior (m)	XUTM (m)	YUTM (m)	ZUTM (m)
8	CO-9000-27-N3666-SUS	0	470,79	489.943,09	4.466.757,99	800,00
9	IC-55000-40-N1113-ANC	27,48	294,74	489.520,12	4.466.964,72	765,65
10	CO-12000-21-N3666-ANC	0	396,85	489.344,94	4.467.201,75	702,80
11	CO-9000-33-N3666-SUS	0	353,59	489.109,06	4.467.520,90	681,00
12	GCO-40000-25-N1113-ANC	-24,69	290,11	488.898,90	4.467.805,25	674,41
PAS 13	IC-70000-25-N1113-PAS	-24,98	0	488.644,78	4.467.945,20	640,72
PAS 14	IC-70000-25-N1113-PAS	26,49	274,09	486.029,41	4.467.425,87	821,53
PAS 15	IC-70000-25-N1113-PAS	0	0	485.780,87	4.467.541,41	822,58
PAS 16	IC-70000-25-N1113-PAS	-44,02	244,65	485.235,81	4.467.666,24	841,50
17	IC-70000-20-N1113-ANC	-28,28	33,03	485.061,05	4.467.495,03	845,80
* Pórtico ST Armada	P-DC-220	0	0	485.051,22	4.467.463,50	845,99
* Pórtico ST Ojeadores	P-SC-220	0	45,011	492.159,38	4.466.109,99	831,81

Tabla 5. Coordenadas UTM de los apoyos.

1.4.2.2. Descripción del trazado subterráneo

El detalle de cada uno de estos dos tramos y del recorrido subterráneo se especifican en el Documento N°5 (Planos) de este proyecto. La longitud total soterrada de la línea en planta es de **3.273,09 m** como suma de los Tramos 2 y 4.

Sin embargo, esta longitud no incluye lo siguiente:

- Bajada del cable desde el terminar de paso aéreo a subterráneo en los apoyos PAS 13 y PAS 15: **25 m aproximadamente.**
- Subida del cable hasta el terminar de paso subterráneo a aéreo en los apoyos PAS 14 y PAS 16: **25 m aproximadamente.**

** Estos metros adicionales se tendrán en cuenta de cara al presupuesto, pero quedan aproximados dentro de la longitud aérea en términos de cálculos.*

La mayor parte del trazado subterráneo se dispone en zanja de hormigón, pero de acuerdo con la información proporcionada por el informe topográfico subcontratado por Osprel S.L., son necesarios **siete tramos de perforación dirigida** (PD). Con ello, además, se cumplen las indicaciones que establece la normativa ITC-LAT 06 para características de la topografía como las que se encuentran a lo largo de nuestro trazado. A continuación, se recoge la información

acerca de estas perforaciones, sus longitudes y los cruces que hacen que sean necesarias.

Tramo	Nº Perforación dirigida	Asignación	Longitud (m)	Cruce
2	1	PD1 – PD2	74,31	Carretera CM-228
				Arroyo de Torrejón
	2	PD3 – PD4	30,43	Río Tajuña
	3	PD5 – PD6	22,01	Arroyo
	4	PD7 – PD8	20,31	Barranco de los Desesperados
	5	PD9 – PD10	34,03	Carretera M-219 de M-300
	6	PD11 – PD12	22,59	Barranco del Agua
4	7	PD13 – PD14	38,10	Carretera M-219 de M-300

Tabla 6. Perforaciones dirigidas de la línea.

Para dar una referencia de coordenadas a los tramos subterráneos, que no tienen apoyos que puedan distribuir el trazado en alineaciones como tal, se fijan vértices virtuales en cada tramo. Des esta forma, se pueden situar los tramos soterrados y los pozos para cada una de las perforaciones dirigidas (PD) de forma exacta, en coordenadas UTM.

Tramo	Nº Vértice	Pozo PD	X (UTM)	Y (UTM)
2	1	-	488.644,78	4.467.945,20
	2	PD1	488.528,45	4.467.952,76
	3	PD2	488.474,95	4.467.956,35
	4	PD3	488.454,43	4.467.958,12
	5	PD4	488.287,98	4.467.969,10
	6	-	488.237,91	4.467.972,40
	7	-	487.770,29	4.467.821,83
	8	PD5	487.532,04	4.467.745,04
	9	PD6	487.511,07	4.467.738,26

Tramo	Nº Vértice	Pozo PD	X (UTM)	Y (UTM)
	10	PD7	487.323,12	4.467.677,68
	11	PD8	487.303,84	4.467.671,28
	12	PD9	486.992,89	4.467.545,03
	13	PD10	486.924,64	4.467.548,95
	14	-	486.590,08	4.467.441,13
	15	PD11	486.242,76	4.467.432,02
	16	PD12	486.220,19	4.467.430,96
	17	-	486.029,41	4.467.425,87
4	1	-	485.780,87	4.4675.541,4
	2	PD 13	485.725,07	4.467.566,92
	3	PD14	485.690,67	4.467.583,30
	4	-	485.508,34	4.467.668,11
	5	-	485.235,81	4.467.666,24

Tabla 7. Coordenadas de los vértices de las perforaciones dirigidas.

1.5. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Como se menciona anteriormente, la línea se proyecta para dos circuitos iguales. Las características generales de la línea son:

Sistema —————▶ Corriente alterna trifásica.

Frecuencia —————▶ 50 Hz

Tensión nominal —————▶ 220 kV

Tensión más elevada de la red —————▶ 245 kV

Nº Circuitos —————▶ 2

Categoría —————▶ ESPECIAL

**Las líneas de categoría especial son las de 220kV y 400 kV de tensión según reglamento.*

1.5.2. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA AÉREA

Longitud total tramos aéreos (m)	4.736,37
Provincias afectadas	Guadalajara y Madrid
Zona de aplicación	ZONA B
Nivel de contaminación	NIVEL IV
Número de apoyos	17
Apoyos	Torres metálicas de celosía
Número de cables de fibra óptica	2
Tipo de cable de fibra óptica	OPGW tipo II-25kA
Tipo de aislamiento	Aislamiento de vidrio
Cimentaciones de los apoyos	Zapatas individuales
Puesta a tierra de apoyos no frecuentados	Grapa de conexión, conductor de cobre y pica de puesta a tierra
Puesta a tierra de apoyos frecuentados - tipo PAS	Anillo cerrado de cobre

Tabla 8. Características generales de los tramos aéreos.

Características CIRCUITO 1	Nº Conductores por fase	1
	Tipo de conductor aéreo	LA-380 GULL
	Potencia máxima de diseño (MVA)	254
	Potencia máxima de transporte (MW)	260
	Origen	(Apoyo Nº1)
	Proveniente de otro proyecto para el mismo cliente.	

Tabla 9. Características de los tramos aéreos del CIRCUITO 1.

Características CIRCUITO 2	Nº Conductores por fase	1
	Tipo de conductor aéreo	LA-380 GULL
	Potencia máxima de diseño (MVA)	254
	Potencia máxima de transporte (MW)	260
	Origen	ST Ojeadores
	Circuito de nueva creación.	

Tabla 10. Características de los tramos aéreos del CIRCUITO 2.

1.5.2.1. Conductores aéreos

Para la configuración de la línea aérea el conductor a emplear es un cable de aluminio y acero, recubierto de aluminio. Ambos circuitos se construyen con el mismo conductor: **GULL-ACSR-AW**.

Según como se detalla en la *especificación particular de conductores desnudos de aluminio/acero para líneas de eléctricas de alta tensión del Grupo IBERDROLA*, revisada por el Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia en Julio 2019; el conductor seleccionado presenta las siguientes características técnicas esenciales:

LA 380 GULL															
Secciones			Número de alambres		Diámetros de los alambres		Diámetros		Masa lineal	Carga de rotura	Resistencia en C.C.	Módulo de elasticidad	Coefficiente de dilatación lineal	Reglamento	
AL1	ST1A	Total	AL1	ST1	AL1	ST1A	Alma	Conductor			(20°C)	E	α	Densidad de corriente	Intensidad de corriente
mm ²	mm ²	mm ²	Nº	Nº	mm	mm	mm	mm	Kg/km	daN	Ω /km	daN/mm ²	$^{\circ}\text{C}\times 10^{-6}$	A/mm ²	A
337,3	43,7	381,0	54	7	2,82	2,82	8,46	25,38	1275	10650	0,0857	6900	19,3	1,87	712

Tabla 11. Características esenciales conductor aéreo según especificaciones de catálogo grupo Iberdrola.

1.5.2.2. Cables de fibra óptica

Los dos cables de tierra de la instalación aérea están compuestos de fibra óptica OPGW, se denominan **OPGW Tipo II 25 kA** y tienen las siguientes características mostradas a continuación, según el catálogo del grupo **Prysmian**; “*OPGW and ADSS Fiber Cable For Overhead Transmission Lines*”.

OPGW Tipo II 25 kA					
Sección total	Diámetro total	Masa lineal	Carga de rotura	Módulo de elasticidad	Coefficiente de dilatación lineal
mm ²	mm	Kg/m	kg	daN/mm ²	°C ⁻¹
168,86	18	0,91	13.352	12.279	14,8·10 ⁻⁶

Tabla 12. Características esenciales de los cables de fibra óptica aéreo (Prysmian).

1.5.2.3. Aisladores

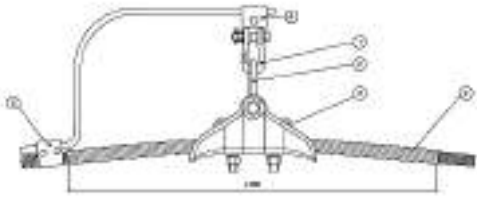
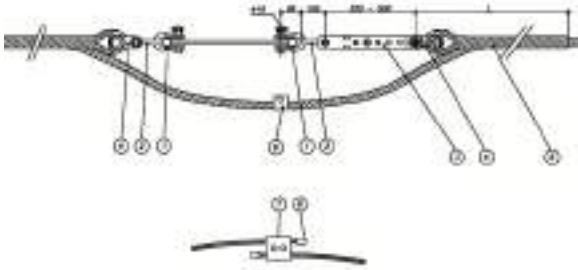
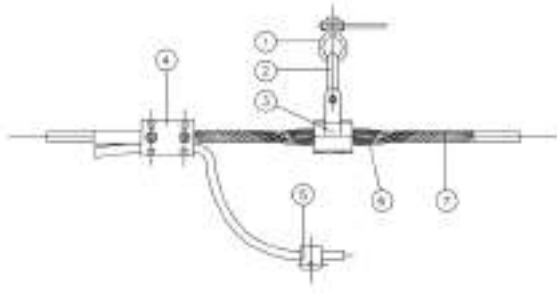
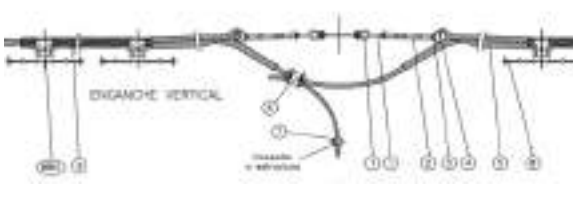
Las cadenas de aislamiento empleadas en la construcción de la línea son de **vidrio** y están formadas por aisladores U160BSP, para ambos circuitos. Las configuraciones de las cadenas quedan explicadas en el Documento N°5 (Planos) de este proyecto y las características principales de los aisladores son:

Denominación	→	U160BSP
Paso	→	146 mm
Diámetro	→	320 mm
Línea de fuga	→	550 mm
Carga mecánica	→	16.000 daN
Unión normalizada IEC-60120	→	20
Tensión soportada a 50 Hz bajo la lluvia	→	55 kV
Tensión soportada a impulso de tipo rayo en seco	→	140 kV
Peso neto aproximado	→	8,3 kg

1.5.2.4. Herrajes

Según la ITC-LAT 07, “se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección” (ITC-LAT 07, 2019)

Tanto los conductores de fase, como los de fibra OPGW, cuentan con el montaje de herrajes para su correcta disposición en la línea. En la siguiente tabla, se recoge la información más relevante a cerca de los elementos de estos herrajes, según formen parte de cadenas de suspensión o amarre.

	Tipo cadena	Elementos	Carga mínima rotura (daN)	Esquema
HERRAJES DEL CONDUCTOR GULL	SUSPENSIÓN	1) Grillete recto. 2) Eslabón revirado. 3) Grapa suspensión. 4) Varillas de grapa. 5) Grapa conexión paralela. 6) Grapa conexión a torre.	16.000	
	AMARRE	1) Grillete recto. 2) Eslabón revirado. 3) Tensor de corredera. 4) Guardacabos. 5) Retención de anclaje. 6) Grapa conexión a torre. 7) Grapa paralela. 8) Tapón terminal.	16.000	
HERRAJES DEL CABLE OPGW	SUSPENSIÓN	1) Grillete recto. 2) Eslabón revirado. 3) Grapa de suspensión armada. 4) Grapa de conexión paralela. 5) Grapa conexión a torre. 6) Inserto goma neopreno. 7) Varillas preformadas.	5.000	
	AMARRE BAJANTE	1) Grillete recto. 2) Tirante. 3) Horquilla guardacabos. 4) Empalme de protección. 5) Retención. 6) Grapa conexión paralela. 7) Grapa conexión sencilla. 8) Antivibradores. 9) Varillas de protección.	12.000	

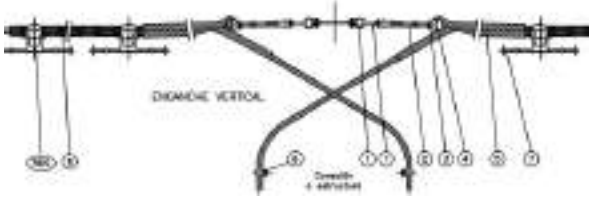
Tipo cadena	Elementos	Carga mínima rotura (daN)	Esquema
AMARRE PASANTE	1) Grillete recto. 2) Tirante. 3) Horquilla guardacabos. 4) Empalme de protección. 5) Retención. 6) Grapa conexión sencilla. 7) Antivibradores. 8) Varillas de protección.	12.000	

Tabla 13. Información básica sobre los herrajes de la línea aérea.

1.5.2.5. Balizaje

Para zonas de aeropuertos, helipuertos o áreas donde existe posibilidad de que haya vuelos de aeronaves a baja altura, se colocan balizas señalizadoras de gran tamaño. Si la densidad de tráfico aéreo es alta, se instalarán cada 30 m.

Suelen tener forma esférica y color rojo y su misión es alertar a los pilotos de la ubicación de los conductores, que suele ser imperceptible a esa altura, por seguridad. De esta forma, también se previenen accidentes en los cruces con autopistas y autovías.

A mayores, se deberá cumplir lo que especifique la autoridad en materia de navegación aérea para cada caso, si exige algún tipo de señalización más específica.



Ilustración 5. Ejemplo balizas de señalización.

1.5.2.6. Amortiguadores

Los amortiguadores y separadores debidamente posicionados en la línea previenen posibles fenómenos vibratorios que se producen en los conductores debido al efecto eólico o a vibraciones de los subvanos entre separadores. Es importante tener esto presente a la hora de determinar cuáles serán las tracciones mecánicas que sufren los conductores y los cables de fibra óptica puesto que su vida útil y desgaste dependen en gran medida de la incidencia de estos fenómenos.



Ilustración 6. Ejemplo amortiguador Stockbridge.

De acuerdo con el apartado 3.2.2 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión se recomienda: *“que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.”* (ITC-LAT 07, 2019)

En este proyecto se ha determinado la colocación de amortiguadores al comienzo y al final de cada vano, para cada subconductor. A continuación, se muestra un croquizado de estos amortiguadores y se recogen las referencias y dimensiones para el conductor **LA-280** y el cable de **fibra óptica OPGW 48F** con los que cuenta la línea

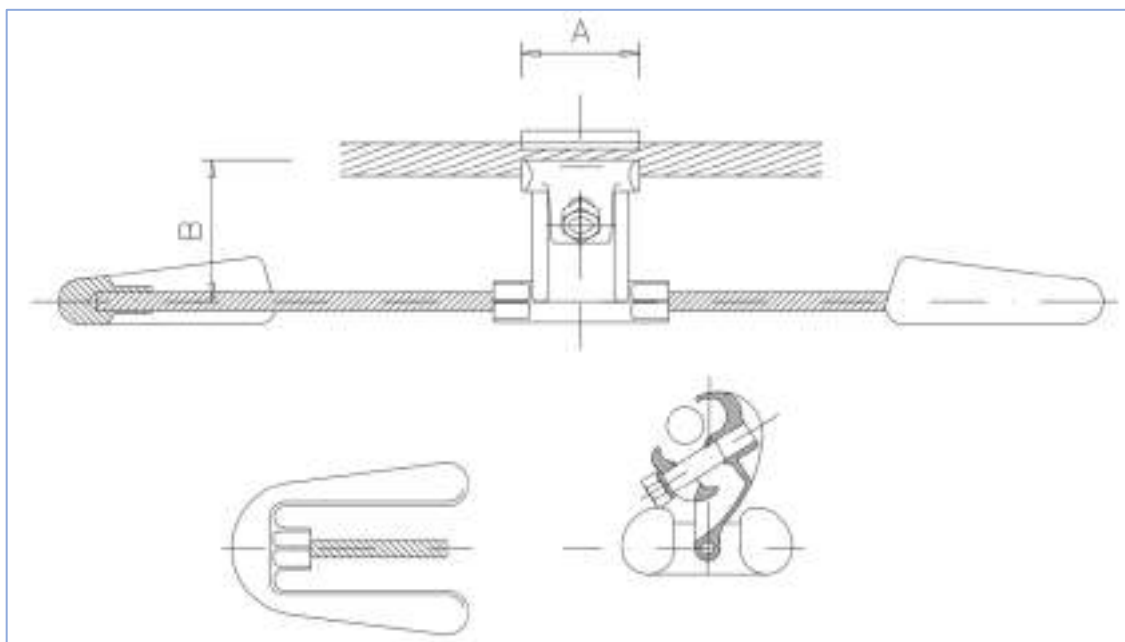


Ilustración 7. Croquizado amortiguador base.

TIPO DE CONDUCTOR	REFERENCIA	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)		A (mm)	B (mm)	TORNILLO		PESO (kg)		
								CONTRAPESOS		AMORTIGUADOR
		Mín	Máx			TAMAÑO	PAR DE APRIETE	A	B	
LA-280	AMG-091526	18,5	26	58	74	M-12	3-3,5	0,9	1,5	3,0
OPGW 48F	AMG-050920	13	20	55	63	M-10	3-3,5	0,5	0,9	1,8

Tabla 14. Dimensiones y características para croquizado ilustración 6.

1.5.2.7. Dispositivos salvapájaros

Según el **Real Decreto-Ley 1432/2008 del 29 de agosto, artículo 7**, en el que se fijan las medidas de protección de las aves contra colisiones y electrocuciones por líneas eléctricas de AT, queda establecido que:

- “Los nuevos tendidos eléctricos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma.”*
- “Los salvapájaros o señalizadores visuales se han de colocar en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos y estarán*

dispuestos cada 10 metros (si el cable de tierra es único) o alternadamente, cada 20 metros (si son dos cables de tierra paralelos o, en su caso, en los conductores). La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto visual equivalente a una señal cada 10 metros, para lo cual se dispondrán de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor. En aquellos tramos más peligrosos debido a la presencia de niebla o por visibilidad limitada, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias."

Para la instalación de este proyecto se ha estimado la utilización de balizas salvapájaros de dos tipos: BAGTR y BESP descritas brevemente a continuación. Sin embargo, el tipo de dispositivos, cantidad y disposición de los mismos quedará confirmado en el Estudio de Impacto Ambiental.

BALIZA BAGTR: zonas en presencia de aves crepusculares o identificadas con riesgo alto de colisión.

- De instalación manual o semiautomáticas con máquina en el cable de fibra.
- Se colocan cada 5 metros si hay solo un cable de fibra y cada 10 m de forma alternada si hay dos cables de fibra óptica, como es en este caso.

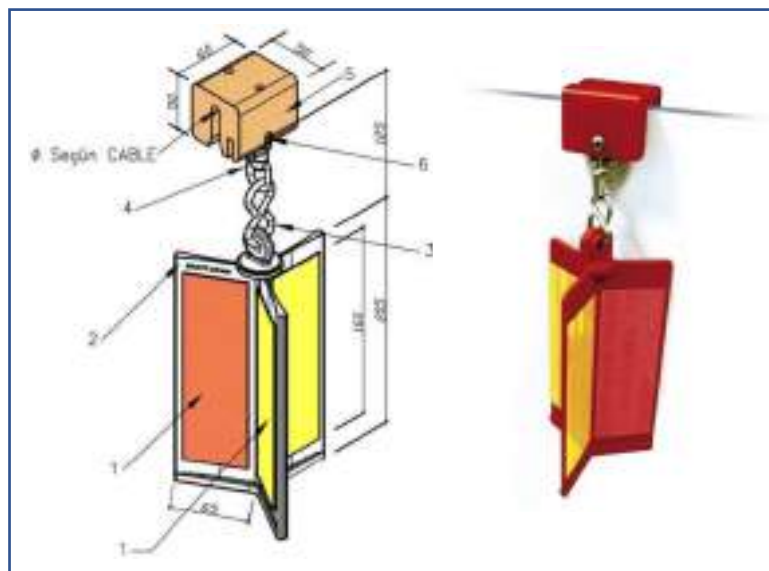


Ilustración 8. Baliza BAGTR.

BALIZA BESP: para el resto de zonas en las que sea necesario.

- Es un modelo helicoidal, amarillo o naranja en la mayoría de las ocasiones.
- Se instala de forma manual.
- Se colocan cada 5 metros si hay solo un cable de fibra y cada 10 m de forma alternada si hay dos cables de fibra óptica, como es en este caso.

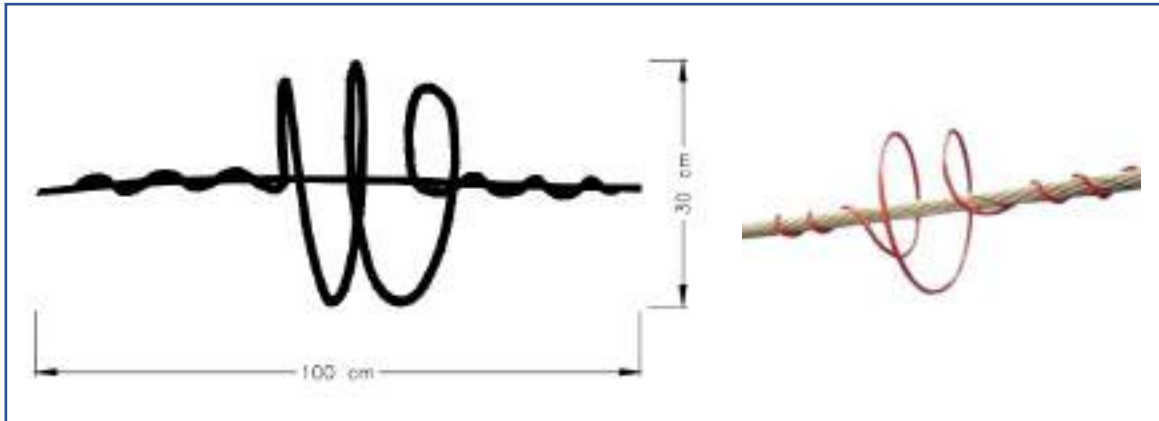


Ilustración 9. Baliza BESP.

1.5.2.8. Apoyos y cimentaciones

La construcción de la línea aérea se ha proyectado utilizando apoyos ya normalizados del fabricante *Imedexa*. Esta empresa es la proveedora de las estructuras metálicas de celosía que conforman los apoyos seleccionados.

Según como se configura la unión del conductor al apoyo, se encuentran apoyos de los siguientes tipos:

- **Apoyo de suspensión:** suelen ser apoyos de alineación en la línea, son tramos rectos en los que trayectorias de los conductores no varían apenas de ángulo. Las cadenas de aisladores son verticales y el conductor queda sostenido por ellas.
- **Apoyo de amarre:** los conductores se cortan al llegar a los apoyos de este tipo y se disponen en horizontal al llegar y salir del mismo. Ambas partes del conductor se unen por lo que se denomina “puente flojo” para mantener la continuidad de la fase.
- **Apoyo de anclaje:** son apoyos de amarre que proporcionan un punto de fijación para la línea. Por eso, conllevan criterios de diseño más restrictivos desde el punto de vista del cálculo.

- **Apoyo fin de línea:** son aquellos que cierran el trazado aéreo de la línea. Soportan los esfuerzos del conductor solo por un sentido y sus cadenas de aisladores serán siempre de tipo amarre.

Tras modelar los tramos aéreos con ayuda del software *PLS CADD* y el equipo de ingenieros de proyectos de Osprel, se ha determinado que los apoyos seleccionados para la línea sean los de las **series CONDOR, ICARO y GRAN CONDOR.**

Todos ellos están contruidos con perfiles totalmente atornillados y angulares, con el cuerpo formado a tramos con forma de troco piramidal de sección cuadrada, con extensiones de 5 m de altura hasta conseguir a altura útil deseada. Todos ellos contarán con doble cúpula que permita la instalación de dos cables de fibra óptica por encima de los conductores, como se ha comentado anteriormente.

“Puesto que este tipo de apoyos se han diseñado específicamente para líneas de 132 kV y 220 kV, las alturas de las cabezas y longitudes de crucetas cumplen las distancias entre conductores y distancia conductor-apoyo más usuales en este tipo de líneas.” (Catálogo IMDEXA, 2012)

Las características y dimensiones estimadas para las cimentaciones de cada tipo se pueden encontrar en el Documento N°2 del presente proyecto (Cálculos Eléctricos). Las geometrías básicas de cada tipo de apoyo se pueden consultar en el Documento N° 5 (Planos).

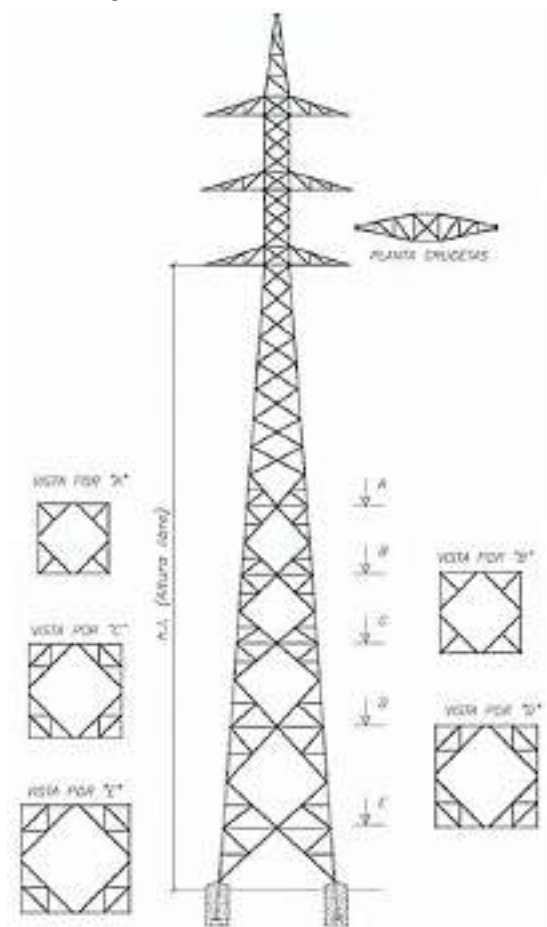


Ilustración 10. Apoyo CONDOR estándar.

Cada apoyo deberá ir marcado con el número de orden que proceda, el fabricante y denominación según el fabricante, año de fabricación y función. También cuentan además con una placa de señalización de “riesgo eléctrico” que se coloca a una altura visible y legible desde el suelo.

1.5.2.9. Puesta a tierra

Todos los apoyos de material conductor como es el caso de los que se emplean en este proyecto, metálicos, deben llevar una conexión a tierra específica diseñada en función del efecto que tengan los cables de tierra a lo largo de la línea.

La ITC-LAT 07 establece una clasificación para los apoyos según su ubicación y esto sirve como criterio para identificar en qué apoyos se deben garantizar los valores admisibles de tensiones de contacto. En el apartado 7.3.4.2 de esta normativa se definen:

- **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 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.”* (ITC-LAT 07, 2019). Todos los apoyos que estén situados en suelos urbanos o urbanizables, los que se sitúan a menos de 25 m de aparcamientos, aceras o áreas de recreo, se consideran frecuentados y es necesario garantizar que cumplen las tensiones de paso y de contacto.
- **Apoyos No frecuentados:** *“son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.”* (ITC-LAT 07, 2019). Para este tipo de apoyos si se garantiza la posibilidad de desconexión inmediata de la línea en caso de fallo a tierra, no tienen que cumplir las tensiones admisibles necesariamente.

Todos los apoyos de la línea eléctrica de este proyecto cumplen la condición de “apoyos no frecuentados”, excepto los apoyos de cambio aéreo-subterráneo (PAS), que siempre son considerados como frecuentados.

Por lo tanto, los apoyos que son no frecuentados tendrán una puesta a tierra en cada pata mediante grapa de conexión, con un conductor de cobre y pica de puesta a tierra. Los frecuentados y los de tipo PAS, tendrán una puesta a tierra

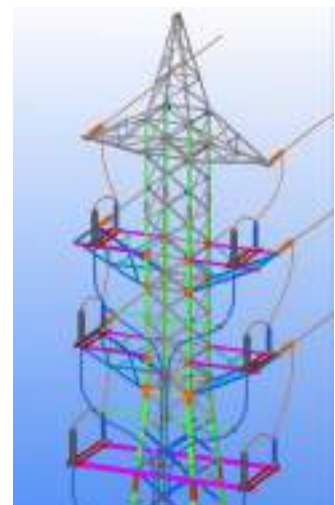


Ilustración 11. Apoyo tipo PAS.

con anillo cerrado de acero. Todos los apoyos del proyecto tienen cimentaciones de tetrabloque.

1.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

Longitud total tramos subterráneos (m)	3.273,09
Provincias afectadas	Guadalajara y Madrid
Disposición de los cables	Doble circuito, cada uno a tresbolillo.
Conductor para ambos circuitos	Al: sección 1600 mm ²
Tipo de instalación	Canalización tubular hormigonada
Profundidad de zanja en terreno de cultivo (m)	1,8
Profundidad de zanja en camino de tierra (m)	1,45
Nº Cables fibra óptica	2
Tipo de cable de fibra óptica	PKP 48
Conexión de puesta a tierra	Tramo 2: Cross Bonding. Tramo 4: Single Point.

Tabla 15. Características generales de los tramos subterráneos.

Características CIRCUITO 1	Nº Conductores por fase	1
	Tipo de conductor subterráneo	RHZ1+2OL 127/220(245) kV 1x1600 MAI + H250
	Potencia máxima de diseño (MVA)	254
	Potencia máxima de transporte (MW)	441

Tabla 16. Características de los tramos subterráneos del CIRCUITO 1.

Características CIRCUITO 2	Nº Conductores por fase	1
	Tipo de conductor subterráneo	RHZ1+2OL 127/220(245) kV 1x1600 MAI + H250
	Potencia máxima de diseño (MVA)	254
	Potencia máxima de transporte (MW)	441

Tabla 17. Características de los tramos subterráneos del CIRCUITO 2.

1.5.3.1. Conductores subterráneos

El conductor propuesto para los tramos subterráneos es un cable de 127/220 kV de sección 1600 mm² de aluminio. Se trata de un conductor con aislamiento XLPE, pantalla metálica de alambres y láminas de cobre con sección 251,9 mm², cinta

semiconductora de bloqueo de agua y cubierta de polietileno ST7 en el exterior con capa de recubrimiento extruido semiconductora.

Al conductor seleccionado se le otorga la denominación **RHZ1+2OL 127/220 kV 1600 KAI + H250** y presenta las siguientes características:

RHZ1+2OL 127/220 kV 1600 KAI + H250		
Tensión nominal del cable	(kV)	220
Tensión más elevada del cable	(kV)	245
Tensión soportada a impulsos tipo rayo	(kV)	1050
Temperatura máx. conductor (servicio normal)	(°C)	90
Temperatura máx. conductor (en cortocircuito)	(°C)	250
Diámetro del conductor	(mm)	49,5
Sección del conductor	(mm²)	1600 AI
Resistencia eléctrica del conductor en cc a 20°C	(Ω/km)	0,0186
Aislamiento	-	XLPE
Pantalla	-	Alambres y láminas de cobre
Sección de la pantalla	(mm²)	251,9
Cubierta exterior	-	Polietileno de alta densidad
Diámetro cable completo	(mm)	114,64
Peso	(kg/m)	13,74
Resistencia eléctrica de la pantalla en cc a 20°C	(Ω/km)	0,0718
Inductancia eléctrica	(Ω/km)	0,17653
Capacidad	(μF/km)	0,2397
Esfuerzo máximo de tiro	(daN)	4.800

Tabla 18. Características conductor subterráneo obtenidas del programa INFIPRO y sus catálogos.

1.5.3.2. Perforaciones dirigidas

Cuando existen cruzamientos con ríos, carreteras, vías de tren o ferrocarril, etc. que impiden la apertura zanja, se emplearán sistemas de perforación dirigida para disponer la instalación. La perforación dirigida consiste en un topo de excavación que a través de un disparo crea la canalización en forma parabólica bajo el cruzamiento en cuestión. Se trata de un método rápido, limpio y ecológico que sustituye a las zanjas convencionales cuando son inviables por las características topográficas. Conlleva un coste más elevado que las canalizaciones en zanja por lo que generalmente, se emplea solo en los tramos en los que sea estrictamente necesario.

La perforación se puede llevar a cabo en tubos independientes para cada conductor o bien en una sola vaina de polietileno de alta densidad que agrupe varios conductores.

Se debe llevar a cabo un trabajo previo de campo, en el que se estudie la topografía de manera detallada y se investiguen las características del terreno a perforar minuciosamente, con sondeos de recuperación geológica de testigo continuo. Una vez que se ha recogido toda esta información, se procede a elegir la maquinaria y los útiles más adecuados para cada obra.

Aunque la ingeniería de detalle se desarrollaría en una fase posterior a la de este POE, cuando el proyecto pase a ser constructivo, a continuación, se dan nociones básicas sobre los pasos que sigue un proceso de perforación subterránea horizontal después del análisis de campo.

1. Construcción de un pozo de trabajo cuyas dimensiones dependerán del espacio de trabajo, el diámetro del tubo de revestimiento y de las dimensiones y potencia de la máquina perforadora a emplear, entre otros. Las paredes de este pozo se deberán hormigonar o ataluzar si fuera necesario por la profundidad de este o por las condiciones del terreno.
2. Realización de una soleta para que la máquina quede bien asentada en el suelo evitar errores causados por el posible movimiento de la perforadora una vez puesta en funcionamiento. Con ello se pretenden controlar entre otros fenómenos, las vibraciones no deseadas.
3. Comprobaciones en relación con los ejes, cotas y perpendicularidad, sobre todo, de la pared donde se perfora.
4. Bajada del primer tubo de acero cuya longitud típica es de 6 m y que posee la broca de corte en el interior y las herramientas de extracción al mismo tiempo. Habitualmente estas máquinas están dotadas de un motor-reductor de tipo hidráulico que hace girar la broca y los sinfines de extracción de forma independiente a través de dos mecanismos de empuje, permitiendo que sea la naturaleza del terreno la que determine como se va posicionando la broca dentro de la vaina.
5. Una vez introducido el primer tubo, el mecanismo de empuje en su totalidad se retira hacia atrás y se procede a bajar, alinear y soldar el segundo tubo. Se repite este proceso hasta alcanzar la longitud deseada para la perforación al haber soldado todos los tubos necesarios consecutivamente. Después se retiran los sinfines del interior de la vaina

para introducir la conducción diseñada en el proyecto. Esta debe tener un diámetro total de unos centímetros menos que el tubo para facilitar su instalación.

6. A la salida, se abre un pozo de recepción, similar al inicial de apertura, por donde se extrae el escudo dirigible que tiene una longitud típica de 3 metros.
7. Se introducen los conductores eléctricos en sus respectivas vainas según se hay elegido disponerlos todos en una o una por conductor. En la misma conducción principal se han de disponer un tubo de telecomunicaciones, así como otros dos tubos de reserva para fibra óptica y/o circuito eléctrico.



Ilustración 12. Esquema perforación dirigida.

Para este proyecto se han establecido como necesarios 7 tramos de perforaciones dirigidas. Las longitudes y los tramos de la línea en los que se encuentran se encuentran descritas en el apartado 1.4.2.2. de esta memoria, y sus trazas y ubicaciones esperadas quedan descritas en el Documento N°5 (Planos) del proyecto.

Todas las perforaciones serán estudiadas en detalle y para la casuística de cada una de ellas en una fase posterior a la que corresponde este proyecto administrativo. En esa misma fase se diseñará y escogerá la configuración de cada una de ellas de forma exacta.

1.5.3.3. Características de la zanja

La mayor parte de la longitud subterránea de la línea objeto de este proyecto se construye en canalización en zanja bajo tubo hormigonado (típicamente 250 mm de diámetro). La canalización de la propia línea se dispondrá con configuración de trébol y el hormigón tipo es *HM-20/B/20*, de consistencia blanda.

Cuando los cables se dispongan bajo camino de tierra, se entierran de tal forma que la parte superior del tubo quede a una distancia de 0,822 metros y el tubo inferior se encuentre a 1,45 metros de profundidad. En camino de cultivo, deben quedar a 1,172 metros el tubo superior de la superficie y a 1,80 metros de profundidad el inferior.

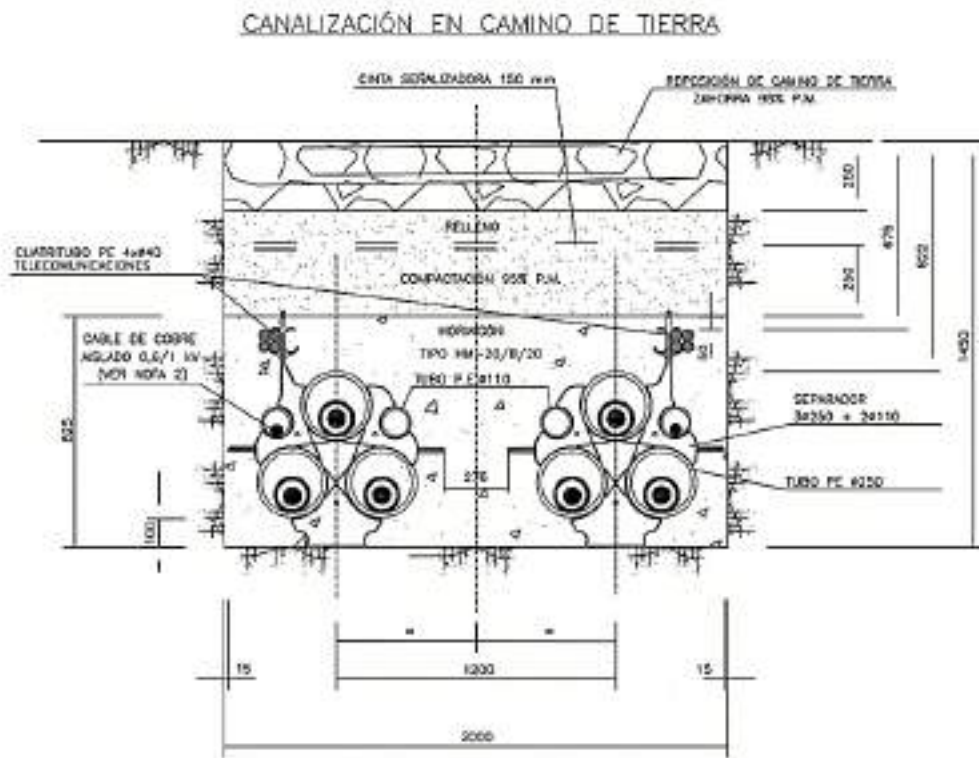


Ilustración 13. Sección canalización tipo en camino de tierra.

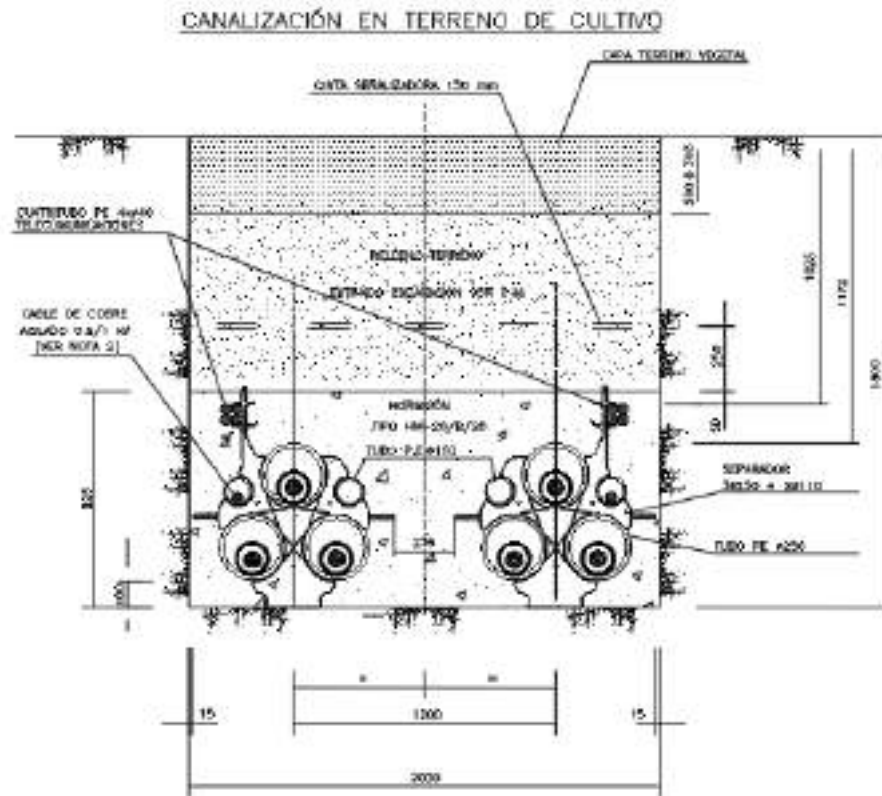


Ilustración 14. Sección canalización tipo en camino de cultivo.

1.5.3.4. Conexiones para puesta a tierra

Los sistemas de conexión a tierra son necesarios en este tipo de instalaciones principalmente para controlar las tensiones inducidas que se producen en las pantallas de los conductores. La longitud de los tramos subterráneos es la primera variable que se utiliza para dimensionar la puesta a tierra de cada uno de ellos y después comprobar que los conductores cumplen bajo las condiciones de funcionamiento, en términos de temperaturas y tensiones inducidas máximas. El objetivo de conectar la instalación a tierra es salvaguardar la seguridad de los individuos por tensiones de contacto y controlarlas en situaciones en las que la línea pudiera estar funcionando en condiciones anormales.

Para el caso protagonista de este proyecto, se ha optado por dos esquemas de conexión a tierra distintos para cada tramo puesto que el primero de ellos tiene una longitud mucho mayor que el segundo.

Las conexiones quedarían de la siguiente manera:

- **TRAMO 2: Sistema de Cross Bonding**

Este tipo de conexión consiste en dividir las pantallas del cable en secciones que denominamos menores y después cruzar progresivamente y de manera consecutiva la conexión de estas pantallas de tal forma que se neutralice todo el voltaje inducido en 3 secciones. Se interrumpen las pantallas de cada uno de los conductores en los puntos donde se transponen también para poder ejecutar este sistema de puesta a tierra.

Se forma una sección mayor a partir de las tres mencionadas secciones menores juntas. El tramo de la línea se tratará de dividir en longitudes iguales para que el sistema quede lo más equilibrado posible. En total deberá quedar un número de subtramos múltiplo de tres para neutralizar las 3 fases, con las pantallas conectadas a tierra en los extremos de la línea o en los extremos de cada sección de las mayores. Con ello se consigue que la tensión que se induce se produzca entre la pantalla en cuestión y tierra, pero desaparecen las corrientes inducidas.

Cada pantalla de las conectadas en serie está asociada a una de las fases y al estar dispuestos los cables con configuración de tresbolillo, las intensidades de cada una de ellas tienen el mismo valor, pero con desfase progresivo de 120° . Por eso, la corriente resultante que provoca las tensiones inducidas se anula al emplear este tipo de conexión a tierra.

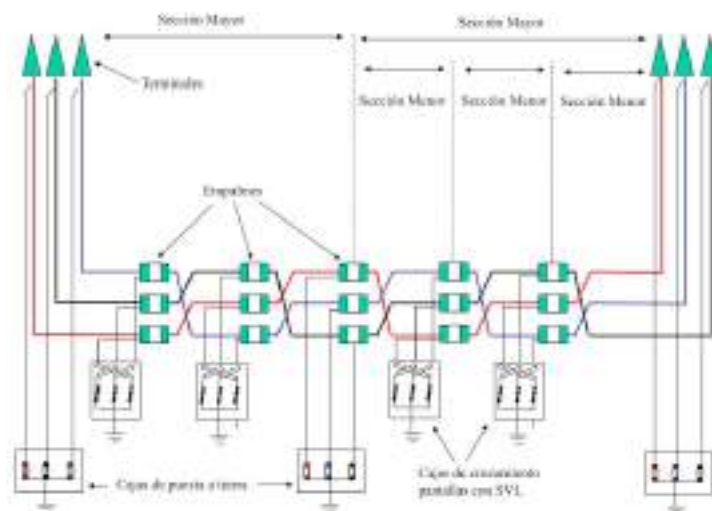


Ilustración 15. Esquema de puesta a tierra CROSS BONDING.

- **TRAMO 4: Sistema de Single Point**

Este otro tipo de conexión a tierra corresponde con la configuración más sencilla de los sistemas habituales. Es óptimo para los tramos de poca longitud. *“En este sistema de conexión, conexión single point, las pantallas están conectadas a tierra en un extremo y en el otro están aisladas de ella mediante limitadores de tensión o SVLs. En estos casos es necesario instalar un cable de unión de tierras para las corrientes de defecto o de falta que normalmente retornarían a través de las pantallas”.* (Reporte resultados de INFIPRO).

En el punto donde se conecte a tierra la tensión inducida será cero entre la pantalla y la propia tierra y se irá viendo incrementada proporcionalmente según nos alejemos de este punto, según la intensidad que recorra los conductores y dependiendo de lo separadas que se encuentren dispuestas las fases. La tensión inducida será siempre máxima en el punto del tramo más alejado a la toma de tierra.

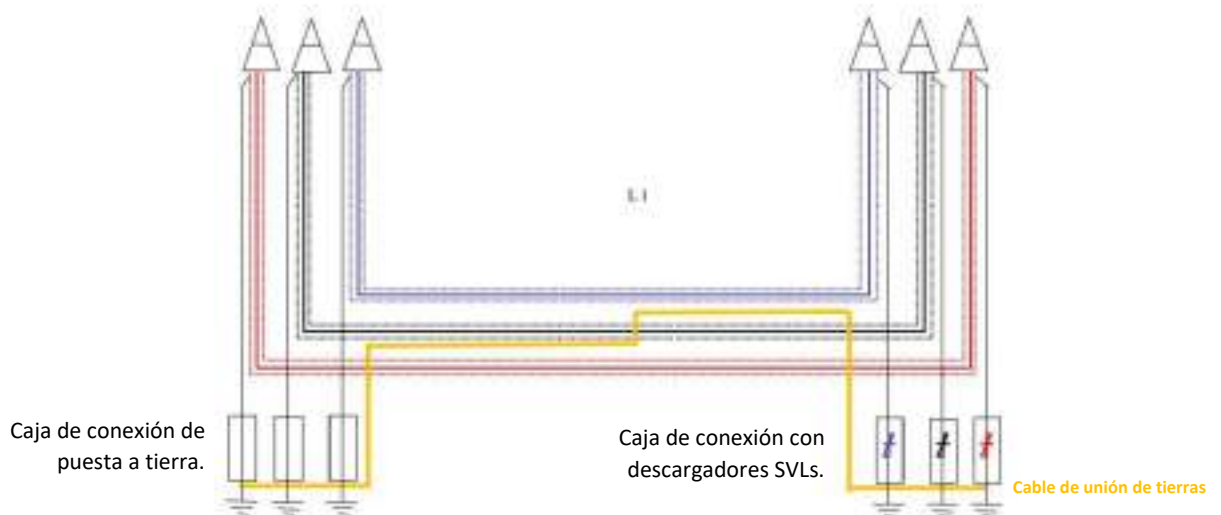


Ilustración 16. Esquema de puesta a tierra SINGLE POINT.

1.5.3.5. Cables de puesta a tierra

Existen varias opciones para los cables que se utilizan para las puestas a tierra: cables unipolares, concéntricos y de unión tierras.

A continuación, se describen brevemente:

- **Cables unipolares:** son conductores de cobre con asilamiento XLPE y una cubierta de poliolefina. La sección de estos cables no puede ser nunca menor que la de la pantalla a la que se van a conectar, siempre igual o mayor. En todo lo que aplique, estos cables cumplen la norma UNE-HD-603.
- **Cables concéntricos:** son conductores de cobre con aislamiento XLPE y un conductor de hilos de cobre con sección idéntica al principal, más la cubierta exterior. Siempre tendrán una sección total igual o mayor que la pantalla de conexión. Cumplen la misma norma UNE-HD-603.
- **Conductor de unión de tierras:** es el empleado en las puestas a tierra "Single-Pont" que acompaña al resto de la instalación para proporcionar una vía de baja impedancia para las intensidades homopolares que se puedan dar por la línea si se producen corrientes de cortocircuito. Son también conductores de cobre con aislamiento XLPE con secciones mínimas iguales a las pantallas a las que se conectan.

1.5.3.6. Cajas de conexión de puesta a tierra

Las cajas de conexión de la puesta a tierra serán de tipo unipolar y tripolar, todas de tipo intemperie y enterradas, y alojarán los descargadores de sobretensiones.

Las tapas son típicamente de acero inoxidable y deben garantizar un nivel de protección mínimo IP 68 para las enterradas e IP 58 en las de intemperie.

1.5.3.8. Empalme de conductores

Puesto que las bobinas de cable no son infinitas, cada cierta longitud dentro del tramo es necesario colocar cámaras de empalme que permitan unir más conductor. El número de ellas y su disposición en la línea dependen del tipo de puesta a tierra y aunque en este proyecto se darán ciertas indicaciones, el diseño en detalle correspondería con una fase de estudio posterior.

Los empalmes tienen que contar con las características eléctricas y térmicas óptimas, soportar contracciones y dilataciones, ciclos de calentamiento en los que varía considerablemente la temperatura. Por eso, suelen emplearse materiales de goma y/o silicona.

Por otro lado, siempre se instalan dispositivos que controlen y eviten la propagación de agua por zonas de la cámara donde exista material conductor. Además, se garantiza la protección mecánica de las cámaras de empalme con un recubrimiento protegido contra la corrosión o cualquier otro daño externo.

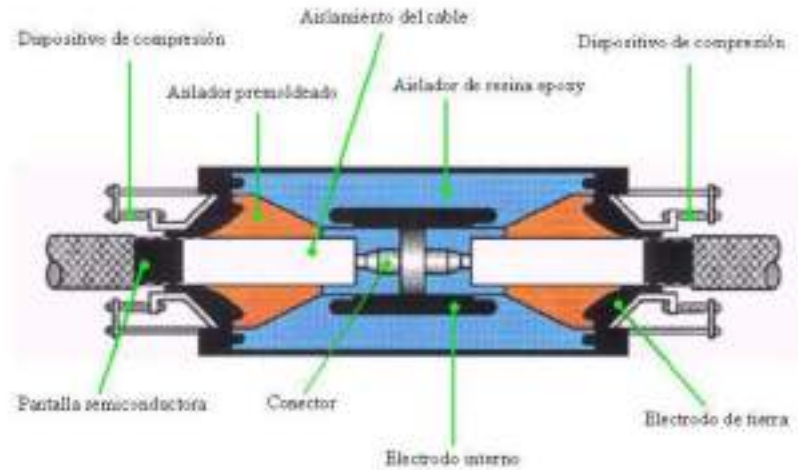


Ilustración 17. Croquizado del empalme de conductores.

1.5.3.9. Pararrayos

Es altamente recomendable proteger también las instalaciones de este tipo de las sobretensiones por causas externas como son las descargas atmosféricas. Es por esta razón por la que se colocan pararrayos o dispositivos de tipo autoválvula en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

La conexión de estos pararrayos a tierra será independiente de la del apoyo en el que se encuentren ubicados, por seguridad. Normalmente son materiales semiconductores de óxidos metálicos con envoltura de polímeros de silicona.

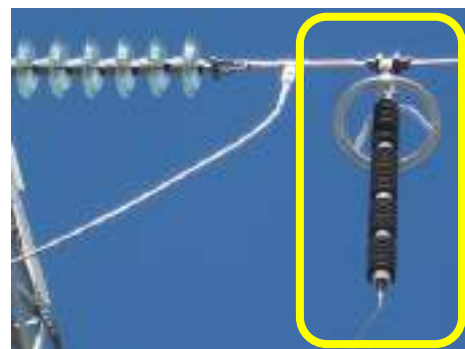


Ilustración 18. Ejemplo pararrayos.

1.6. CRUZAMIENTOS

1.6.1. NORMATIVA APLICABLE A CRUZAMIENTOS EN AÉREO

La normativa que se aplica a los cruzamientos de las líneas aéreas viene especificada en el apartado quinto de la ITC-LAT 07 del vigente Reglamento Técnico y de Seguridad del Real Decreto Ley 223/2008, de febrero.

Primero, se determina a continuación las distancias reglamentarias que se utilizan para establecer los mínimos para cada tipo de cruzamiento, según la tensión más alta de la red, que en este caso es de 245 kV. Estas distancias reglamentarias que se fijan en primer lugar, son según la ITC:

- D_{el} : “Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.” (ITC-LAT 07, 2019). Para líneas de 220 kV es de **1,7 m**.
- D_{pp} : “Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante obretensiones de frente lento o rápido. Dpp es una distancia interna.” (ITC-LAT 07, 2019). Para líneas de 220 kV es de **2 m**.
- D_{add} : “Distancia de aislamiento adicional”. (ITC-LAT 07, 2019). Para líneas de 220 kV es de **3,5 m**.

A continuación, se detallan otras distancias reglamentarias más concretas. Todos los criterios se basan en lo establecido en la **ITC LAT 07**.

CASO	Distancia por reglamento	Mínimo permitido genérico	Para 220 kV
Distancia entre conductores y partes puestas a tierra			
Distancia conductores y sus accesorios en tensión	$> D_{el}$	0,2m	1,7 m
Distancia de conductores al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables	$D_{add} + D_{el} = 5, 3 + D_{el} [m]$	6 m	7 m
Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación			
Distancia entre los conductores de la línea inferior a las partes más próximas de los apoyos de la superior	En cruzamientos con otras líneas aéreas, se sitúa a mayor altura la de mayor tensión: $D_{add} + D_{el} = 1, 5 + D_{el} [m]$	5 m	5 m

CASO	Distancia por reglamento	Mínimo permitido genérico	Para 220 kV
Distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables	$D_{add} + D_{pp} [m]$	-	5,5 m
Distancia vertical entre los conductores de fase de la línea superior y los cables de tierra/fibra óptica de la línea inferior en caso de que existan	$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$	2 m	3,2 m
Distancias a carreteras, ferrocarriles, tranvías y trolebuses			
Distancia mínima de los conductores a la rasante de carretera o a carril de ferrocarril sin electrificar	$D_{add} + Del [m]$	7 m	9,2 m
Distancia mínima de los conductores en máxima flecha ferrocarril electrificado y líneas telefónicas	$D_{add} + Del = 3,5 + Del [m]$	4 m	5,2 m
Distancias a ríos y canales, navegables o flotables			
Distancia mínima vertical de los conductores en máxima flecha a la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar	$G + D_{add} + Del = G + 3,5 + Del [m]$ $G = \text{gálibo}$ Si no aparece G definido se toma 4,7 m.	-	G + 5,2 m
Altura mínima de los conductores en su condición de flecha máxima sobre el nivel máximo que puede tomar un embalse o río navegable	$H = G + 2,3 + 0,01 \cdot U_N [m]$	15 m	-
Altura mínima de los conductores en su condición de flecha máxima sobre el nivel máximo que puede tomar un cauce de agua	$H = G + 2,3 + 0,01 \cdot U_N [m]$	9,2 m	-
Paso por bosques, árboles y masas de arbolado			
Distancia de seguridad a ambos lados entre la servidumbre de vuelo proyectada de la línea y la zona arbolada	$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$	2 m	3,2 m
Edificios, construcciones y zonas urbanas			
Distancia entre los conductores de la línea y los puntos accesibles a las personas en edificios y construcciones	$5,5 + Del [m]$	6 m	7,2 m
Distancia entre los conductores de la línea y los puntos no accesibles a las personas en edificios y construcciones	$3,3 + Del [m]$	4 m	5 m

Tabla 19. Distancias reglamentarias para líneas aéreas. (Fuente: ITC-LAT 07)

En el apartado 3.2. del Documento N°3 del presente proyecto (CÁLCULOS MECÁNICOS) se amplía el detalle sobre las distancias de seguridad reglamentarias para dimensionar los elementos de la línea.

1.6.2. NORMATIVA APLICABLE A CRUZAMIENTOS EN SOTERRADO

A continuación, se detallan las distancias reglamentarias principales que son de obligatorio cumplimiento por reglamento. Todos los criterios se basan en lo establecido en la **ITC LAT 06**.

Cruzamiento	Mínimo permitido	Recomendaciones adicionales
Calles y carreteras		
Profundidad mínima hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie (canalizaciones entubadas)	0,6 m	Siempre que sea posible, el cruce debe hacerse de forma perpendicular a la vía
Ferrocarriles		
Profundidad mínima hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie (canalizaciones entubadas)	1,1 m	Siempre que sea posible, perpendiculares a la vía.
Distancia que debe rebasar la canalización entubada por ambos extremos de la vía férrea	1,5 m	-
Otros cables de energía eléctrica		
** Distancia entre los cables de alta tensión y cualquier otro cable de energía eléctrica	0,25 m	Siempre que sea posible, los cables de alta tensión deben discurrir por debajo de los cables de alta tensión.
** Distancia del punto de cruce a los empalmes	1 m	-
** "Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm." (ITC-LAT 06, 2008).		
Cables de telecomunicación		
Distancia entre cables de energía eléctrica y de telecomunicación	0,2 m	-
Distancia del punto de cruce a los empalmes a los empalmes de energía y telecomunicación	1 m	-
"Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm."		
Canalizaciones de agua		
Distancia vertical entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua	0,2 m	Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de canalización de agua o de los empalmes de la línea
Distancia de la juntas de canalización de agua o de los empalmes de la línea al cruce	1 m	-
"Cuando no puedan mantenerse estas distancias, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm." (ITC-LAT 06, 2008).		
Conducciones de alcantarillado		
"Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm." (ITC-LAT 06, 2008).		
Depósitos de carburante		
"Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que soporten un impacto de energía de 20 J si el		

Cruzamiento	Mínimo permitido	Recomendaciones adicionales	
diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.”(ITC-LAT 06, 2008).			
Canalizaciones de gas			
	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior*	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m

(Tabla extraída directamente de la ITC ALT 06)

* “Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.” (ITC-LAT 06, 2008).

Tabla 20. Distancias reglamentarias para líneas soterradas. (Fuente: ITC-LAT 06).

1.6.3. CRUZAMIENTOS DE LA LÍNEA Y ORGANISMOS AFECTADOS

En las siguientes tablas se especifican los cruzamientos de la línea proyectada a partir de la información aportada por el equipo de topografía subcontratado por Osprel S.L. y después de contrastarlo con información catastral.

No se encuentran paralelismos para esta línea.

- **Cruzamientos aéreos:**

Numeración	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Cruzamientos	Organismos Afectados
C-1	3	4	Barranco de Malpagá	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-2	7	8	Arroyo sin nombre	Confederación Hidrográfica del Tajo
C-3	9	10	Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad
C-4	12	13 PAS	Carretera CM - 2001 de Fuentenovilla a Yebra, Km 0.746	Dirección General de Carreteras de la Consejería de Fomento de Castilla - La Mancha
C-5			Línea Telefónica	Telefónica S.A.
C-6	16 PAS	17	Carretera M - 219 de M - 300 a límite provincia de Guadalajara, Km 23.922	Consejería de Transporte, Movilidad e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C-7			Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad

Tabla 21. Cruzamientos en aéreo de la línea.

- **Cruzamientos subterráneos:**

Numeración	Vértice inicial	Vértice final	Cruces	Organismos Afectados
C _{SUB} -1	1	2	Arroyo (sin nombre)	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -2	2	3	Arroyo de Torrejón	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -3			Carretera CM - 2028 Mondéjar - Pezuela de las Torres, Km 1.860	Dirección General de Carreteras de la Consejería de Fomento de Castilla - La Mancha
C _{SUB} -4	4	5	Río Tajuña	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -5	6	7	Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad
C _{SUB} -6			Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad
C _{SUB} -7			Tubería de abastecimiento de aguas	Ayuntamiento de Fuentenovilla
C _{SUB} -8	8	9	Arroyo (sin nombre)	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -9	10	11	Barranco de los Desesperados	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -10	11	12	Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad
C _{SUB} -11	12	13	Carretera M - 219 de M - 300 a límite provincia de Guadalajara, Km 26.302	Consejería de Transporte, Movilidad e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C _{SUB} -12	15	16	Barranco del Agua	Confederación Hidrográfica del Tajo
C _{SUB} -13	2	3	Carretera M - 219 de M - 300 a límite provincia de Guadalajara, Km 24.497	Consejería de Transporte, Movilidad e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C _{SUB} -14	3	4	Línea Eléctrica de M.T	UFD Distribución Electricidad

Tabla 22. Cruzamientos en subterráneo de la línea.

1.9. PRESUPUESTO

La estimación del total de gastos involucrados en el proyecto se encuentra detallada en el Documento N°4 de este proyecto. El valor total de ejecución del proyecto entre los costes de los tramos aéreos, los subterráneos y otros gastos relacionados asciende a la cantidad de **CUATRO MILLONES NOVECIENTOS VEINTISÉIS MIL CIENTO TREINTA Y CINCO EUROS CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS.**

1.10. CONCLUSIÓN

En esta memoria se han presentado las características de la línea eléctrica y justificado las razones objeto de la construcción de la misma. Por cuestiones de confidencialidad no se proporciona el nombre del cliente privado destinatario del proyecto, puesto que es un **Proyecto Oficial de Ejecución de carácter real**. El objetivo último de este proyecto sería adquirir la **Autorización Administrativa Previa, la Autorización Administrativa de Construcción y la Declaración de Utilidad Pública** para permitir el paso de la línea eléctrica a través de todo el terreno que se ha proyectado y que quedará afectado por las obras de construcción en un futuro más o menos próximo.

Documento N°2

CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Documento N°2: CÁLCULOS ELÉCTRICOS

En este documento se recogen los cálculos eléctricos tanto aéreos como subterráneos de la línea eléctrica de alta tensión objeto de este proyecto: “L/220 kV ST Ojeadores – ST Armada”.

Las **características generales de la línea**, sus tramos, conductores aéreos y subterráneos y las características de los cables de fibra óptica se encuentran detalladas en los apartados 1.4 y 1.5 del **Documento N°1 del presente proyecto (MEMORIA)**. Esta es la razón por la cual no se repite en este documento la mención a dicha información sobre las características, si no que se profundiza estrictamente en los cálculos eléctricos que por reglamento se requieren en un POE de línea de AT.

2.1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA AÉREA

2.1.1. CÁLCULO DE LA MATRIZ DE IMPEDANCIAS

El objetivo del cálculo de esta matriz es definir la impedancia de la línea en ohmios por metro. Cada elemento de la matriz vendrá definido por las siguientes ecuaciones:

$$Zs'_{ii} = Rs'_i + Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{RMG_i} \quad [\Omega/m]$$

$$Zs'_{ij} = Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{D_{ij}} \quad [\Omega/m]$$

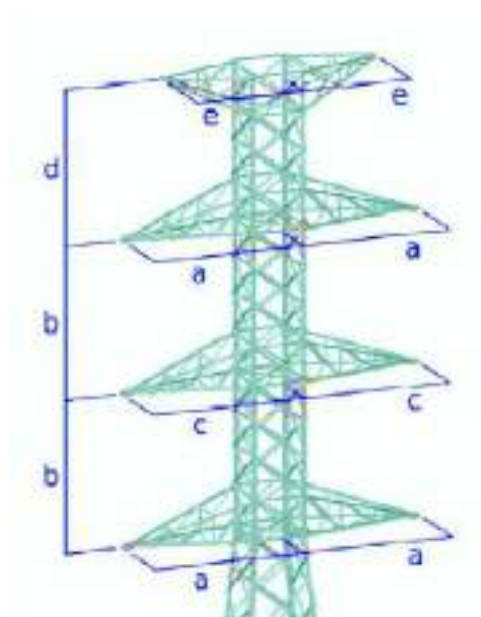
Donde:

μ_0	= permeabilidad magnética en el vacío = $4 \pi \cdot 10^{-7}$	[H/m]
ω	= pulsación del sistema = $2 \pi f$	
Rs'_i	= resistencia serie del conductor “i” por unidad de longitud	[Ω/m]
Rg'	= resistencia serie del terreno por unidad de longitud	[Ω/m]
RMG_i	= $r_i \cdot e^{\frac{-1}{4}}$ = radio medio del conductor “i” (geométrico)	[m]
D_{ij}	= distancia entre el conducto “i” y el conductor “j”	[m]
De	= $658,368 \cdot \sqrt{\frac{\rho_g}{f}}$ = distancia equivalente del terreno	[m]

Los cálculos de los tramos de tendido aéreo se llevan a cabo empleando un apoyo tipo, que será el más repetido a lo largo de la instalación aérea. Este se toma como referencia para determinar las distancias medias entre los conductores en el

apoyo a lo largo de la línea. En este caso el apoyo más común en la línea es el **CO-N3666-21-SUS de Imedexa**, cuya altura útil más repetida es **21 m**. La lista de apoyos y cimentaciones se encuentra detallada en el apartado 1.5.2.8. del Documento N°1 del presente proyecto (*MEMORIA*).

A continuación, se presenta un esquema de las medidas del armado del apoyo mencionado, que son las empleadas para simular las distancias y el funcionamiento de los tramos aéreos a través de la herramienta Matlab y el posterior análisis con Excel.



Cóndor N3666	
a	4,3 m
b	5,5 m
c	4,3 m
d	4,4 m
e	3 m

Ilustración 19. Armado apoyo tipo: CÓNDROR.

Tabla 23. Medidas armado tipo.

La siguiente matriz de distancias (D_{ij}) es la matriz que define las distancias entre los conductores, y se expresa de la forma: filas y columnas se refieren a los conductores, es decir, el número de filas y de columnas de la matriz será el número total de conductores (conductores por fase y conductores de tierra):

	Matriz de distancias			
	j	$j + 1$	...	n
i	$D_{i,j}$	$D_{i,j+1}$	...	$D_{i,n}$
$i + 1$	$D_{i+1,j}$	$D_{i+1,j+1}$	...	$D_{i+1,n}$
...	...	...	...	...
n	$D_{n,j}$	$D_{n,j+1}$	...	$D_{n,n}$

Donde:

$D_{i,j}$	= distancia entre los conductores "i" y "j"	[m]
n	= número total de conductores que lleve la línea	

A partir del armado seleccionado y la altura del apoyo, se calcula la siguiente matriz de distancias para los apoyos de los Tramos 1,3 y 5 aéreos:

Matriz de distancias (m)													
0,00	5,50	11,00	8,60	10,21	13,96	4,59	8,52	0,00	5,50	11,00	8,60	10,21	13,96
5,50	0,00	5,50	10,21	8,60	10,21	9,98	12,30	5,50	0,00	5,50	10,21	8,60	10,21
11,00	5,50	0,00	13,96	10,21	8,60	15,45	17,04	11,00	5,50	0,00	13,96	10,21	8,60
8,60	10,21	13,96	0,00	5,50	11,00	8,52	4,59	8,60	10,21	13,96	0,00	5,50	11,00
10,21	8,60	10,21	5,50	0,00	5,50	12,30	9,98	10,21	8,60	10,21	5,50	0,00	5,50
13,96	10,21	8,60	11,00	5,50	0,00	17,04	15,45	13,96	10,21	8,60	11,00	5,50	0,00
4,59	9,98	15,45	8,52	12,30	17,04	0,00	6,00	4,59	9,98	15,45	8,52	12,30	17,04
8,52	12,30	17,04	4,59	9,98	15,45	6,00	0,00	8,52	12,30	17,04	4,59	9,98	15,45
0,00	5,50	11,00	8,60	10,21	13,96	4,59	8,52	0,00	5,50	11,00	8,60	10,21	13,96
5,50	0,00	5,50	10,21	8,60	10,21	9,98	12,30	5,50	0,00	5,50	10,21	8,60	10,21
11,00	5,50	0,00	13,96	10,21	8,60	15,45	17,04	11,00	5,50	0,00	13,96	10,21	8,60
8,60	10,21	13,96	0,00	5,50	11,00	8,52	4,59	8,60	10,21	13,96	0,00	5,50	11,00
10,21	8,60	10,21	5,50	0,00	5,50	12,30	9,98	10,21	8,60	10,21	5,50	0,00	5,50
13,96	10,21	8,60	11,00	5,50	0,00	17,04	15,45	13,96	10,21	8,60	11,00	5,50	0,00

Tabla 24. Matriz de distancias entre conductores para el apoyo tipo seleccionado.

2.1.1.1. Cálculo de la resistencia en serie del terreno

La resistencia en serie del terreno se define con la siguiente expresión:

$$R_g = 9,867 \cdot 10^{-7} \cdot f \left[\frac{\Omega}{m} \right] \rightarrow R_g = 4,9335 \cdot 10^{-5} \left[\frac{\Omega}{m} \right]$$

2.1.1.2. Cálculo de la resistencia eléctrica del conductor

- **Resistencia eléctrica del conductor en CC:**

$$R'_{\theta_{cc}} = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)] \quad (\Omega/km)$$

Donde:

$R'_{\theta_{cc}}$	= resistencia del conductor en CC a la temperatura $\theta^{\circ}C$	$[\Omega/km]$
R'_{20}	= resistencia del conductor en CC a la temperatura de $20^{\circ}C$	$[\Omega/km]$
α_{20}	= coef. variación a $20^{\circ}C$ de la resistividad en función de la temperatura ($4,03 \cdot 10^{-3}$)	
θ	= $\theta_0 + (\theta_{max} - \theta_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{adm}} \right)^2$ = temperatura de servicio	$[^{\circ}C]$

θ_0	= temperatura de referencia (20°C)	[°C]
θ_{max}	= temperatura máxima admisible del conductor (85°C)	[°C]
I	= intensidad nominal de la instalación	[A]
I_{adm}	= intensidad máxima admisible del conductor	[A]

• **Resistencia eléctrica del conductor en CA:**

$$R'_\theta = R'_{\theta_{cc}} \cdot (1 + Y_p) \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

$$Y_p = \text{factor de efecto pelicular}$$

La resistencia en corriente alterna para los Tramos 1, 3 y 5 aéreos queda:

$$R'_\theta = 0,10615 \Omega/\text{km}$$

2.1.1.3. Matriz de impedancias final

Empleando como herramientas Matlab y Excel como se ha mencionado también anteriormente, y conociendo los valores de reactancias y resistencias se puede obtener la siguiente matriz de impedancias eléctricas en unidades de Ω/km para los tramos 1, 3 y 5 de la línea:

Matriz de impedancias de la línea													
0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,295i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i
0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i
0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i
0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,295i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i
0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i
0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i
0,049+ 0,334i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,295i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,741i	0,049+ 0,317i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,295i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,251i
0,049+ 0,295i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,317i	0,049+ 0,741i	0,049+ 0,295i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,258i
0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,295i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i
0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i
0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i
0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,295i	0,049+ 0,334i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,264i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,279i

Matriz de impedancias de la línea													
0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i	0,049+ 0,272i	0,049+ 0,285i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,322i
0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i	0,049+ 0,251i	0,049+ 0,258i	0,049+ 0,264i	0,049+ 0,284i	0,049+ 0,294i	0,049+ 0,279i	0,049+ 0,322i	0,155+ 0,72i

Tabla 25. Matriz de impedancias eléctricas de la línea aérea.

2.1.2. CÁLCULO DE LA MATRIZ DE ADMITANCIAS

De la misma forma que en el apartado anterior, se define una matriz de admitancias para la línea aérea en Ω/km . Cada uno de los elementos de la matriz contendría una parte real que correspondería con la inductancia en paralelo, y una parte imaginaria que correspondería con la susceptancia en paralelo.

Sin embargo, la conductancia es despreciable, por lo que la matriz mostrada contendrá solo elementos con parte imaginaria.

La susceptancia en las líneas aéreas se calcula por el método de la matriz de potenciales de Maxwell (P), en el que cada elemento potencial se define como:

$$P_{ii} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \ln \frac{2 \cdot H_i}{r_i}$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \ln \frac{D_{ij}'}{D_{ij}}$$

Donde:

ϵ_0	= permitividad eléctrica en el vacío = $8,85 \cdot 10^{-12}$	[F/m]
ω	= pulsación del sistema = $2 \pi f$	
r_i	= radio físico del conductor "i"	[m]
H_i	= altura a la que se encuentra el conductor "i" del terreno	[m]
D_{ij}	= distancia que separa los conductores "i" y "j".	[m]
D_{ij}'	= distancia que separa los conductores "i" y el espejo conductor "j".	[m]

Una vez calculada la matriz de potenciales de Maxwell, la matriz de admitancias se definirá como:

$$Y = j \omega C_p$$

$$C_p = \text{inversa de la Matriz de Maxwell (P)}$$

Para los tramos 1, 3 y 5 de la línea queda:

Matriz de admitancias de la línea													
2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,22i	-0,17i	-0,1i	-0,48i	-0,23i	2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,22i	-0,17i	-0,1i
-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,19i	-0,13i	-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,17i	-0,22i	-0,19i
-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,1i	-0,08i	-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,1i	-0,19i	-0,27i
-0,22i	-0,17i	-0,1i	2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,23i	-0,48i	-0,22i	-0,17i	-0,1i	2,51i	-0,41i	-0,17i
-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,13i	-0,19i	-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,41i	2,51i	-0,43i
-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,08i	-0,1i	-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,17i	-0,43i	2,44i
-0,48i	-0,19i	-0,1i	-0,23i	-0,13i	-0,08i	2,33i	-0,38i	-0,48i	-0,19i	-0,1i	-0,23i	-0,13i	-0,08i
-0,23i	-0,13i	-0,08i	-0,48i	-0,19i	-0,1i	-0,38i	2,33i	-0,23i	-0,13i	-0,08i	-0,48i	-0,19i	-0,1i
2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,22i	-0,17i	-0,1i	-0,48i	-0,23i	2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,22i	-0,17i	-0,1i
-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,19i	-0,13i	-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,17i	-0,22i	-0,19i
-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,1i	-0,08i	-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,1i	-0,19i	-0,27i
-0,22i	-0,17i	-0,1i	2,51i	-0,41i	-0,17i	-0,23i	-0,48i	-0,22i	-0,17i	-0,1i	2,51i	-0,41i	-0,17i
-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,41i	2,51i	-0,43i	-0,13i	-0,19i	-0,17i	-0,22i	-0,19i	-0,41i	2,51i	-0,43i
-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,17i	-0,43i	2,44i	-0,08i	-0,1i	-0,1i	-0,19i	-0,27i	-0,17i	-0,43i	2,44i

Tabla 26. Matriz de admitancias eléctricas de la línea aérea.

2.1.3. REDUCCIÓN AL ESQUEMA ELÉCTRICO EQUIVALENTE

El objetivo del cálculo de las matrices mostradas en los apartados anteriores es conseguir la reducción de la línea al esquema monofásico equivalente, cuyo fin último es calcular unos porcentajes de caída de tensión y pérdidas de potencia únicos.

Para realizar esa reducción se siguen los siguientes pasos:

- **Eliminación de los elementos pasivos:** se consideran que están conectados a tierra en dos puntos, eliminamos sus tensiones y corrientes del sistema, pero no su influencia en el modelado eléctrico de las líneas. Son elementos que pueden almacenar energía de algún modo, pero no controlarla.
- **Reducción a conductores equivalentes:** se sustituye cada una de las fases por un solo conductor que las represente. En este caso, coincide con el conductor de fase porque no existe configuración de dúplex (dos conductores por fase) ni tríplex (dos conductores por fase).
- **Monofásico equivalente:** en los sistemas trifásicos se suele trabajar en secuencia directa, que supone que las tres fases tienen el mismo módulo y que entre RST están desfasadas 120° para estar equilibradas. Se reduce

ese sistema en una sola impedancia en serie y una sola admitancia en paralelo que represente esa secuencia de equilibrio.

Para este caso, el esquema reducido posee los siguientes parámetros en los tres tramos aéreos:

$$Z_{SEQ} = 0,1063 + j0,4096 \text{ } (\Omega/\text{km})$$

$$Y_{PEQ} = j2,824 \text{ } \left(\frac{\mu S}{\text{km}} \right)$$

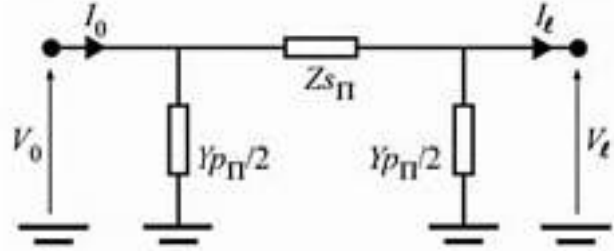


Ilustración 20. Modelo reducido en pi.

2.1.4. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Y CONSTANTE DE PROPAGACIÓN

La impedancia característica de una línea eléctrica es uno de sus parámetros fundamentales que, sin depender de la longitud de la línea, sí depende de la frecuencia. Relaciona el voltaje de la línea con la intensidad que la recorre.

La expresión de la **Zc** a partir de los parámetros RLGC de la línea se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Sin embargo, una vez que se ha obtenido en el apartado anterior los parámetros equivalentes de la línea, el cálculo de la **Zc** sigue la siguiente expresión más simplificada:

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z'_s}{Y'_p}}$$

Operando, para los tramos 1, 3 y 5, y para ambos circuitos de la línea por ser idénticos, queda:

$$Z_c = 384,03 - j49,02 \text{ } \Omega$$

Por otro lado, se calcula también la constante de propagación γ , habitualmente a partir de la constante de atenuación y del coeficiente de desplazamiento de fase, ambos por unidad de longitud:

$$\gamma = \alpha + j\beta$$

Pero también resulta más sencillo calcularla a partir de los parámetros equivalentes del reducido como:

$$\gamma = \sqrt{Z'_s \cdot Y'_p}$$

Operando, para los tramos 1, 3 y 5, y para ambos circuitos de la línea por ser idénticos, queda:

$$\gamma = 0,0605 + j1,066 \frac{\text{mrad}}{\text{km}}$$

2.1.5. POTENCIA CARACTERÍSTICA

La potencia característica de una línea de transporte también se conoce como “potencia natural” y es la que corresponde a la impedancia característica calculada anteriormente. Se define como:

$$P_c = \frac{U_2^2}{Z_c} (\text{MW})$$

Tomando para U_2 el valor nominal de tensión (220 kV) y el módulo de Z_c se obtiene para los tramos 1, 3 y 5 aéreos, y para cada circuito:

$$P_c = 125,02 \text{ MW}$$

2.1.6. MODELO DE PARÁMETROS DISTRIBUIDOS

Si se desea un cálculo más preciso, se emplea el modelo de parámetros distribuidos de la línea, que es un modelo matricial que utiliza los parámetros calculados anteriormente de la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} V_i \\ I_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_o \\ I_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ch}(\gamma \ell) & -Z_c \cdot \text{sh}(\gamma \ell) \\ -\frac{1}{Z_c} \cdot \text{sh}(\gamma \ell) & \text{ch}(\gamma \ell) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_o \\ I_o \end{bmatrix}$$

Donde:

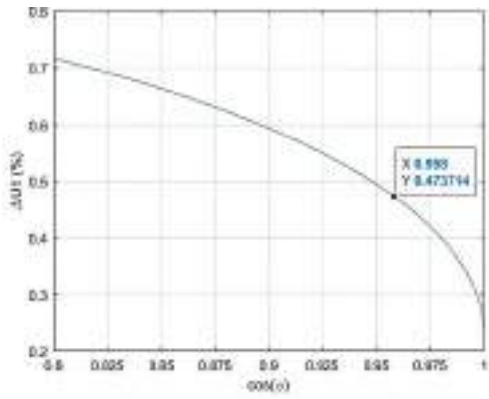
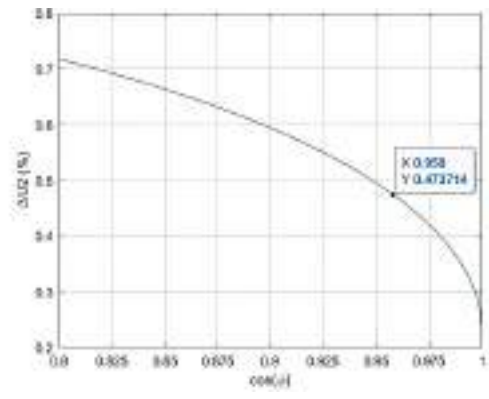
V_o	= tensión simple en el extremo generador	[kV]
V_L	= tensión simple en el extremo receptor	[kV]
I_o	= intensidad de la línea en el extremo generador	[A]
I_L	= intensidad de línea en el extremo generador	[A]

2.1.7. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión es una variable a tener altamente en cuenta para medir la viabilidad y eficiencia eléctrica de la línea. Es uno de los aspectos que determinan la elección de los conductores y el diseño general de las líneas de alta tensión puesto que, por reglamento, no se recomienda que sea mayor del 5%. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_L| - |U_0|}{|U_0|} \cdot 100 (\%)$$

Para un factor de potencia de 0,958, se obtienen gracias a la simulación con MatLab, los siguientes porcentajes de caídas de tensión para cada tramo y circuito aéreo:

Caídas de tensión de los tramos aéreos de la línea ΔU %			
TRAMO 1	Circuito 1	$\Delta U = 0,4737 \%$	
	Circuito 2	$\Delta U = 0,4737 \%$	

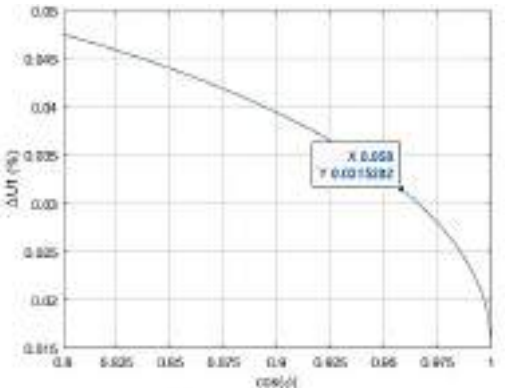
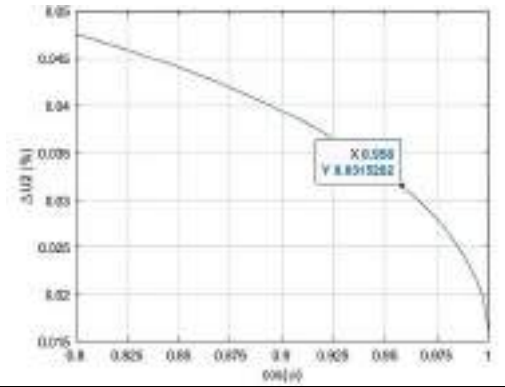
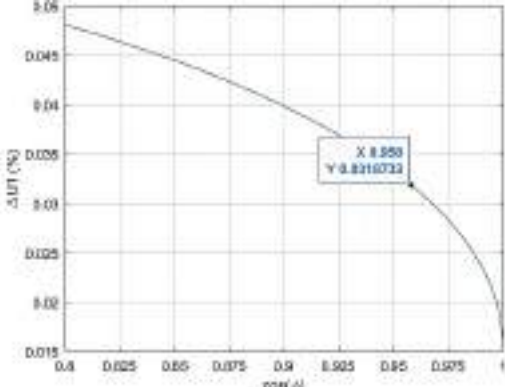
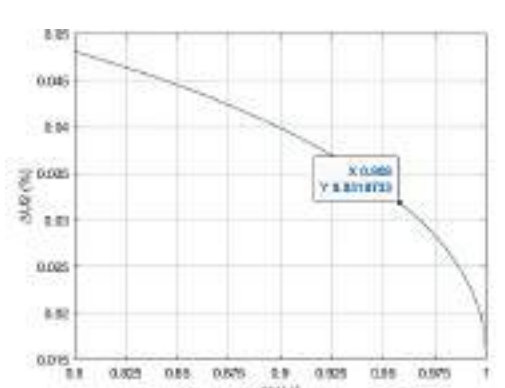
Caídas de tensión de los tramos aéreos de la línea ΔU %			
TRAMO 3	Circuito 1	$\Delta U = 0,0315$ %	
	Circuito 2	$\Delta U = 0,0315$ %	
TRAMO 5	Circuito 1	$\Delta U = 0,0318$ %	
	Circuito 2	$\Delta U = 0,0318$ %	

Tabla 27. Caídas de tensión de los tramos de línea aérea por circuito (%).

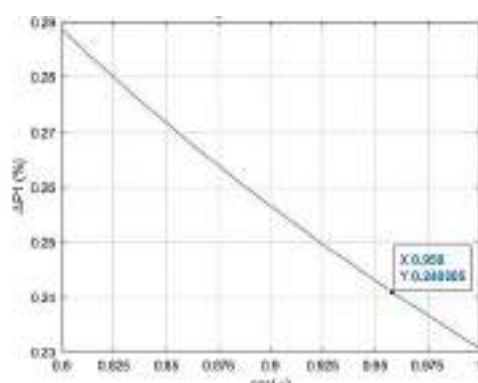
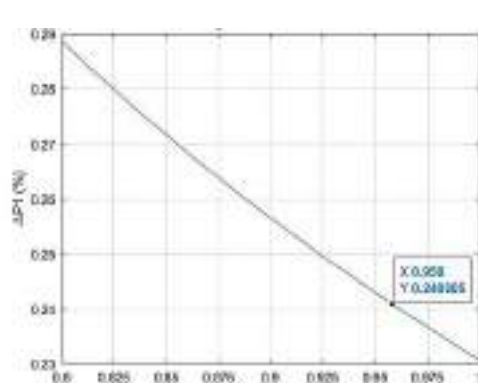
2.1.8. PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las líneas eléctricas sufren también pérdidas de potencia activa principalmente derivadas del efecto Joule en forma de calor y por las corrientes de fuga dependiendo de la capacidad de la línea. La potencia en cualquier punto “x” de la línea se calcula como:

$$P_x = \text{real}(\sqrt{3} \cdot U_x \cdot I_x^*)$$

El porcentaje de pérdidas es otra de las variables importantes para comprobar la viabilidad de la línea y para dimensionar los conductores y materiales que la conforman. La potencia que se consigue transportar habitualmente es proporcional a la inversión económica que se debe hacer en la línea y, por lo tanto, de forma análoga, la relación proporcional entre las pérdidas de potencia activa y las pérdidas económicas que conlleva. Reglamentariamente, se recomienda que el porcentaje máximo de pérdidas de una línea se encuentre entre el 3% y el 5%.

Para un factor de potencia de 0,958, se obtienen a través de la simulación con Matlab, los siguientes porcentajes de pérdidas para cada tramo y circuito aéreo de la línea:

Pérdidas de potencia tramos aéreos de la línea ΔP %			
TRAMO 1	Circuito 1	$\Delta P = 0,2409$ %	
	Circuito 2	$\Delta P = 0,2409$ %	

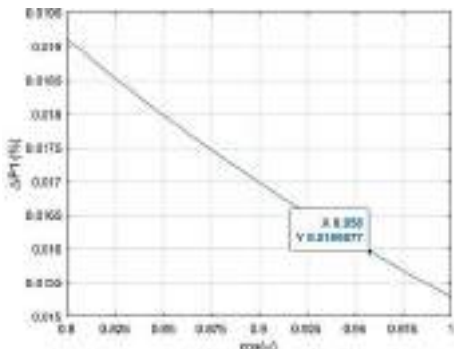
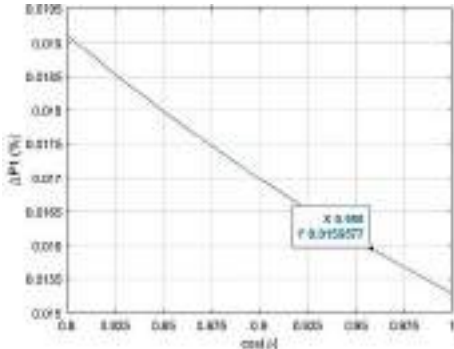
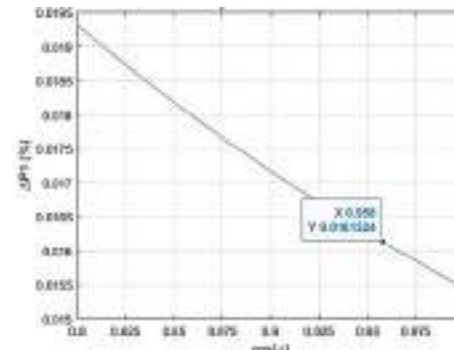
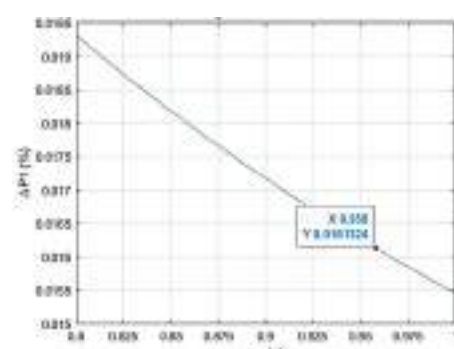
Pérdidas de potencia tramos aéreos de la línea ΔP %			
TRAMO 3	Circuito 1	$\Delta P = 0,0159 \%$	
	Circuito 2	$\Delta P = 0,0159 \%$	
TRAMO 5	Circuito 1	$\Delta P = 0,0161 \%$	
	Circuito 2	$\Delta P = 0,0161 \%$	

Tabla 28. Pérdidas de potencia de los tramos de línea aérea por circuito (%).

2.1.9. IMPEDANCIAS SECUENCIALES

El teorema de Fortescue establece que “cualquier sistema trifásico se puede describir como el sumatorio de tres sistemas trifásicos simétricos”, se utiliza para analizar entre otras cosas, la calidad de la red eléctrica y el control de los sistemas de protección. A partir de la matriz de impedancias de la línea aérea, calculada en el apartado 2.2.1, y empleando este teorema, se calculan las siguientes impedancias en secuencia en Ω/km :

- o Impedancia de secuencia directa (Ω/km): **0,1063 + j0,138**
- o Impedancia de secuencia inversa (Ω/km): **0,1063 - j0,138**
- o Impedancia de secuencia homopolar (Ω/km): **0,8849 + j0,409**

Como se puede deducir, son iguales para los tramos 1, 3 y 5 aéreos y para ambos circuitos, porque todos los conductores trabajan bajo las mismas condiciones y son iguales. Además, al expresarlo en esas unidades, no dependen de la longitud del tramo en cuestión.

2.1.10. POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE

La potencia máxima de transporte (MVA) viene limitada por la intensidad máxima admisible del conductor. Normalmente, es un parámetro definido por catálogo a la hora de seleccionar un conductor, como es en este caso, 712 A para el GULL. En cualquier otro caso en el que no se conociera este dato, calcularla previamente sería necesario.

CONDUCTOR LA-380	
Densidad de Corriente (A/mm^2)	1,87
Coefficiente corrector	0,95
Corriente Máxima (A)	712

Tabla 29. Características de corriente para el conductor aéreo.

La densidad máxima de corriente en régimen permanente en CA y para la frecuencia del sistema que son 50 Hz se deduce de la tabla de **coeficientes de corrección** del apartado 4.2.1 de la ITC LAT 07 del Reglamento de líneas de AT.

La potencia máxima de transporte se determina por la expresión:

$$S_{\text{máx}} = n \cdot n' \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{adm}}$$

Donde:

n	= número de circuitos	
n'	= número de conductores por fase	
U	= tensión nominal compuesta de la línea	[kA]
I_{adm}	= intensidad máxima admisible del conductor	[kA]

Por lo tanto, la máxima potencia de transporte de los tramos aéreos de la línea da un total de:

$$S_{m\acute{a}x} = 542,62 \text{ MVA}$$

2.1.11. EFECTO CORONA

En el apartado 4.3 de la ITC-LAT 07 se especifica que *“será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV”*. (ITC-LAT 07)

2.1.12.1. Tensión crítica disruptiva

El efecto corona está directamente relacionado con las tensiones críticas disruptivas de los conductores bajo las condiciones de funcionamiento. Cuando los conductores superan determinado voltaje, rebasan la rigidez dieléctrica del aire, lo ionizan y se ocasionan pérdidas en forma de corrientes de fuga a través del medio. El aire pasa a ser “conductor” también y aparecen estas corrientes.



Ilustración 21. Efecto corona.

La tensión crítica disruptiva se define como el límite de tensión a partir del cual aparecen estas pérdidas por efecto corona en el conductor, son pérdidas de energía importantes y por lo tanto, no deseadas.

Las tensiones críticas se calculan gracias a la formulación de Peek, que tiene la siguiente expresión:

$$U_c = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot n' \cdot m_a \cdot m_c \cdot \delta \cdot r \cdot \ln \frac{DMG}{RMG} \text{ kV eficaz}$$

Donde:

n'	= número de subconductores del haz	
m_a	= factor de corrección atmosférico (0,8 para tiempo lluvioso)	
m_c	= factor de corrección de rugosidad del conductor (0,85 para conductores de hilos)	
δ	= $\frac{273+25}{273+T_{amb}} \cdot e^{-h/8150}$ = densidad relativa del aire respecto a 25° y 760 mm Hg.	
T_{amb}	= temperatura ambiente	
h	= altura media a la que discurre la línea	
r	= radio del conductor	[cm]
DMG	= diámetro medio geométrico	[m]
RMG	= radio medio geométrico	[m]

Obedeciendo a la formulación de Peek, se han calculado a través de MatLab, los siguientes valores de tensiones críticas disruptivas* para los tramos 1, 3 y 5 aéreos, y ambos circuitos:

- Ambiente seco: $U_c = 136,45 \text{ kV}$
- Ambiente húmedo: $U_c = 109,16 \text{ kV}$

**Son tensiones simples.*

2.1.12.2. Pérdidas de potencia debidas al efecto corona

Las pérdidas por unidad de longitud debidas al mencionado efecto corona se calculan:

$$P_{co} = 3 \cdot n \cdot \left(\frac{241}{\delta} \right) \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{DMG}} \cdot (U_{sf-n} - U_c)^2 \cdot 10^{-5} \left(\frac{kW}{km} \right)$$

Donde:

Pco	= pérdidas de potencia por efecto corona	[kW/km]
n	= número de circuitos	
δ	= factor de corrección de densidad del aire	
f	= frecuencia de operación de la línea	[Hz]
r	= radio del conductor	[m]
DMG	= distancia media geométrica	[m]
Usf-n	= tensión simple más elevada de la red	[kV]
Uc	= tensión crítica disruptiva	[kV]

La tensión simple más elevada de la línea en el caso de esta instalación sería:

$$Us_{f-n} = \frac{245 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 141,45 \text{ kV}$$

La tensión máxima de la línea supera ligeramente las tensiones máximas disruptivas mostradas anteriormente. Por lo tanto, las pérdidas por efecto corona se pueden considerar **despreciables**, en comparación con la potencia transportada. Además, se puede concluir que, a tensión nominal las pérdidas de efecto corona en ambiente seco serían inexistentes y en ambiente húmedo altamente despreciables por ser muy pequeñas.

2.2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

2.2.1. PARÁMETROS DE LA LÍNEA

Se describen en la siguiente tabla los parámetros eléctricos de la línea para el conductor subterráneo dimensionado y bajo las condiciones de funcionamiento de la instalación. La recopilación de los resultados y el dimensionamiento del conductor se han podido llevar a cabo gracias al software profesional INFIPRO, su catálogo y la versatilidad que ofrece para simular. Este programa ofrece un reporte con todos los datos de cada tramo según se configuren las características de funcionamiento de la línea. Garantiza así que se respetan los límites máximos de temperaturas y tensiones inducidas para los conductores subterráneos, tanto en la traza que se proyecta bajo zanja hormigonada, como en perforación horizontal dirigida.

Parámetros	Valor	Unidad
Resistencia del conductor en corriente alterna = R	0,0215	[Ω/km]
Inductancia del conductor = L	0,5619	[mH/km]
Reactancia inductiva = X _L	0,1765	[Ω/km]
Capacidad del cable = C	0,2397	[μF/km]
Reactancia capacitiva = X _C	13280	[Ω/km]
Admitancia = Y	(-) 5,582	[S/km]
Susceptancia capacitiva = B	(-) 75,302	[μS/km]
Conductancia = G	0,680	[S/km]
Impedancia de onda	48,417	[Ω/km]
Impedancia de secuencia directa	0,02150 + j0,17653	[Ω/km]
Impedancia de secuencia inversa	0,02150 - j0,17653	[Ω/km]
Impedancia de secuencia homopolar	0,0803 + j0,0610	[Ω/km]

Tabla 30. Parámetros de la línea en sus tramos subterráneos.

A pesar de que todos los datos recogidos anteriormente se han extraído directamente del reporte de INFIPRO, a continuación, se ofrece detalle sobre los métodos de cálculo para cada uno de los parámetros mencionados, por orden.

2.2.1.1. Resistencia del conductor en CA

La resistencia del conductor por unidad de longitud a la temperatura máxima de servicio y en corriente alterna, para conductores de tipo unipolar, viene definida por la siguiente expresión:

$$R = R' \cdot (1 + \gamma_s + \gamma_p)$$

$$R' = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

R	= resistencia del conductor en CA a la temperatura máxima de servicio	[Ω/m]
R'	= resistencia del conductor en CC a la temperatura máxima de servicio	[Ω/m]
γ_s	= factor de efecto pelicular del conductor*	
γ_p	= factor de efecto de proximidad*	
θ	= temperatura de servicio del conductor	[°C]
R ₀	= resistencia del conductor en CC a 20°C	[Ω/m]
α_{20}	= coef. variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura	[K ⁻¹]

*FACTOR DE EFECTO PELICULAR

El factor de efecto pelicular γ_s viene dado por la expresión:

$$x_s = \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \cdot k_s}$$

- a) Si $0 < x_s \leq 2,8$: $\gamma_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4}$
- b) Si $2,8 < x_s \leq 3,8$: $\gamma_s = -0,136 - 0,0177 \cdot x_s + 0,0563 \cdot x_s^2$
- c) Si $3,8 < x_s \leq 5,8$: $\gamma_s = 0,354 \cdot x_s - 0,733$

Donde:

f	= resistencia del conductor en CA a la temperatura máxima de servicio	[Hz]
k_s	= coef. dependiente del tipo y material del conductor	

Se asumen/utilizan los siguientes valores por defecto:

CONDUCTOR	AISLAMIENTO	k_s
Cobre		
Redondo sólido	Todos	1
Redondo cableado	Aceite fluido/papel	1
Redondo cableado	Extruido	1
Redondo milliken	Aceite fluido/papel	0,435
Redondo milliken, hilos aislados	Extruido	0,35
Redondo milliken, hilos desnudos unidireccionales	Extruido	0,62
Redondo milliken, hilos desnudos bidireccionales	Extruido	0,8
Hueco, cableado helicoidal	Todos	(*)
Aluminio		
Redondo sólido	Todos	1
Redondo cableado	Todos	1
Redondo milliken	Todos	0,25
Hueco, cableado helicoidal	Todos	(*)

Tabla 31. Coeficiente k_s para el cálculo del factor de efecto pelicular.

*FACTOR DE EFECTO DE PROXIMIDAD

El factor de efecto de proximidad para cables unipolares γ_p viene dado por la expresión:

$$x_p = \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R'} \cdot 10^{-7} \cdot k_p}$$

$$\gamma_p = \frac{x_p^4}{192 + 0,8 \cdot x_p^4} \cdot \left(\frac{d_c}{S}\right)^2 \cdot \left[0,312 \cdot \left(\frac{d_c}{S}\right)^2 + \frac{1,18}{\frac{x_p^4}{192 + 0,8 \cdot x_p^4} + 0,27}\right]$$

Donde:

d_c	= diámetro del conductor	[mm]
S	= distancia entre los ejes de los conductores	[mm]
k_p	= coef. dependiente del tipo y material del conductor	

Se asumen/utilizan los siguientes valores por defecto:

Conductor	Aislamiento	k_p
Cobre		
Redondo sólido	Todos	1
Redondo cableado	Aceite fluido/papel	0,8
Redondo cableado	Extruido	1
Redondo milliken	Aceite fluido/papel	0,37
Redondo milliken, hilos aislados	Extruido	0,20
Redondo milliken, hilos desnudos unidireccionales	Extruido	0,37
Redondo milliken, hilos desnudos bidireccionales	Extruido	0,37
Hueco, cableado helicoidal	Todos	0,8
Aluminio		
Redondo sólido	Todos	1
Redondo cableado	Todos	0,8
Redondo milliken	Todos	0,15
Hueco, cableado helicoidal	Todos	0,8

Tabla 32. Coeficiente K_p para el cálculo del factor de efecto de proximidad.

2.2.1.2. Inductancia del conductor

La inductancia total está formada por dos componentes, la propia inductancia como tal del conductor más la inductancia mutua con el resto de los conductores. Todo ello viene dado por la expresión:

$$L = K + 0,2 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot S}{d}\right)$$

Donde:

L	= inductancia	[mH/km]
K	= constante que depende de la constitución del conductor*	
S	= distancia entre los ejes del conductor	[mm]
d	= diámetro del conductor	[mm]

***CONSTANTE K.** Los valores típicos de la constante K para distintos conductores cableados a 50 Hz son:

Número de hilos en el conductor	K
1 (conductor sólido) o circular compacto	0,0500
3	0,0778
7	0,0642
19	0,0554
37	0,0528
61 y superior	0,0514
Conductor hueco, 12mm tubo	0,0383

Tabla 33. Constante K en función del número de hilos del conductor trabajando a 50 Hz.

- REACTANCIA INDUCTIVA:**

La reactancia inductiva por fase de un cable o de los cables unipolares que comprenden el circuito, se obtiene:

$$X_L = \omega \cdot L \cdot 10^{-3}$$

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

Donde:

X_L	= reactancia inductiva	[Ω/km]
L_C	= inductancia del conductor	[mm]
f	= frecuencia del sistema	[Hz]
ω	= frecuencia angular del sistema	[rad/s]

2.2.1.3. Capacidad del cable

Para conductores de media o alta tensión con pantalla metálica de recubrimiento conectada a tierra, el campo electrostático se puede considerar radial en el interior de la pantalla que es donde queda contenido. En ese caso, se puede calcular la capacidad del cable como:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \cdot \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)} \cdot 10^{-9}$$

Donde:

C	= capacidad del cable	[F/m]
ε	= permitividad eléctrica relativa del aislamiento	[C ² / (N·m ²)]
D_i	= diámetro exterior del aislamiento (excluyendo la pantalla semiconductora)	[Hz]
d_c	= diámetro del conductor (incluida la pantalla semiconductora)	[rad/s]

- **REACTANCIA CAPACITIVA:**

La reactancia capacitiva se puede obtener de la fórmula:

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

Donde:

C	= capacidad del cable	[F/km]
X_c	= reactancia capacitiva	[Ω/km]

2.2.1.4. Admitancia, susceptancia y conductancia

- La admitancia se calcula simplemente como la inversa de la impedancia. Así se tiene:

$$Y = \frac{1}{Z} = \left(\frac{R}{R^2 + X^2} \right) + j \left(\frac{-X}{R^2 + X^2} \right)$$

- La parte real de la admitancia es la conductancia. Así, se tiene:

$$G = \left(\frac{R}{R^2 + X^2} \right)$$

- La parte imaginaria de la admitancia es la susceptancia. Así, se tiene:

$$B = \left(\frac{-X}{R^2 + X^2} \right)$$

Donde:

Y	= admitancia	[S/km]
R	= resistencia	[Ω/km]
X	= reactancia	[Ω/km]
G	= conductancia	[S/km]
B	= susceptancia	[S/km]

2.2.1.5. Impedancia de onda

La impedancia de onda Z_{ZI} se calcula como:

$$Z_{ZI} = \sqrt{1000 \cdot 10^9 \cdot \frac{L}{C}}$$

Donde:

Z_{ZI}	= impedancia de onda	[Ω/km]
L	= inductancia	[mH/km]
C	= capacidad del conductor	[F/km]

2.2.1.6. Impedancia de fase

Las impedancias de fase son las llamadas impedancias secuenciales: las impedancias de secuencia positiva son las de secuencia **directa**, las negativas las de secuencia **inversa** y la de secuencia nula es la **homopolar**.

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

- **Secuencia directa:** $Z_+ = R + jX_L$
- **Secuencia inversa:** $Z_- = R - jX_L$
- **Secuencia homopolar:**

$$Z_0 = R_0 + jX_0$$

$$Z_0 = \sqrt{R_0^2 + X_0^2}$$

– Para cables unipolares:
$$X_o = \omega \cdot 10^{-3} \cdot \left[K + 0,2 \cdot \ln \left(\frac{d_m}{d_c} \right) \right]$$

– Para cables unipolares:
$$X_o = 0,434 \cdot \log \left(\frac{d_m}{GMD} \right)$$

Donde:

X_o	= reactancia homopolar	[Ω/m]
GMD	= diámetro medio geométrico de los conductores en el cable trenzado	[Ω/m]
R_o	= resistencia del conductor en CA a temperatura ambiente (20°)	[Ω/m]
d_m	= diámetro de la pantalla	[m]
d_c	= diámetro del conductor	[m]

2.2.2. INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE

Parámetros	Valor	Unidad
Factor de pérdidas dieléctricas W_d	1,2145	[W/m]
Factor de pérdidas en la pantalla λ_1	0,01711	-
Factor de pérdidas en la pantalla debidas a las corrientes de circulación λ_1'	0,00941	-
Factor de pérdidas en la pantalla debidas a las corrientes de Foucault λ_1''	0,0077	-
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	0	-
Resistencia térmica por unidad de longitud entre el conductor y la pantalla T_1	0,3923	[K·m/W]
Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura T_2	0	[K·m/W]
Resistencia térmica de la cubierta T_3	0,0479	[K·m/W]
Resistencia térmica externa T_4	1,5026	[K·m/W]
Intensidad máxima admisible en régimen permanente I	666,58	[A]
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en el conductor	213,95	[kA]
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla	52,85	[kA]

Tabla 34. Parámetros relacionados con la intensidad máxima admisible.

2.2.2.1. Intensidad máxima admisible en régimen permanente

La intensidad admisible se calcula según la Norma UNE 21-144 / IEC 60287.

Para cables en CA enterrados donde la desecación del suelo es inexistente, la intensidad máxima admisible viene dada por la siguiente expresión:

$$I = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_D \cdot [0,5 \cdot T_1 + n \cdot (T_2 + T_3 + T_4)]}{R \cdot T_1 + n \cdot R \cdot T_2 \cdot (1 + \lambda_1) + n \cdot R \cdot (1 + \lambda_1 + \lambda_2) \cdot (T_3 + T_4)}}$$

Donde:

I	= intensidad que circula por el conductor	[A]
$\Delta\theta$	= calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente o la del terreno	[K]
W_d	= pérdidas dieléctricas del aislamiento que rodea al conductor	[W/m]
T_1	= resistencia térmica entre el conductor y la pantalla	[K·m/W]
T_2	= resistencia térmica del relleno de asiento entre la pantalla y la armadura	[K·m/W]
T_3	= resistencia térmica de la cubierta externa del cable	[K·m/W]
T_4	= resistencia térmica entre la superficie del cable y el medio exterior	[K·m/W]
n	= número de conductores aislados en el cable, misma sección y potencia	
λ_1	= relación entre las pérdidas en la pantalla respecto a las totales de los conductores	
λ_2	= relación entre las pérdidas en la armadura respecto a las totales de los conductores	
v	= cociente de las resistividades térmicas entre terrenos secos y húmedos	
ρ_d	= resistividad térmica del suelo seco	[K·m/W]
ρ_w	= resistividad térmica del suelo mojado	[K·m/W]
$\Delta\theta_x$	= incremento de la temperatura crítica del terreno entre frontera de zona húmeda y seco	[K]
θ_a	= temperatura ambiente o del entorno	[°C]
H	= intensidad de radiación solar	[W/m²]
σ	= coeficiente de absorción de la radiación solar del cable en la superficie	
T_4^*	= resistencia térmica externa del cable al aire libre ajustada a la radiación solar	
D_e^*	= diámetro exterior del cable	[m]
R	= resistencia del conductor en CA a la temperatura de servicio	[Ω/m]

*Los valores de las resistencias térmicas de cada uno de los elementos del cable “ T_1 , T_2 , T_3 y T_4 ” se han obtenido gracias al reporte de resultados del programa INFIPRO para las simulaciones de ambos tramos subterráneos, pero existe formulación específica y extensa para calcularla. Estos reportes de resultados quedan recogidos en el apartado de ANEXOS del presente proyecto.

2.2.2.2. Intensidad máxima admisible en cortocircuito

El cálculo se realiza según la Norma UNE 21-192 / IEC 60949.

Cuando se calcula/estudia cualquier componente de los conductores bajo situación de cortocircuito, se mide el calor retenido en el interior del cable durante el tiempo de cortocircuito eléctrico. Sin embargo, los componentes adyacentes a la parte conductora del cable son materiales que transmiten calor en esa situación de calentamiento adiabático y esto es lo que se aprovecha para el cálculo de la intensidad admisible en cortocircuito, puesto que resulta más sencillo. Viene dada por la siguiente fórmula:

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

Donde:

I	= intensidad máxima admisible en cortocircuito	[A]
ε	= factor de pérdidas en forma de calor en los componentes adyacentes	
I_{AD}	= valor eficaz de la intensidad de cortocircuito durante el tiempo de cortocircuito eléctrico	[A]

*FACTOR DE PÉRDIDAS EN FORMA DE CALOR (componentes adyacentes)

La formulación de este factor para cables con cubiertas metálicas, pantallas y/o armaduras viene dada por:

$$\varepsilon = 1 + 0,61 \cdot M \cdot \sqrt{t} - 0,069 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^2 + 0,0043 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^3$$

$$M = \frac{(\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}})}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta \cdot 10^{-3}} \cdot F$$

Donde:

M	= factor de cálculo definido por la expresión mostrada	[s ^{-1/2}]
σ_2, σ_3	= calores específicos volumétricos de las cubiertas, pantallas y/o armaduras	[J/K·m³]
ρ_2, ρ_3	= resistividades térmicas de las cubiertas, pantallas y/o armaduras	[K·m/W]
F	= factor que considera las imperfecciones de los contactos térmicos entre el conductor y los materiales adyacentes. Entre 0,7 y 0,9.	
δ	= espesor de la cubierta, pantalla y/o armadura	[mm]

La expresión anterior para "I" requiere el previo cálculo de I_{AD} como:

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

$$K = \sqrt{\frac{\sigma_c(\beta + 20) \cdot 10^{-12}}{\rho_{20}}}$$

Donde:

t	= tiempo de duración del fenómeno de cortocircuito	[s]
K	= constante dependiente del tipo de material de los componentes conductores del cable	$[A \cdot s^{\frac{1}{2}}/mm^2]$
S	= sección de los componentes conductores del cable	$[mm^2]$
θ_f	= temperatura final tras el cortocircuito	$[^{\circ}C]$
θ_i	= temperatura inicial antes del cortocircuito	$[^{\circ}C]$
β	= es el inverso del coef. variación de resistencia del conductor con la temperatura	[K]
σ_c	= calor específico por unidad de volumen a 20°C de las componentes conductoras	$[J/K \cdot m^3]$
ρ_{20}	= resistividad eléctrica del conductor a 20°C de referencia	$[\Omega \cdot m]$

2.2.3. CAÍDA DE TENSIÓN

Para el caso de las caídas de tensión de los tramos subterráneos no se ha utilizado el cálculo a través de código de MatLab puesto que el software ya mencionado de *INFIPRO*, permite reportar resultados más específicos y profesionales.

La caída de tensión es también en las partes soterradas una variable a tener altamente en cuenta para medir la viabilidad y eficiencia eléctrica de la línea. Es uno de los aspectos que determinan la elección de los conductores y el diseño general de las líneas de alta tensión puesto que, por reglamento, no se recomienda que sea mayor del 5% en total. En circuitos trifásicos la caída de tensión subterránea se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \sin\phi)$$

Donde:

ΔU	= caída de tensión	[V]
I	= intensidad circulante por el conductor	[A]
l	= longitud del tramo soterrado en cuestión	[mm ²]
R	= resistencia del conductor en CA a la temperatura máxima de servicio	$[\Omega/m]$
X_L	= reactancia inductiva	$[\Omega/m]$

Y gracias a las simulaciones de INFIRPRO se obtienen los siguientes resultados de caídas para los tramos 2 y 4 subterráneos, por circuito y para un **factor de potencia de 0,958**:

Caídas de tensión de los tramos aéreos de la línea ΔU %		
TRAMO 2	Circuito 1	$\Delta U = 0,1009$ %
	Circuito 2	$\Delta U = 0,1009$ %
TRAMO 4	Circuito 1	$\Delta U = 0,0214$ %
	Circuito 2	$\Delta U = 0,0214$ %

Tabla 35. Caídas de tensión de los tramos de línea subterránea por circuito (%).

2.2.4. PÉRDIDAS DE POTENCIA

Para el caso de las pérdidas de potencia de los tramos subterráneos no se ha utilizado el cálculo a través de código de MatLab puesto que el software ya mencionado de *INFIPRO*, permite reportar resultados más específicos y profesionales.

Las pérdidas de potencia, como se ha mencionado en apartados anteriores, son uno de los principales fenómenos objeto de optimización a la hora de diseñar una línea eléctrica. Son proporcionales a las pérdidas económicas e inversas al rendimiento de la instalación. El reglamento no recomienda que superen el 3-5% en total.

A través de las simulaciones de INFIRPRO se obtienen los siguientes resultados de pérdidas para los tramos 2 y 4 subterráneos, por circuito y para un **factor de potencia de 0,958**:

Pérdidas de potencia tramos aéreos de la línea ΔP %		
TRAMO 2	Circuito 1	$\Delta P = 0,0354$ %
	Circuito 2	$\Delta P = 0,0354$ %
TRAMO 4	Circuito 1	$\Delta P = 0,0077$ %
	Circuito 2	$\Delta P = 0,0077$ %

Tabla 36. Pérdidas de potencia de los tramos de línea subterránea por circuito (%).

2.2.5. RESULTADOS DE TENSIONES INDUCIDAS EN LAS PANTALLAS

Los resultados de tensiones inducidas de los reportes de la simulación de los tramos 2 y 4 subterráneos con el software INFIPRO. Al ser ambos circuitos iguales en conductor y condiciones de funcionamiento eléctrico, sus tensiones inducidas no muestran diferencias entre uno y otro. Los resultados para el Tramo 2 serán iguales para los dos circuitos de la línea, y de la misma manera, para el Tramo 4.

Las tensiones inducidas se producen al originarse corrientes de cortocircuito no deseadas en el sistema. Estas corrientes pueden ocasionarse por distintos fallos externos a los conductores y causan: fallos fase-fase, fallos fase-tierra, fallos internos de conexión o fallos trifásicos simétricos, por ejemplo, cuando el elemento que produce el cortocircuito toca las tres fases.

Estos son los parámetros fijados, de acuerdo con el reglamento, para las corrientes de cortocircuito y poder realizar la simulación de los tramos:

Valores máximos en escenario cortocircuito			
TIPO DE FALLO	NOMENCLATURA	VALOR	UNIDADES
Fallo trifásico simétrico	I_{RMS}	40.000	[A]
Fallo fase-fase	I_{12}	40.000	[A]
Fallos fase-tierra	I_{1E}	40.000	[A]
Fallos internos a la conexión	I_{1E}	40.000	[A]
Máxima tensión inducida permitida en RP	$E_{MÁX}$	100	[V]
Máxima tensión inducida permitida en CC	$E_{MÁX}$	9.000	[V]

Tabla 37. Valores de corrientes y tensiones inducidas en escenario de cortocircuito.

Tras llevar a cabo la simulación de ambos tramos, se ha comprobado que las tensiones inducidas no superan los máximos ni en la configuración en zanja hormigonada ni en perforación dirigida. Se comprueba que con las puestas a tierra diseñadas en Cross Bonding para el Tramo 2 y Single Point para el 4, los conductores de ambos circuitos cumplen.

El reporte completo de los resultados de INFIPRO se encuentra en el apartado de ANEXOS del presente proyecto.

2.3. RESULTADOS PARA LA LÍNEA COMPLETA

Tras calcular independientemente las caídas de tensión para cada tramo aéreo y subterráneo se muestran a continuación los resultados para la línea completa, con la longitud total. Como se ha mencionado en apartados anteriores la herramienta principal para el cálculo aéreo ha sido MatLab y la parte subterránea con el modelado en INFIPRO (software para líneas eléctricas de alta tensión soterradas).

Caída de tensión total de la línea ΔU %	
Circuito 1	$\Delta U = 0,6593$ %
Circuito 2	$\Delta U = 0,6593$ %

Tabla 38. Caída de tensión total de la instalación por circuito (%).

Pérdidas de potencia totales de la línea ΔU %	
Circuito 1	$\Delta U = 0,3151$ %
Circuito 2	$\Delta U = 0,3151$ %

Tabla 39. Pérdidas de potencia totales de la instalación por circuito (%).

Como puede observarse, tanto la caída de tensión como las pérdidas de potencia activa totales se encuentran por debajo de los límites máximos recomendados en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión (5% para caída de tensión y 3-5% para pérdidas de potencia). La línea que se ha diseñado tiene un alto rendimiento en términos de carga transportada deseada.

2.4. AISLAMIENTOS

La elección para el diseño de los aislamientos de la línea se dimensiona en función del nivel mínimo de aislamiento fijado en las ITC-LAT 07. El grado de aislamiento depende de la tensión de la línea eléctrica, del nivel de contaminación de la zona donde se encuentra emplazada y de las propiedades físicas de los aisladores seleccionados.



Ilustración 22. Aislador de vidrio.

Las características de los elementos aisladores con los que contará la línea en sus tramos aéreos se han recogido en el apartado 1.5.2.3 del Documento N°1 del presente proyecto (*MEMORIA*).

La ITC-LAT 07 para líneas aéreas establece en su apartado 4.4 sobre la coordinación de aislamiento que, para la determinación de los niveles de aislamiento de las cadenas de aisladores, se debe tomar como referencia de cálculo el valor de tensión más elevado que pueda tomar la instalación. En este caso, la línea “L/220kV ST Ojeadores-ST Armada” tiene una tensión nominal de 220 kV, por lo que la tensión más elevada es **245 kV** (según norma).

Por otro lado, de acuerdo con la clasificación del grado de contaminación especificado en la norma UNE EN 60071-2, el nivel de contaminación de la zona Guadalajara-Madrid es NIVEL IV. En este caso, reglamento establece que, la **línea de fuga mínima específica de los aisladores será de 31 mm/kV**.

La línea de fuga mínima resultante para una tensión máxima de 245 kV, queda según reglamento:

$$\text{Línea de fuga mínima} = \text{Fuga mín. específica} \left(\frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right) \cdot U_{\text{máx}} (\text{kV}) = 7595 (\text{mm})$$

$$\text{Línea de fuga mínima} = 31 \left(\frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right) \cdot 245 (\text{kV}) = \mathbf{7595 (\text{mm})}$$

Los aisladores U160BSP seleccionados poseen una línea de fuga nominal de 550 mm, por lo que cada cadena de aisladores en suspensión contará con 14 aisladores en fila, para garantizar el grado de aislamiento reglamentario.

$$\text{Línea de fuga} = 14 \text{ aisladores} \cdot 550 (\text{mm}) = \mathbf{7700 (\text{mm})}$$

Típicamente, las cadenas de aisladores de tipo amarre contarán con un aislador adicional, por cuestiones operativas y de mantenimiento de la instalación, sumando 15 aisladores en cada una de ellas.

AISLADORES EN SUSPENSIÓN

En cuanto al cálculo de la resistencia mecánica total que proporcionan esta configuración de aisladores en las cadenas de suspensión, se ha considerado los valores de vano viento y vano peso máximos a los que están sometidos los apoyos de tipo suspensión. Para este caso, el mínimo coeficiente de seguridad que establece reglamento es de 2,5. La comprobación es sencilla:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = CS = \frac{\tau_r}{\sqrt{(V \cdot p_v)^2 + (P \cdot p_c)^2}} = 17,14 > 2,5$$

- V: Máximo vano viento para apoyos de suspensión: **429 m**
- P: Máximo vano peso para apoyos de suspensión: **452 m**
- τ_r : Carga nominal de rotura de la cadena: **16.000 kN**

Se supera con creces el coeficiente mínimo de seguridad por lo que se da por válida la elección de las cadenas de suspensión.

AISLADORES EN AMARRE

En cuanto al cálculo de la resistencia mecánica total que proporcionan esta configuración de aisladores en las cadenas de amarre, se ha considerado el valor de tracción máxima al que está sometido cada conductor igual a su carga máxima admisible. Esto es, un 40% de la carga de rotura. Para este caso, el mínimo coeficiente de seguridad que establece reglamento es de 2,5. La comprobación es sencilla:

$$CS = \frac{\tau_r}{40\% \cdot 10.650} = 3,75 > 2,5$$

- Carga de rotura nominal: **10.650 kN.**
- τ_r : Carga nominal de rotura de la cadena: **16.000 kN.**

Documento N°3

CÁLCULOS MECÁNICOS

Documento N°3: CÁLCULOS MECÁNICOS

Este documento recoge los cálculos mecánicos de la línea eléctrica aérea perteneciente a “**L/220 kV ST Ojeadores – ST Armada**”. Estos cálculos engloban los de los conductores y cables de fibra óptica, los de los apoyos, cimentaciones y las puestas a tierra. Los resultados que se muestran, en su mayoría se han obtenido gracias al software **PLS-CADD**, proporcionado por la empresa. Son los resultados reales del proyecto. Se ha precisado también de ayuda y formación por parte de los ingenieros de Osprel S.L, debido a la complejidad del software.

3.1. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES Y FIBRA ÓPTICA

Las características de los conductores de fase aéreos y de los cables de fibra óptica se encuentran descritas en el apartado 1.5.2.1. del Documento N°1 del presente proyecto (MEMORIA).

3.1.1. CARGAS Y SOBRECARGAS

Las acciones consideradas a la hora de hacer el análisis mecánico de ambos tipos de cables incluyen cargas permanentes y dos tipos de sobrecargas:

- **Cargas permanentes.** Según el apartado 3.1.1. del Reglamento de Líneas de AT; se considera carga permanente la vertical debida al peso del propio conductor.
- **Sobrecarga viento.** Según reglamento, la presión del viento que se emplea para conductores de diámetro mayor de 16 mm se calcula con la siguiente expresión:

$$P_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2$$

V_v = velocidad del viento

*La ITC-LAT 07 establece que este cálculo para líneas de categoría especial (220kV, 400kV), se toma como hipótesis de velocidad del viento 140 km/h.

$$P_v = 50 \left(\frac{140}{120} \right)^2 = 68,056 \text{ daN/m}^2$$

- **Sobrecarga hielo.** Según reglamento, líneas de alta tensión ubicadas en Zona B, como es el caso, se consideran sometidas a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor **0,18 x $\sqrt{d}$** (daN/m) tanto en los conductores de

fase, como los de fibra y tierra. La variable “d” responde al diámetro del cable en cuestión.

3.1.2. HIPÓTESIS

3.1.2.1. Hipótesis de partida

La hipótesis de partida se basa en el concepto EDS (**Every Day Stress**) que tiene en cuenta las vibraciones de origen eólico que sufren los cables en condiciones normales de temperatura (15°), sin contar con sobrecargas y bajo condiciones normales de funcionamiento tal que el cable se encuentre dentro de los límites de no rotura. Se emplean, por lo tanto, los datos de catálogo de los cables seccionados para cada función:

CONDUCTOR DE FASE	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
GULL ACSR-AW	10.650	2.023,5	19

Tabla 40. Carga y tensado bajo funcionamiento normal del conductor GULL tendido.

FIBRA ÓPTICA	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
OPGW Tipo II 25 kA	13.352	1.736	13

Tabla 41. Carga y tensado bajo funcionamiento normal del cable de fibra óptica OPGW.

3.1.2.2. Hipótesis de cálculo

Las hipótesis de cálculo son adicionales a la de partida y simulas los fenómenos que experimenta el conductor en situaciones extremas: máxima tracción admisible, máxima flecha, mínima flecha, desviaciones y vibraciones.

MÁXIMA TRACCIÓN ADMISIBLE

Según la tabla 4 de la Instrucción Técnica Complementaria 07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión los conductores deberán resistir las sobrecargas siguientes en ZONA B:

- **Tracción máxima de viento:** peso propio y sobrecarga de viento 140 km/h a -10 ° C

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{140}^2}$$

- **Tracción máxima de hielo:** peso propio y peso del manguito de hielo a -15°C

$$R = P_c + P_h$$

- **Tracción máxima hielo + viento:** sobrecarga de viento 60 km/h + sobrecarga de hielo a -15°C

$$R = \sqrt{(P_c + P_h)^2 + W_{60}^2}$$

MÁXIMA FLECHA

Según el actual Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (Apartado 3.2.3 ITC-LAT 07), se determinará la flecha máxima de los conductores para ZONA B en las hipótesis siguientes:

- **Flecha máxima con viento:** acción del peso propio y una sobrecarga de viento 120 km/h a la temperatura de 15°C .

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{120}^2}$$

- **Flecha máxima con hielo:** acción del peso propio y manguito de hielo a la temperatura de 0°C .

$$R = P_c + P_h$$

- **Flecha máxima a 85°C :** acción del peso propio a la temperatura de 85°C .

$$R = P_c$$

MÍNIMA FLECHA

Se determina la mínima flecha de los conductores para ZONA B en el siguiente caso:

- **Flecha mínima a -15°C :** acción del peso propio a la temperatura de -15°C .

$$R = P_c$$

VIBRACIONES Y DESVIACIONES

- **Desviación de cadenas a $\frac{1}{2}$ de P_v :** acción del peso propio + sobrecarga de viento 25 daN/mm² (a -10 ° C). Este ensayo solo tiene sentido para los conductores de fase porque son los que cuentan con las cadenas de aisladores.

$$R = \sqrt{P_c^2 + W_{v/2}^2}$$

- **Control vibraciones:** con la acción del peso propio a una temperatura de -5° C.

$$R = P_c$$

A continuación, se muestra una tabla resumen con los valores para el cálculo mecánico de los conductores de acuerdo con todas las hipótesis planteadas anteriormente. Corresponden con los **valores reales** de los cálculos del **POE** entregado a cliente.

HIPÓTESIS en conductor GULL	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor (daN/m)	Resultante (daN/m)
		Espesor (mm)	Densidad hielo (daN/m ³)	Peso hielo (daN/m)	Presión viento (daN/m ²)	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (daN/m)		
Tracción máxima de viento	-10	0	750	0	68,06	25,4	1,729	1,254	2,14
Tracción máxima de hielo	-15	10,67	750	0,91	0	46,74	0	1,254	2,16
Tracción máxima de hielo + viento	-15	10,67	750	0,91	12,5	46,74	0,584	1,254	2,24
EDS	15	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima temperatura (50°)	50	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima temperatura (85°)	85	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	25,4	1,27	1,254	1,78
Flecha máxima hielo	0	10,67	750	0,91	0	46,74	0	1,254	2,16
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25
Desviación cadenas	-10	0	750	0	25	25,4	0,635	1,254	1,41
Control de vibraciones	-5	0	750	0	0	25,4	0	1,254	1,25

Tabla 42. Resumen hipótesis utilizadas en el cálculo mecánico de los conductores de fase GULL.

HIPÓTESIS en conductor GULL	Temperatura (°C)	Sobrecarga hielo			Sobrecarga viento			Peso conductor (daN/m)	Resultante (daN/m)
		Espesor (mm)	Densidad hielo (daN/m³)	Peso hielo (daN/m)	Presión viento (daN/m²)	Diámetro incluido manguito (mm)	Sobrecarga viento (daN/m)		
Tracción máxima de viento	-10	0	750	0	68,056	18	1,225	0,91	1,526
Tracción máxima de hielo	-15	11,13	750	0,764	0	40,26	0	0,91	1,674
Tracción máxima de hielo + viento	-15	11,13	750	0,764	12,5	40,26	0,503	0,91	1,748
EDS	15	0	750	0	0	18	0	0,91	0,91
Flecha máxima temperatura (50°)	50	0	750	0	0	18	0	0,91	0,91
Flecha máxima viento	15	0	750	0	50	18	0,9	0,91	1,28
Flecha máxima hielo	0	11,13	750	0,764	0	40,26	0	0,91	1,674
Flecha mínima	-15	0	750	0	0	18	0	0,91	0,91
Control de vibraciones	-5	0	750	0	0	18	0	0,91	0,91

Tabla 43. Resumen hipótesis utilizadas en el cálculo mecánico de los cables de fibra óptica OPGW.

3.1.3. RESULTADO DEL CÁLCULO

Las tablas que se muestran en este apartado corresponden con los resultados de cálculos mecánicos para el conductor aéreo GULL ACSR-AW para cada uno de los circuitos y de los cables de fibra óptica OPGW, bajo las hipótesis explicadas en el apartado 3.4.1 del presente proyecto. Los resultados son los originales del **POE “L/220 kV ST Ojeadores-ST Armada”** de la empresa Osprel S.L. Se han podido obtener gracias al software de diseño de líneas eléctricas PLS CADD. Debido a la complejidad del mismo, se ha colaborado en paralelo con el equipo de ingenieros de proyectos de la empresa para desarrollar los cálculos mecánicos y analizar los *outputs* de las simulaciones con este programa.

Circuito 1

GULL

Tracciones máximas

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	3152	3,38	1460	10,04	3245	3,28	1481	9,9	3336	3,19	1470	9,97
2	3	358,19	3159	3,37	1460	11,02	3258	3,27	1481	10,86	3349	3,18	1470	10,94
3	4	330,11	3103	3,43	1437	9,51	3205	3,32	1461	9,35	3292	3,24	1449	9,43
4	5	211,36	3088	3,45	1437	3,9	3189	3,34	1461	3,83	3275	3,25	1449	3,87
5	6	335,02	3089	3,45	1437	9,74	3178	3,35	1461	9,58	3266	3,26	1449	9,66
6	7	372,11	3218	3,31	1492	11,58	3298	3,23	1508	11,46	3397	3,14	1499	11,52
7	8	384,92	3222	3,31	1492	12,44	3305	3,22	1508	12,31	3403	3,13	1499	12,38
8	9	470,79	3237	3,29	1492	18,54	3322	3,21	1508	18,34	3421	3,11	1499	18,45
9	10	294,74	3014	3,53	1361	8,23	3217	3,31	1387	8,08	3293	3,23	1375	8,15
10	11	396,85	3196	3,33	1479	13,33	3282	3,24	1499	13,16	3377	3,15	1489	13,25
11	12	353,59	3190	3,34	1479	10,64	3276	3,25	1499	10,51	3371	3,16	1489	10,58
12	PAS 13	290,11	3079	3,46	1421	7,51	3202	3,33	1448	7,37	3285	3,24	1435	7,44
PAS 16	17	244,65	2988	3,56	1394	5,37	3095	3,44	1426	5,25	3169	3,36	1410	5,31
17	Pórtico ST Armada	33,03	410	25,98	181	0,98	466	22,85	189	0,94	478	22,28	188	0,94

Tabla 44. Resultados del cálculo mecánico de tracciones máximas del Circuito 1 en el conductor de fase GULL.

Flechas máximas y mínimas

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T2 (+85°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1512	7,04	1184	12,39	2511	4,24	1389	10,55
2	3	358,19	1520	7,01	1184	13,6	2518	4,23	1389	11,58
3	4	330,11	1433	7,43	1119	12,22	2446	4,35	1352	10,11
4	5	211,36	1421	7,49	1119	5,01	2433	4,38	1352	4,14
5	6	335,02	1419	7,51	1119	12,52	2432	4,38	1352	10,35
6	7	372,11	1612	6,61	1265	13,66	2592	4,11	1436	12,04
7	8	384,92	1616	6,59	1265	14,68	2596	4,1	1436	12,93
8	9	470,79	1627	6,55	1265	21,88	2610	4,08	1436	19,27
9	10	294,74	1426	7,47	1046	10,72	2384	4,47	1275	8,79
10	11	396,85	1563	6,81	1224	16,13	2559	4,16	1415	13,94
11	12	353,59	1559	6,83	1224	12,87	2554	4,17	1415	11,13
12	PAS 13	290,11	1404	7,59	1086	9,84	2418	4,4	1331	8,02
PAS 16	17	244,65	1278	8,33	1011	7,41	2299	4,63	1282	5,84
17	Pórtico ST Armada	33,03	186	57,26	127	1,4	301	35,38	155	1,14
Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	3094	3,44	1411	10,39	2081	5,12	1640	8,94
2	3	358,19	3107	3,43	1411	11,41	2088	5,1	1640	9,81
3	4	330,11	3028	3,52	1379	9,91	2101	5,07	1654	8,26
4	5	211,36	3011	3,54	1379	4,06	2093	5,09	1654	3,38
5	6	335,02	3002	3,55	1379	10,15	2085	5,11	1654	8,46

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T2 (+85°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
6	7	372,11	3178	3,35	1452	11,9	2065	5,16	1630	10,6
7	8	384,92	3185	3,34	1452	12,78	2069	5,15	1630	11,39
8	9	470,79	3202	3,33	1452	19,05	2078	5,13	1630	16,97
9	10	294,74	3032	3,51	1304	8,59	2105	5,06	1571	7,13
10	11	396,85	3144	3,39	1434	13,75	2083	5,11	1642	12,01
11	12	353,59	3138	3,39	1434	10,98	2080	5,12	1642	9,59
12	PAS 13	290,11	3011	3,54	1360	7,85	2120	5,02	1657	6,44
PAS 16	17	244,65	2863	3,72	1319	5,68	2129	5	1693	4,42
17	Pórtico ST Armada	33,03	418	25,48	169	1,05	281	37,9	196	0,9

Tabla 45. Resultados del cálculo mecánico de flechas máximas y mínimas del Circuito 1 en el conductor de fase GULL.

Desviación de cadenas, control de vibraciones y EDS

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-10°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2240	4,75	1576	9,3	1997	5,33	1573	9,32	1854	5,74	1458	10,06
2	3	358,19	2248	4,74	1576	10,21	2005	5,31	1573	10,23	1861	5,72	1458	11,04
3	4	330,11	2241	4,75	1574	8,68	1996	5,34	1571	8,7	1822	5,85	1431	9,55
4	5	211,36	2231	4,77	1574	3,56	1988	5,36	1571	3,57	1813	5,87	1431	3,91
5	6	335,02	2226	4,78	1574	8,89	1981	5,38	1571	8,91	1807	5,89	1431	9,78
6	7	372,11	2247	4,74	1582	10,92	2003	5,32	1580	10,93	1894	5,62	1492	11,58
7	8	384,92	2251	4,73	1582	11,73	2007	5,31	1580	11,74	1897	5,61	1492	12,44

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-10°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
8	9	470,79	2261	4,71	1582	17,48	2017	5,28	1580	17,5	1907	5,58	1492	18,54
9	10	294,74	2223	4,79	1493	7,5	1997	5,33	1487	7,53	1817	5,86	1348	8,31
10	11	396,85	2254	4,72	1585	12,44	2009	5,3	1583	12,46	1881	5,66	1479	13,33
11	12	353,59	2250	4,73	1585	9,93	2006	5,31	1583	9,95	1877	5,67	1479	10,64
12	PAS 13	290,11	2248	4,74	1569	6,8	2005	5,31	1565	6,82	1816	5,86	1414	7,54
PAS 16	17	244,65	2225	4,79	1578	4,75	1978	5,38	1573	4,76	1738	6,13	1380	5,43
17	Pórtico ST Armada	33,03	292	36,47	186	0,95	257	41,44	179	0,99	226	47,12	157	1,13

Tabla 46. Resultados del cálculo mecánico de desviaciones y vibraciones del Circuito 1 en el conductor de fase GULL.

Circuito 2

GULL

Tracciones máximas

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	3151	3,38	1460	10,01	3243	3,28	1481	9,87	3336	3,19	1470	9,94
2	3	358,19	3159	3,37	1460	11,02	3256	3,27	1481	10,87	3349	3,18	1470	10,95
3	4	330,11	3103	3,43	1437	9,51	3205	3,32	1461	9,35	3292	3,24	1449	9,43
4	5	211,36	3088	3,45	1437	3,9	3189	3,34	1461	3,83	3275	3,25	1449	3,87
5	6	335,02	3089	3,45	1437	9,82	3179	3,35	1461	9,65	3266	3,26	1449	9,73
6	7	372,11	3223	3,3	1494	11,65	3303	3,22	1510	11,52	3402	3,13	1502	11,59
7	8	384,92	3228	3,3	1494	12,42	3310	3,22	1510	12,29	3408	3,13	1502	12,36
8	9	470,79	3243	3,28	1494	18,68	3327	3,2	1510	18,48	3426	3,11	1502	18,59
9	10	294,74	3018	3,53	1364	8,33	3219	3,31	1388	8,18	3296	3,23	1376	8,26
10	11	396,85	3196	3,33	1479	13,33	3281	3,25	1498	13,17	3377	3,15	1488	13,25
11	12	353,59	3190	3,34	1479	10,52	3275	3,25	1498	10,39	3371	3,16	1488	10,46
12	PAS 13	290,11	3076	3,46	1420	7,42	3200	3,33	1447	7,28	3282	3,24	1433	7,35
PAS 16	17	244,65	2989	3,56	1394	5,37	3096	3,44	1427	5,25	3170	3,36	1410	5,31
17	Pórtico ST Armada	33,03	416	25,6	183	0,81	482	22,1	193	0,77	493	21,6	192	0,77
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	438	24,32	191	1,29	505	21,09	198	1,24	516	20,64	197	1,25

Tabla 47. Resultados del cálculo mecánico de tracciones máximas del Circuito 2 en el conductor de fase GULL.

Flechas máximas y mínimas

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T2 (+85°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1511	7,05	1183	12,36	2510	4,24	1389	10,52
2	3	358,19	1519	7,01	1183	13,61	2518	4,23	1389	11,59
3	4	330,11	1434	7,43	1119	12,21	2446	4,35	1352	10,1
4	5	211,36	1422	7,49	1119	5	2433	4,38	1352	4,14
5	6	335,02	1420	7,5	1119	12,61	2433	4,38	1352	10,43
6	7	372,11	1615	6,59	1268	13,73	2596	4,1	1438	12,1
7	8	384,92	1619	6,58	1268	14,65	2600	4,1	1438	12,91
8	9	470,79	1630	6,53	1268	22,03	2614	4,07	1438	19,41
9	10	294,74	1430	7,45	1050	10,83	2389	4,46	1278	8,9
10	11	396,85	1562	6,82	1223	16,14	2558	4,16	1415	13,95
11	12	353,59	1558	6,84	1223	12,74	2553	4,17	1415	11,01
12	PAS 13	290,11	1400	7,61	1083	9,73	2415	4,41	1329	7,92
PAS 16	17	244,65	1278	8,33	1011	7,41	2300	4,63	1283	5,84
17	Pórtico ST Armada	33,03	181	58,84	121	1,22	298	35,74	153	0,97
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	210	50,71	139	1,77	330	32,27	167	1,47
Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	3093	3,44	1411	10,36	2080	5,12	1639	8,91
2	3	358,19	3106	3,43	1411	11,41	2088	5,1	1639	9,81
3	4	330,11	3028	3,52	1379	9,91	2100	5,07	1653	8,26
4	5	211,36	3011	3,54	1379	4,06	2092	5,09	1653	3,39

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T2 (+85°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
5	6	335,02	3002	3,55	1379	10,23	2084	5,11	1653	8,53
6	7	372,11	3184	3,34	1455	11,96	2068	5,15	1632	10,66
7	8	384,92	3190	3,34	1455	12,76	2072	5,14	1632	11,37
8	9	470,79	3208	3,32	1455	19,19	2081	5,12	1632	17,1
9	10	294,74	3036	3,51	1306	8,7	2103	5,06	1570	7,24
10	11	396,85	3144	3,39	1434	13,76	2083	5,11	1642	12,01
11	12	353,59	3138	3,39	1434	10,86	2080	5,12	1642	9,48
12	PAS 13	290,11	3007	3,54	1358	7,76	2121	5,02	1657	6,35
PAS 16	17	244,65	2864	3,72	1319	5,67	2131	5	1694	4,42
17	Pórtico ST Armada	33,03	423	25,18	168	0,88	293	36,35	203	0,73
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	461	23,1	180	1,37	302	35,26	205	1,2

Tabla 48. Resultados del cálculo mecánico de flechas máximas y mínimas del Circuito 2 en el conductor de fase GULL.

Desviación de cadenas, control de vibraciones y EDS

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-10°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2240	4,75	1575	9,28	1997	5,33	1573	9,29	1853	5,75	1458	10,03
2	3	358,19	2247	4,74	1575	10,21	2004	5,31	1573	10,23	1861	5,72	1458	11,04
3	4	330,11	2239	4,76	1573	8,68	1996	5,34	1570	8,7	1822	5,85	1431	9,55
4	5	211,36	2230	4,78	1573	3,56	1987	5,36	1570	3,57	1813	5,87	1431	3,91
5	6	335,02	2225	4,79	1573	8,96	1981	5,38	1570	8,98	1807	5,89	1431	9,85

Apoyo		Vano (m)	Desviación cadenas (-10°C+PV/2)				Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
6	7	372,11	2251	4,73	1584	10,98	2006	5,31	1582	11	1897	5,61	1495	11,64
7	8	384,92	2254	4,72	1584	11,71	2010	5,3	1582	11,73	1901	5,6	1495	12,42
8	9	470,79	2265	4,7	1584	17,61	2020	5,27	1582	17,64	1911	5,57	1495	18,67
9	10	294,74	2223	4,79	1493	7,61	1997	5,33	1488	7,63	1819	5,85	1350	8,41
10	11	396,85	2254	4,72	1585	12,44	2009	5,3	1582	12,46	1880	5,66	1479	13,34
11	12	353,59	2251	4,73	1585	9,82	2005	5,31	1582	9,84	1877	5,67	1479	10,53
12	PAS 13	290,11	2248	4,74	1569	6,71	2005	5,31	1565	6,73	1814	5,87	1413	7,45
PAS 16	17	244,65	2226	4,78	1578	4,74	1980	5,38	1573	4,76	1739	6,12	1381	5,42
17	Pórtico ST Armada	33,03	300	35,5	189	0,79	263	40,49	181	0,82	226	47,12	154	0,96
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	315	33,81	196	1,26	281	37,9	189	1,3	252	42,26	169	1,46

Tabla 49. Resultados del cálculo mecánico de desviaciones y vibraciones del Circuito 2 en el conductor de fase GULL.

Circuito 1

OPGW

Tracciones máximas

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2638	4,32	1715	8,54	2871	3,97	1698	8,62	2962	3,85	1678	8,73
2	3	358,19	2646	4,3	1715	9,38	2889	3,94	1698	9,48	2979	3,82	1678	9,59
3	4	330,11	2604	4,37	1690	8,08	2837	4,01	1672	8,17	2920	3,9	1648	8,29
4	5	211,36	2593	4,39	1690	3,31	2823	4,03	1672	3,35	2905	3,92	1648	3,4
5	6	335,02	2593	4,39	1690	8,28	2814	4,05	1672	8,37	2897	3,93	1648	8,5
6	7	372,11	2693	4,23	1752	9,86	2932	3,88	1737	9,95	3032	3,76	1720	10,05
7	8	384,92	2697	4,22	1752	10,59	2940	3,87	1737	10,68	3039	3,75	1720	10,79
8	9	470,79	2708	4,21	1752	15,8	2954	3,86	1737	15,93	3054	3,73	1720	16,09
9	10	294,74	2523	4,51	1600	7,02	2833	4,02	1583	7,09	2906	3,92	1561	7,19
10	11	396,85	2674	4,26	1738	11,34	2909	3,92	1721	11,45	3005	3,79	1703	11,58
11	12	353,59	2673	4,26	1738	9,05	2911	3,91	1721	9,13	3006	3,79	1703	9,23
12	PAS 13	290,11	2586	4,4	1675	6,36	2825	4,03	1655	6,43	2905	3,92	1631	6,53
PAS 16	17	244,65	2519	4,52	1646	4,55	2725	4,18	1623	4,61	2796	4,07	1595	4,69
17	Pórtico ST Armada	33,03	325	35,05	192	1,01	428	26,61	198	0,98	436	26,12	197	0,99
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	361	31,55	213	1,27	471	24,18	218	1,23	480	23,73	217	1,24

Tabla 50. Resultados del cálculo mecánico de tracciones máximas en los cables de fibra óptica OPGW C1.

Flechas máximas y mínimas

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1451	7,85	1577	9,29	2136	5,33	1655	8,85
2	3	358,19	1460	7,8	1577	10,21	2145	5,31	1655	9,73
3	4	330,11	1410	8,08	1526	8,96	2096	5,43	1619	8,44
4	5	211,36	1402	8,12	1526	3,67	2086	5,46	1619	3,46
5	6	335,02	1398	8,15	1526	9,18	2084	5,47	1619	8,65
6	7	372,11	1510	7,54	1643	10,52	2199	5,18	1704	10,14
7	8	384,92	1514	7,52	1643	11,29	2203	5,17	1704	10,89
8	9	470,79	1522	7,48	1643	16,84	2213	5,15	1704	16,24
9	10	294,74	1393	8,18	1426	7,87	2035	5,6	1524	7,37
10	11	396,85	1484	7,68	1613	12,23	2174	5,24	1683	11,72
11	12	353,59	1484	7,68	1613	9,75	2173	5,24	1683	9,34
12	PAS 13	290,11	1393	8,18	1497	7,11	2074	5,49	1597	6,66
PAS 16	17	244,65	1304	8,73	1428	5,24	1992	5,72	1551	4,83
17	Pórtico ST Armada	33,03	170	67	141	1,38	245	46,49	165	1,18
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	194	58,71	161	1,67	277	41,12	187	1,44
Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2748	4,14	1625	9,02	1837	6,2	2002	7,31
2	3	358,19	2766	4,12	1625	9,91	1846	6,17	2002	8,04
3	4	330,11	2696	4,22	1587	8,61	1874	6,08	2037	6,71

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
4	5	211,36	2681	4,25	1587	3,53	1867	6,1	2037	2,75
5	6	335,02	2673	4,26	1587	8,82	1861	6,12	2037	6,87
6	7	372,11	2833	4,02	1677	10,3	1810	6,29	1975	8,75
7	8	384,92	2841	4,01	1677	11,06	1814	6,28	1975	9,39
8	9	470,79	2855	3,99	1677	16,5	1821	6,25	1975	14,01
9	10	294,74	2687	4,24	1499	7,49	1866	6,1	1929	5,82
10	11	396,85	2797	4,07	1654	11,92	1832	6,22	1998	9,86
11	12	353,59	2799	4,07	1654	9,51	1834	6,21	1998	7,87
12	PAS 13	290,11	2675	4,26	1566	6,8	1895	6,01	2048	5,2
PAS 16	17	244,65	2548	4,47	1517	4,93	1924	5,92	2110	3,55
17	Pórtico ST Armada	33,03	388	29,36	178	1,09	242	47,07	206	0,94
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	433	26,3	199	1,35	266	42,82	227	1,19

Tabla 51. Resultados del cálculo mecánico de flechas máximas y mínimas en los cables de fibra óptica OPGW C1.

Control de vibraciones y EDS

Apoyo		Vano (m)	Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1762	6,46	1919	7,63	1631	6,98	1776	8,25
2	3	358,19	1771	6,43	1919	8,38	1640	6,95	1776	9,06
3	4	330,11	1780	6,4	1934	7,07	1622	7,02	1759	7,77
4	5	211,36	1773	6,42	1934	2,9	1614	7,06	1759	3,18
5	6	335,02	1767	6,45	1934	7,24	1609	7,08	1759	7,96

Apoyo		Vano (m)	Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
6	7	372,11	1754	6,49	1913	9,03	1654	6,89	1803	9,59
7	8	384,92	1758	6,48	1913	9,69	1658	6,87	1803	10,29
8	9	470,79	1765	6,45	1913	14,46	1666	6,84	1803	15,35
9	10	294,74	1769	6,44	1826	6,15	1606	7,09	1653	6,79
10	11	396,85	1765	6,45	1924	10,24	1649	6,91	1795	10,98
11	12	353,59	1767	6,45	1924	8,17	1650	6,9	1795	8,76
12	PAS 13	290,11	1792	6,36	1935	5,5	1618	7,04	1745	6,1
PAS 16	17	244,65	1793	6,35	1966	3,81	1575	7,23	1726	4,34
17	Pórtico ST Armada	33,03	224	50,85	190	1,02	199	57,24	167	1,16
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	249	45,74	212	1,27	224	50,85	189	1,43

Tabla 52. Resultados del cálculo mecánico de control de vibraciones en los cables de fibra óptica OPGW C1.

Circuito 2

OPGW

Tracciones máximas

Apoyo		Vano (m)	Tracción Máxima Viento				Tracción Máxima Hielo				Tracción Máxima Hielo+Viento			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2638	4,32	1715	8,54	2871	3,97	1698	8,62	2962	3,85	1678	8,73
2	3	358,19	2646	4,3	1715	9,38	2889	3,94	1698	9,48	2979	3,82	1678	9,59
3	4	330,11	2604	4,37	1690	8,08	2837	4,01	1672	8,17	2920	3,9	1648	8,29
4	5	211,36	2593	4,39	1690	3,31	2823	4,03	1672	3,35	2905	3,92	1648	3,4
5	6	335,02	2593	4,39	1690	8,28	2814	4,05	1672	8,37	2897	3,93	1648	8,5
6	7	372,11	2693	4,23	1752	9,86	2932	3,88	1737	9,95	3032	3,76	1720	10,05
7	8	384,92	2697	4,22	1752	10,59	2940	3,87	1737	10,68	3039	3,75	1720	10,79
8	9	470,79	2708	4,21	1752	15,8	2954	3,86	1737	15,93	3054	3,73	1720	16,09
9	10	294,74	2523	4,51	1600	7,02	2833	4,02	1583	7,09	2906	3,92	1561	7,19
10	11	396,85	2674	4,26	1738	11,34	2909	3,92	1721	11,45	3005	3,79	1703	11,58
11	12	353,59	2673	4,26	1738	9,05	2911	3,91	1721	9,13	3006	3,79	1703	9,23
12	PAS 13	290,11	2586	4,4	1675	6,36	2825	4,03	1655	6,43	2905	3,92	1631	6,53
PAS 16	17	244,65	2519	4,52	1646	4,55	2725	4,18	1623	4,61	2796	4,07	1595	4,69
17	Pórtico ST Armada	33,03	325	35,05	192	1,01	428	26,61	198	0,98	436	26,12	197	0,99
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	361	31,55	213	1,27	471	24,18	218	1,23	480	23,73	217	1,24

Tabla 53. Resultados del cálculo mecánico de tracciones máximas en los cables de fibra óptica OPGW C2.

Flechas máximas y mínimas

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1451	7,85	1577	9,29	2136	5,33	1655	8,85
2	3	358,19	1460	7,8	1577	10,21	2145	5,31	1655	9,73
3	4	330,11	1410	8,08	1526	8,96	2096	5,43	1619	8,44
4	5	211,36	1402	8,12	1526	3,67	2086	5,46	1619	3,46
5	6	335,02	1398	8,15	1526	9,18	2084	5,47	1619	8,65
6	7	372,11	1510	7,54	1643	10,52	2199	5,18	1704	10,14
7	8	384,92	1514	7,52	1643	11,29	2203	5,17	1704	10,89
8	9	470,79	1522	7,48	1643	16,84	2213	5,15	1704	16,24
9	10	294,74	1393	8,18	1426	7,87	2035	5,6	1524	7,37
10	11	396,85	1484	7,68	1613	12,23	2174	5,24	1683	11,72
11	12	353,59	1484	7,68	1613	9,75	2173	5,24	1683	9,34
12	PAS 13	290,11	1393	8,18	1497	7,11	2074	5,49	1597	6,66
PAS 16	17	244,65	1304	8,73	1428	5,24	1992	5,72	1551	4,83
17	Pórtico ST Armada	33,03	170	67	141	1,38	245	46,49	165	1,18
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	194	58,71	161	1,67	277	41,12	187	1,44
Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima hielo (0°C+hB)				Flecha mínima (-5°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	2748	4,14	1625	9,02	1837	6,2	2002	7,31
2	3	358,19	2766	4,12	1625	9,91	1846	6,17	2002	8,04
3	4	330,11	2696	4,22	1587	8,61	1874	6,08	2037	6,71
4	5	211,36	2681	4,25	1587	3,53	1867	6,1	2037	2,75

Apoyo		Vano (m)	Flecha máxima T1 (+50°C)				Flecha máxima viento (+15°C+120kmh)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
5	6	335,02	2673	4,26	1587	8,82	1861	6,12	2037	6,87
6	7	372,11	2833	4,02	1677	10,3	1810	6,29	1975	8,75
7	8	384,92	2841	4,01	1677	11,06	1814	6,28	1975	9,39
8	9	470,79	2855	3,99	1677	16,5	1821	6,25	1975	14,01
9	10	294,74	2687	4,24	1499	7,49	1866	6,1	1929	5,82
10	11	396,85	2797	4,07	1654	11,92	1832	6,22	1998	9,86
11	12	353,59	2799	4,07	1654	9,51	1834	6,21	1998	7,87
12	PAS 13	290,11	2675	4,26	1566	6,8	1895	6,01	2048	5,2
PAS 16	17	244,65	2548	4,47	1517	4,93	1924	5,92	2110	3,55
17	Pórtico ST Armada	33,03	388	29,36	178	1,09	242	47,07	206	0,94
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	433	26,3	199	1,35	266	42,82	227	1,19

Tabla 54. Resultados del cálculo mecánico de flechas máximas y mínimas en los cables de fibra óptica OPGW C2.

Control de vibraciones y EDS

Apoyo		Vano (m)	Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
1	2	341,8	1951	5,84	1907	7,68	1762	6,46	1919	7,63
2	3	358,19	1961	5,81	1907	8,44	1771	6,43	1919	8,38
3	4	330,11	1969	5,78	1918	7,12	1780	6,4	1934	7,07
4	5	211,36	1961	5,81	1918	2,92	1773	6,42	1934	2,9
5	6	335,02	1956	5,82	1918	7,3	1767	6,45	1934	7,24
6	7	372,11	1946	5,85	1904	9,08	1754	6,49	1913	9,03

Apoyo		Vano (m)	Control de vibraciones (-5°C)				EDS (+15°C)			
Inicial	Final		Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)	Tensión (daN)	CS	Parámetro (m)	Flecha (m)
7	8	384,92	1951	5,84	1904	9,74	1758	6,48	1913	9,69
8	9	470,79	1958	5,82	1904	14,53	1765	6,45	1913	14,46
9	10	294,74	1942	5,87	1814	6,19	1769	6,44	1826	6,15
10	11	396,85	1958	5,82	1914	10,3	1765	6,45	1924	10,24
11	12	353,59	1959	5,81	1914	8,21	1767	6,45	1924	8,17
12	PAS 13	290,11	1978	5,76	1919	5,55	1792	6,36	1935	5,5
PAS 16	17	244,65	1977	5,76	1943	3,85	1793	6,35	1966	3,81
17	Pórtico ST Armada	33,03	245	46,49	196	0,99	224	50,85	190	1,02
Pórtico ST Ojeadores	1	45,01	272	41,88	218	1,24	249	45,74	212	1,27

Tabla 55. Resultados del cálculo mecánico de control de vibraciones en los cables de fibra óptica OPGW C2.

3.1.4. TABLA DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación recogen toda la información sobre las flechas con las que deben ser tendidos e instalados los conductores sobre los apoyos en función de la temperatura a la que se encuentre el medio y sin sobrecargas de ningún tipo. Son también las originales del POE “L/220 kV ST Ojeadores-ST Armada”.

Para obtener las tensiones que soporta un cable en cada punto de la catenaria, es necesario conocer la tracción a la que está sometido mientras se instala y la flecha en cada vano. Utilizamos la expresión para conocer la tensión soportada:

$$T = T_0 \cdot ch\left(\frac{x}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

Donde:

T	= tensión del cable en el punto X	[daN]
T_0	= componente horizontal de la tensión del conductor	[daN]
H	= parámetro de la catenaria	[m]
x	= coordenada en el eje x del cable	[m]

Para calcular la flecha en cada vano, se emplea la siguiente expresión:

$$f = \frac{T_{mi}}{p} \left[ch\left(\frac{a_i}{2 \cdot H}\right) - 1 \right] \quad (\text{m})$$

$$T_m = T_0 \cdot ch\left(\frac{x_m}{H}\right) \quad (\text{daN})$$

Donde:

f	= tensión del cable en el punto X	[m]
T_{mi}	= tensión del conductor en el punto medio del vano	[daN]
a	= longitud del vano medido longitudinalmente	[m]
b	= desnivel del vano medido en vertical	[m]
H	= parámetro de la catenaria	[m]
p	= fuerza peso aparente	[daN/m]
a_i	= longitud del vano “i”	[m]
x_m	= coordenada en el eje x del cable	[m]

		Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
				Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
CIRCUITO 1	Apoyo 1 a Apoyo 2	342,08	349,8	2212,34	8,31	2165,41	8,49	2121,33	8,66	2079,31	8,84	2039,38	9,01	2000,72	9,19	1963,37	9,36	1928,2	9,53	1894,4	9,7	1861,97	9,87	1830,95	10,04	1800,91	10,21
	Apoyo 2 a Apoyo 3	358,19	349,8	2212,34	9,12	2165,41	9,32	2121,33	9,51	2079,31	9,7	2039,38	9,89	2000,72	10,08	1963,37	10,28	1928,2	10,46	1894,4	10,65	1861,97	10,84	1830,95	11,02	1800,91	11,21
	Apoyo 3 a Apoyo 4	330,11	307,11	2260,36	7,58	2202,82	7,77	2147,15	7,98	2095,09	8,17	2045	8,38	1997,8	8,57	1952,67	8,77	1909,65	8,97	1868,78	9,17	1830,11	9,36	1793,23	9,55	1757,72	9,75
	Apoyo 4 a Apoyo 5	211,36	307,11	2260,36	3,11	2202,82	3,19	2147,15	3,27	2095,09	3,35	2045	3,43	1997,8	3,51	1952,67	3,6	1909,65	3,68	1868,78	3,76	1830,11	3,84	1793,23	3,92	1757,72	4
	Apoyo 5 a Apoyo 6	334,37	307,11	2260,36	7,76	2202,82	7,96	2147,15	8,17	2095,09	8,37	2045	8,58	1997,8	8,78	1952,67	8,98	1909,65	9,19	1868,78	9,39	1830,11	9,59	1793,23	9,78	1757,72	9,98
	Apoyo 6 a Apoyo 7	371,45	415,45	2163,55	10,01	2130,24	10,17	2097,81	10,33	2066,71	10,48	2036,54	10,64	2007,73	10,79	1979,46	10,94	1952,6	11,09	1926,3	11,25	1901	11,4	1876,29	11,55	1852,61	11,7
	Apoyo 7 a Apoyo 8	384,92	415,45	2163,55	10,75	2130,24	10,92	2097,81	11,09	2066,71	11,26	2036,54	11,43	2007,73	11,59	1979,46	11,76	1952,6	11,92	1926,3	12,08	1901	12,24	1876,29	12,4	1852,61	12,56
	Apoyo 8 a Apoyo 9	469,72	415,45	2163,55	16,02	2130,24	16,27	2097,81	16,53	2066,71	16,78	2036,54	17,03	2007,73	17,27	1979,46	17,52	1952,6	17,76	1926,3	18	1901	18,24	1876,29	18,49	1852,61	18,72
	Apoyo 9 a Apoyo 10	293,67	282,87	2140,48	6,56	2082,18	6,74	2026,61	6,93	1974,7	7,11	1924,78	7,3	1877,77	7,48	1833,74	7,66	1791,85	7,84	1752,14	8,02	1713,78	8,2	1677,68	8,37	1643,87	8,55
	Apoyo 10 a Apoyo 11	396,85	377,3	2200,56	11,24	2160,29	11,45	2121,26	11,66	2083,48	11,87	2047,83	12,08	2013,08	12,28	1979,66	12,49	1948,04	12,7	1917,37	12,9	1888,11	13,1	1859,83	13,3	1832,12	13,5
	Apoyo 11 a Apoyo 12	354,59	377,3	2200,56	8,97	2160,29	9,14	2121,26	9,31	2083,48	9,47	2047,83	9,64	2013,08	9,81	1979,66	9,97	1948,04	10,13	1917,37	10,3	1888,11	10,46	1859,83	10,62	1832,12	10,78
	Apoyo 12 a Apoyo PAS 13	291,07	289,17	2277,5	5,87	2213,37	6,04	2152,71	6,21	2094,74	6,39	2040,39	6,56	1988,86	6,73	1940,23	6,89	1894,55	7,06	1850,12	7,23	1808,73	7,4	1769,1	7,56	1731,72	7,73
	Apoyo PAS 14 a Apoyo PAS 15	274,15	274,14	2311,17	5,1	2240,57	5,26	2174,19	5,42	2112,12	5,58	2051,9	5,74	1996,16	5,91	1942,39	6,07	1892,38	6,23	1845,32	6,39	1800,4	6,55	1757,65	6,71	1717,11	6,87
	Apoyo PAS 16 a Apoyo 17	244,66	244,66	2369,93	3,96	2284,74	4,11	2205,21	4,26	2131,49	4,4	2060,32	4,56	1994,33	4,71	1932,79	4,86	1874,04	5,01	1819,02	5,16	1767,82	5,31	1718,72	5,46	1673,56	5,61
	Apoyo 17 a Apoyo Pórtico SET Armada	34,61	31,55	233,11	0,88	223,12	0,92	214,33	0,96	206,9	1	200,91	1,03	195,37	1,05	190,27	1,08	185,38	1,11	181,17	1,14	177,33	1,16	175	1,18	172,76	1,19
CIRCUITO 2	Apoyo 1 a Apoyo 2	341,52	349,54	2211,51	8,28	2164,58	8,46	2121,34	8,64	2078,47	8,81	2038,53	8,99	1999,87	9,16	1962,94	9,33	1927,34	9,51	1893,53	9,68	1861,1	9,85	1830,08	10,01	1800,48	10,18
	Apoyo 2 a Apoyo 3	358,19	349,54	2211,51	9,12	2164,58	9,32	2121,34	9,51	2078,47	9,71	2038,53	9,9	1999,87	10,09	1962,94	10,28	1927,34	10,47	1893,53	10,66	1861,1	10,84	1830,08	11,03	1800,48	11,21
	Apoyo 3 a Apoyo 4	330,11	307,7	2259,51	7,58	2201,13	7,78	2146,29	7,98	2094,22	8,18	2044,13	8,38	1996,92	8,58	1951,78	8,78	1909,63	8,97	1868,76	9,17	1830,09	9,36	1793,65	9,55	1758,59	9,74
	Apoyo 4 a Apoyo 5	211,36	307,7	2259,51	3,11	2201,13	3,19	2146,29	3,27	2094,22	3,35	2044,13	3,44	1996,92	3,52	1951,78	3,6	1909,63	3,68	1868,76	3,76	1830,09	3,84	1793,65	3,92	1758,59	3,99
	Apoyo 5 a Apoyo 6	335,68	307,7	2259,51	7,82	2201,13	8,03	2146,29	8,24	2094,22	8,44	2044,13	8,65	1996,92	8,85	1951,78	9,06	1909,63	9,26	1868,76	9,46	1830,09	9,66	1793,65	9,86	1758,59	10,06
	Apoyo 6 a Apoyo 7	372,76	416,79	2166,44	10,07	2133,56	10,22	2101,15	10,38	2070,07	10,54	2039,91	10,69	2011,12	10,85	1982,87	11	1956,02	11,15	1929,73	11,31	1904,45	11,46	1879,75	11,61	1856,09	11,76
	Apoyo 7 a Apoyo 8	384,92	416,79	2166,44	10,74	2133,56	10,91	2101,15	11,07	2070,07	11,24	2039,91	11,41	2011,12	11,57	1982,87	11,74	1956,02	11,9	1929,73	12,06	1904,45	12,22	1879,75	12,38	1856,09	12,54
	Apoyo 8 a Apoyo 9	471,86	416,79	2166,44	16,15	2133,56	16,4	2101,15	16,65	2070,07	16,9	2039,91	17,15	2011,12	17,4	1982,87	17,65	1956,02	17,89	1929,73	18,14	1904,45	18,38	1879,75	18,62	1856,09	18,86
	Apoyo 9 a Apoyo 10	295,81	285,07	2138,74	6,66	2080,43	6,85	2026,55	7,03	1974,63	7,21	1925,58	7,4	1879,44	7,58	1835,41	7,76	1793,53	7,94	1753,83	8,12	1716,36	8,3	1681,16	8,47	1646,92	8,65
	Apoyo 10 a Apoyo 11	396,85	376,47	2201,43	11,23	2160,32	11,45	2121,28	11,66	2083,5	11,87	2047,86	12,08	2012,68	12,29	1979,69	12,49	1948,07	12,7	1916,96	12,9	1887,26	13,11	1858,99	13,31	1831,71	13,5
	Apoyo 11 a Apoyo 12	352,58	376,47	2201,43	8,86	2160,32	9,03	2121,28	9,2	2083,5	9,37	2047,86	9,53	2012,68	9,7	1979,69	9,86	1948,07	10,02	1916,96	10,18	1887,26	10,34	1858,99	10,5	1831,71	10,66
	Apoyo 12 a Apoyo PAS 13	289,14	287,22	2280,05	5,79	2215,1	5,96	2153,6	6,13	2095,64	6,3	2040,44	6,47	1988,92	6,64	1939,42	6,81	1892,87	6,97	1848,43	7,14	1806,15	7,31	1766,95	7,47	1729,12	7,64
	Apoyo PAS 14 a Apoyo PAS 15	274,03	274,03	2312	5,09	2241,41	5,25	2174,19	5,42	2112,12	5,58	2051,91	5,74	1996,16	5,9	1942,39	6,06	1892,38	6,22	1844,45	6,39	1799,52	6,55	1757,65	6,7	1717,11	6,86
	Apoyo PAS 16 a Apoyo 17	244,64	244,64	2371,59	3,96	2286,41	4,1	2206,89	4,25	2133,19	4,4	2062,03	4,55	1995,19	4,7	1933,65	4,85	1874,91	5,01	1819,9	5,16	1768,7	5,31	1720,49	5,46	1674,45	5,61
	Apoyo 17 a Apoyo Pórtico sT Armada	31,92	28,67	237,08	0,75	224,85	0,79	214,26	0,83	205,37	0,87	198,46	0,9	191,98	0,93	186,17	0,96	180,8	0,98	175,87	1,01	171,85	1,04	169,36	1,05	166,96	1,07
	Apoyo Pórtico ST Ojeadores a Apoyo 1	40,36	35,95	245,74	1,17	236,67	1,21	228,48	1,26	221,7	1,29	216,01	1,33	210,75	1,36	205,71	1,39	201,11	1,43	196,72	1,46	192,78	1,49	190,15	1,51	187,98	1,53

Tabla 56. Tabla de regulación para instalación del tendido aéreo de los conductores de fase.

		Longitud de Vano (m)	Vano de regulación (m)	-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
				Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)	Tensión (daN)	Flecha (m)
Fibra Óptica CIRCUITO 1	Apoyo 1 a Apoyo 2	342,01	349,73	1861,92	7,16	1821,92	7,31	1782,72	7,47	1746,74	7,63	1711,57	7,79	1678,01	7,94	1646,05	8,1	1615,71	8,25	1586,18	8,4	1558,25	8,55	1531,94	8,7	1505,62	8,85
	Apoyo 2 a Apoyo 3	358,19	349,73	1861,92	7,86	1821,92	8,04	1782,72	8,21	1746,74	8,38	1711,57	8,56	1678,01	8,73	1646,05	8,9	1615,71	9,06	1586,18	9,23	1558,25	9,4	1531,94	9,56	1505,62	9,73
	Apoyo 3 a Apoyo 4	330,11	307,12	1903,81	6,53	1853,35	6,71	1804,49	6,89	1759,66	7,07	1716,44	7,24	1675,64	7,42	1636,45	7,6	1600,48	7,77	1565,31	7,94	1531,75	8,12	1500,61	8,29	1470,28	8,46
	Apoyo 4 a Apoyo 5	211,36	307,12	1903,81	2,68	1853,35	2,75	1804,49	2,82	1759,66	2,9	1716,44	2,97	1675,64	3,04	1636,45	3,11	1600,48	3,18	1565,31	3,26	1531,75	3,33	1500,61	3,4	1470,28	3,47
	Apoyo 5 a Apoyo 6	334,53	307,12	1903,81	6,69	1853,35	6,87	1804,49	7,06	1759,66	7,24	1716,44	7,42	1675,64	7,6	1636,45	7,78	1600,48	7,96	1565,31	8,14	1531,75	8,32	1500,61	8,49	1470,28	8,67
	Apoyo 6 a Apoyo 7	371,62	415,6	1827,43	8,6	1797,08	8,75	1768,34	8,89	1741,21	9,03	1714,08	9,17	1688,57	9,31	1664,26	9,45	1640,76	9,59	1617,66	9,72	1595,36	9,86	1574,27	9,99	1553,59	10,12
	Apoyo 7 a Apoyo 8	384,92	415,6	1827,43	9,24	1797,08	9,39	1768,34	9,55	1741,21	9,69	1714,08	9,85	1688,57	10	1664,26	10,14	1640,76	10,29	1617,66	10,44	1595,36	10,58	1574,27	10,72	1553,59	10,87
	Apoyo 8 a Apoyo 9	469,96	415,6	1827,43	13,78	1797,08	14,01	1768,34	14,24	1741,21	14,46	1714,08	14,69	1688,57	14,91	1664,26	15,13	1640,76	15,35	1617,66	15,57	1595,36	15,79	1574,27	16	1553,59	16,21
	Apoyo 9 a Apoyo 10	293,91	282,91	1805,87	5,66	1755,41	5,82	1706,56	5,98	1661,73	6,15	1618,52	6,31	1578,53	6,47	1540,14	6,63	1504,17	6,79	1469,81	6,95	1437,07	7,11	1406,74	7,26	1377,21	7,42
	Apoyo 10 a Apoyo 11	396,85	377,18	1854,11	9,67	1818,13	9,86	1784,56	10,05	1750,99	10,24	1719,84	10,43	1690,31	10,61	1660,76	10,8	1633,64	10,98	1606,52	11,17	1581	11,35	1556,7	11,52	1533,2	11,7
	Apoyo 11 a Apoyo 12	354,34	377,18	1854,11	7,71	1818,13	7,87	1784,56	8,02	1750,99	8,17	1719,84	8,32	1690,31	8,46	1660,76	8,61	1633,64	8,76	1606,52	8,91	1581	9,05	1556,7	9,19	1533,2	9,33
	Apoyo 12 a Apoyo PAS 13	290,83	289,02	1918,61	5,05	1863,32	5,2	1811,25	5,35	1760,79	5,5	1714,35	5,65	1669,52	5,8	1627,92	5,95	1587,92	6,1	1550,34	6,25	1515,18	6,39	1481,63	6,54	1449,68	6,68
Fibra Óptica CIRCUITO 2	Apoyo PAS 16 a Apoyo 17	244,66	244,66	1991,76	3,42	1920,37	3,55	1852,21	3,68	1788,88	3,81	1728,76	3,94	1673,48	4,07	1620,61	4,2	1570,96	4,34	1525,34	4,47	1481,33	4,6	1440,53	4,73	1401,35	4,86
	Apoyo 17 a Apoyo Pórtico sT Armada	35,62	29,07	195,52	0,9	187,18	0,94	179,64	0,98	173,11	1,02	166,99	1,06	161,66	1,09	156,54	1,13	152,02	1,16	147,91	1,2	144,2	1,23	140,48	1,26	137,18	1,29
	Apoyo 1 a Apoyo 2	341,59	349,54	1192,31	5,9	1164,7	6,04	1137,96	6,18	1112,93	6,32	1088,75	6,46	1065,44	6,6	1043,82	6,74	1022,23	6,88	1002,33	7,02	982,44	7,16	964,25	7,3	946,08	7,44
	Apoyo 2 a Apoyo 3	358,19	349,54	1192,31	6,5	1164,7	6,65	1137,96	6,81	1112,93	6,96	1088,75	7,12	1065,44	7,27	1043,82	7,42	1022,23	7,58	1002,33	7,73	982,44	7,89	964,25	8,04	946,08	8,19
	Apoyo 3 a Apoyo 4	330,11	307,56	1213,8	5,42	1181,11	5,57	1149,3	5,72	1120,04	5,87	1090,81	6,03	1064,13	6,18	1037,89	6,34	1013,36	6,49	989,27	6,65	966,88	6,8	945,35	6,96	924,68	7,12
	Apoyo 4 a Apoyo 5	211,36	307,56	1213,8	2,22	1181,11	2,28	1149,3	2,35	1120,04	2,41	1090,81	2,47	1064,13	2,53	1037,89	2,6	1013,36	2,66	989,27	2,73	966,88	2,79	945,35	2,85	924,68	2,92
	Apoyo 5 a Apoyo 6	335,51	307,56	1213,8	5,59	1181,11	5,74	1149,3	5,9	1120,04	6,05	1090,81	6,22	1064,13	6,37	1037,89	6,53	1013,36	6,69	989,27	6,85	966,88	7,01	945,35	7,17	924,68	7,33
	Apoyo 6 a Apoyo 7	372,6	416,63	1171,79	7,14	1150,53	7,27	1130,12	7,4	1110,57	7,53	1091,45	7,66	1073,18	7,79	1055,76	7,92	1039,2	8,05	1022,65	8,18	1006,95	8,31	991,68	8,44	977,25	8,56
	Apoyo 7 a Apoyo 8	384,92	416,63	1171,79	7,62	1150,53	7,76	1130,12	7,9	1110,57	8,04	1091,45	8,18	1073,18	8,32	1055,76	8,46	1039,2	8,6	1022,65	8,73	1006,95	8,87	991,68	9,01	977,25	9,14
	Apoyo 8 a Apoyo 9	471,62	416,63	1171,79	11,45	1150,53	11,66	1130,12	11,87	1110,57	12,08	1091,45	12,29	1073,18	12,5	1055,76	12,71	1039,2	12,91	1022,65	13,12	1006,95	13,32	991,68	13,53	977,25	13,73
	Apoyo 9 a Apoyo 10	295,57	284,63	1156,45	4,72	1123,82	4,86	1092,06	5	1062,85	5,14	1033,67	5,29	1007,05	5,43	981,29	5,57	956,39	5,71	933,2	5,85	910,87	6	890,23	6,14	869,62	6,28
	Apoyo 10 a Apoyo 11	396,85	376,57	1187,84	7,99	1162,77	8,16	1138,56	8,33	1116,05	8,5	1093,98	8,67	1072,76	8,85	1052,83	9,01	1032,9	9,19	1014,68	9,35	996,46	9,52	979,1	9,69	962,59	9,86
	Apoyo 11 a Apoyo 12	352,84	376,57	1187,84	6,32	1162,77	6,45	1138,56	6,59	1116,05	6,72	1093,98	6,86	1072,76	7	1052,83	7,13	1032,9	7,27	1014,68	7,4	996,46	7,53	979,1	7,67	962,59	7,8
	Apoyo 12 a Apoyo PAS 13	289,39	287,57	1222,4	4,15	1187,18	4,27	1152,83	4,4	1121,04	4,53	1090,12	4,66	1060,07	4,79	1032,58	4,92	1005,96	5,05	980,2	5,18	956,14	5,31	932,95	5,44	911,45	5,57
	Apoyo PAS 16 a Apoyo 17	274,04	274,04	1237,73	3,65	1199,11	3,77	1163,91	3,89	1128,74	4,01	1096,13	4,13	1065,23	4,25	1035,21	4,37	1006,91	4,49	979,47	4,62	953,74	4,74	929,71	4,86	906,55	4,99
	Apoyo 17 a Apoyo Pórtico sT Armada	244,64	244,64	1258,23	2,86	1216,21	2,96	1175,09	3,07	1136,53	3,17	1098,86	3,28	1063,76	3,39	1030,38	3,5	998,72	3,61	967,93	3,72	938,87	3,84	912,35	3,95	886,28	4,07

Tabla 57. Tabla de regulación para instalación del tendido aéreo de los cables de fibra óptica.

3.2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Para la explicación y comprobación de las distancias de seguridad reglamentarias se consideran tres tipos de distancias base **según 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. Del puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externas, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.* (1,7 m para líneas 220kV)
- 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. Dpp es una distancia interna.*” (2 m para líneas 220kV)
- D_{add} : “Distancia de aislamiento adicional”. (Para líneas de 220 kV es de **3,5 m**).
- A_{som} : “*Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.*” Tal que siempre:

$$D_{add} + D_{add} > 1,1 \cdot A_{som}$$

- **Distancia de seguridad en apoyos de alineación: cadenas suspensión.**

Para calcular en ángulo de inclinación de las cadenas de suspensión se emplea la expresión:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F_t + \frac{F_{ta}}{2}}{P + \frac{P_a}{2} + P_c}$$

Donde:

$F_t =$	fuerza debida al viento actuando sobre los conductores a ambos lados del apoyo + componente horizontal de la tracción transmitida en los apoyos en ángulo.	[daN]
$F_a =$	fuerza debida al viento actuando en la cadena de aisladores con presión del viento a la mitad	[daN]
$P =$	componente vertical de las fuerzas que actúan sobre los conductores de los vanos unidos al apoyo	[daN]
$P_a =$	peso total de los herrajes + aisladores	[daN]
$P_c =$	peso de los contrapesos instalados cuando los haya	[daN]

El ángulo de oscilación de las cadenas de aisladores no puede ser mayor a $44,63^\circ$ la condición de cadenas desviadas, para garantizar la distancia mínima de 1,7 m entre el conductor y el apoyo. En el Documento N°5 del presente proyecto (PLANOS) quedan representadas estas distancias.

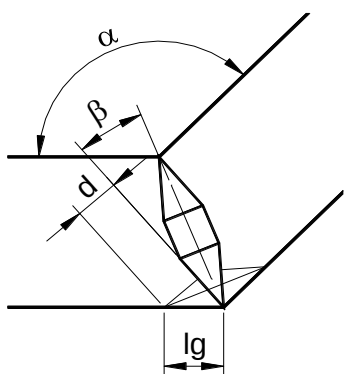
A continuación, se muestra una tabla que recoge las inclinaciones para cada uno de los apoyos de la línea que cuenta con cadenas de aisladores en suspensión. La configuración de los ángulos para estos apoyos se extrae gracias a PLS-CADD:

Nº Apoyo	Tipo	Función	Armado	Inclinación cadena (°)	Porcentaje de inclinación máxima
2	CO-9000-27-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	22,5	50,30
4	CO-9000-24-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	24,3	54,50
5	CO-9000-39-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	17,10	38,30
7	CO-9000-27-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	23,60	52,90
8	CO-9000-27-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	24,40	54,80
11	CO-9000-33-N3666	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	N3666	24,00	53,80

Tabla 58. Ángulos de las cadenas de aisladores para apoyos de tipo suspensión.

- Distancia a masa en apoyos en ángulo: cadenas amarre.**

Como es habitual, la línea cuenta con apoyos en los que se produce un cambio en la trayectoria del siguiente vano respecto al anterior, son los apoyos que denominamos “en ángulo”. Por normativa, se tiene que garantizar una separación entre los conductores en tensión y el apoyo puesto a tierra en estos casos, tal que:



$$d = lg \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2} - \beta\right)$$

$$\beta = \operatorname{atan}\left(\frac{f/2}{br - f/2}\right)$$

Donde:

lg	= longitud de la cadena de amarre en metros	[m]
α	= ángulo de la cruceta	[°]
β	= semiángulo de la cruceta	[°]
f	= fuste del apoyo	[m]
br	= el brazo más corto de la cruceta	[m]

A continuación, se muestra una tabla que recoge los resultados según PLS-CADD de las “distancias masa” para cada apoyo de la línea que cuenta con cadena de aislamiento en amarre. Para todos ellos, se supera la distancia mínima reglamentaria de 1,7 m.

Nº Apoyo	Tipo	Función	Armado	α (°)	f (m)	br (m)	l (m)	h (m)	β (°)	d (m)
1	GCO-40000-25-N1113	ÁNGULO- ANCLAJE	N1113	162,79	2	4,7	3,55	2,5	12,01	3,32
3	CO-12000-21-N3666	ALINEACIÓN- ANCLAJE	N3666	180	1,5	4,3	3,55	2,5	9,89	3,5
6	GCO-40000-30-N1113	ÁNGULO- ANCLAJE	N1113	163,95	2	4,7	3,55	2,5	12,01	3,34
9	IC-55000-40-N1113	ÁNGULO- ANCLAJE	N1113	152,52	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	3,1
10	CO-12000-21-N3666	ALINEACIÓN- ANCLAJE	N3666	180	1,5	4,3	3,55	2,5	9,89	3,5
12	GCO-40000-25-N1113	ÁNGULO- ANCLAJE	N1113	155,31	2	4,7	3,55	2,5	12,01	3,23
PAS 13	IC-70000-25-N1113	APOYO FIN DE LÍNEA-PAS	N1113	155,02	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	3,13
PAS 14	IC-70000-25-N1113	APOYO FIN DE LÍNEA-PAS	N1113	153,51	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	3,11
PAS 15	IC-70000-25-N1113	APOYO FIN DE LÍNEA-PAS	N1113	180	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	3,42
PAS 16	IC-70000-25-N1113	APOYO FIN DE LÍNEA-PAS	N1113	135,98	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	2,82
17	IC-70000-20-N1113	ÁNGULO- ANCLAJE	N1113	151,72	2,5	4,5	3,55	2,5	15,52	3,08

Tabla 59. Distancias masa de las cadenas de aisladores en ángulo en apoyos tipo amarre/anclaje.

- Distancia entre los conductores**

El apartado 5.4.1. de la ITC-LAT 07 establece que: “la distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos”.

Para cumplir con este requisito, se formula la siguiente ecuación:

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

Donde:

D	= distancia mínima entre conductores	[m]
F	= flecha máxima	[m]
D_{pp}	= distancia mínima especificada por Reglamento (1,7m)	[m]
L	= longitud de la cadena de suspensión (L=0 cuando se trate de amarre, L=2,63 m para suspensión)	[m]
K	= coeficiente dependiente del ángulo de oscilación de los cables con el viento (α)	
K'	= coeficiente dependiente de la categoría de la línea (para 220kV es 0,85)	

El ángulo α de oscilación se calcula como:

$$\alpha = \arctg \frac{P_v}{P_c} = \arctg \frac{1,73}{1,25} = 54,15^\circ$$

Y para ese valor (entre 40 y 60°), reglamento fija **K = 0,65** en líneas de 220 kV.

A continuación, se muestra una tabla que recoge los resultados según PLS-CADD de las distancias entre conductores para cada apoyo de la línea.

Apoyo	Denominación	Función	Flecha máxima en vano anterior (m)	Flecha máxima en vano posterior (m)	Dist. Mín (m)	Dist. Real (m)	Porcentaje superación
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	-	12,42	3,99	4,10	3%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	12,42	13,61	4,32	10,21	58%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN- ANCLAJE	13,61	12,22	4,10	10,21	60%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	12,22	5,01	4,20	10,21	59%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	5,01	12,61	4,24	10,21	58%
6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO- ANCLAJE	12,61	13,73	4,11	10,94	62%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	13,73	14,68	4,40	10,21	57%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	14,68	22,03	4,93	10,21	52%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	22,03	10,83	4,75	10,71	56%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	10,83	16,14	4,31	10,21	58%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	16,14	12,87	4,52	10,21	56%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	12,87	9,84	4,03	10,94	63%
PAS 13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	9,84	0,00	3,58	10,71	67%
PAS 14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	0,00	8,85	3,63	10,71	66%
PAS 15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	8,85	0,00	3,48	10,71	67%
PAS 16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	0,00	7,41	3,47	10,71	68%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	7,47	1,40	3,47	10,71	68%

Tabla 60. Distancias entre conductores para cada apoyo.

3.3. CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

El diseño y cálculo de cada uno de los apoyos de la línea se lleva a cabo de forma individual y particular para cada tipo, bajo distintas hipótesis recogidas en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

El cálculo mecánico de los apoyos se basa en estudiar el esfuerzo equivalente que transmiten a la propia cruceta del apoyo los esfuerzos individuales que sufren los conductores y los cables de fibra óptica. Todo ello bajo las distintas hipótesis reglamentarias y empleando el sistema cartesiano ortogonal de coordenadas con sentido a derechas en tres ejes: longitudinal (L), transversal (T) y vertical (V).

3.3.1. HIPÓTESIS

Las hipótesis que se fijan según normativa para líneas de alta tensión ubicadas en ZONA B son:

Hipótesis 1:

- VIENTO

Hipótesis 2:

- HIELO
- HIELO + VIENTO

Hipótesis 3:

- DESIQUILIBRIO DE TRACCIONES

Hipótesis 4:

- ROTURA DE CONDUCTORES

Todas ellas se estudian para los tres tipos de esfuerzos mencionados y para cada tipo de apoyo de la línea incluyendo: apoyos suspensión, apoyos amarre, apoyos anclaje y apoyos de fin de línea.

En el apartado de ANEXOS del presente proyecto se recogen las tablas 7 y 8 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de LAT, que contienen las características de cargas, sobrecargas y esfuerzos bajo los que se hacen los cálculos para cada una de las cuatro hipótesis.

El **coeficiente de seguridad mínimo permitido es de 1,5** para apoyos y crucetas metálicas, y aumenta en 25% para apoyos que formen parte de algunos cruzamientos en concreto, detallados en el apartado 5.3. de la propia ITC-LAT 07.

3.3.1.1. Esfuerzos verticales (V)

La **teoría del Gravivano** es la que se utiliza para calcular los esfuerzos verticales que son transmitidos a las crucetas del apoyo y a la cúpula de los cables de fibra óptica.

El **gravivano (a_g)** es la longitud del vano que se utiliza para llevar a cabo estos cálculos teniendo en cuenta los pesos de los conductores y viene determinado por la distancia horizontal que hay entre los vértices de las catenarias de los vanos que son contiguos al apoyo. Este vértice de la catenaria irá variando su posición con respecto al apoyo en cuestión si hay sobrecargas, si varía la temperatura y dependiendo del parámetro de la catenaria. El *semigravivano* es la distancia desde vértice de uno de los vanos contiguos al apoyo hasta el propio apoyo. La forma de proceder al cálculo es hallar el *gravivano* para cada hipótesis y cada tipo de apoyo.

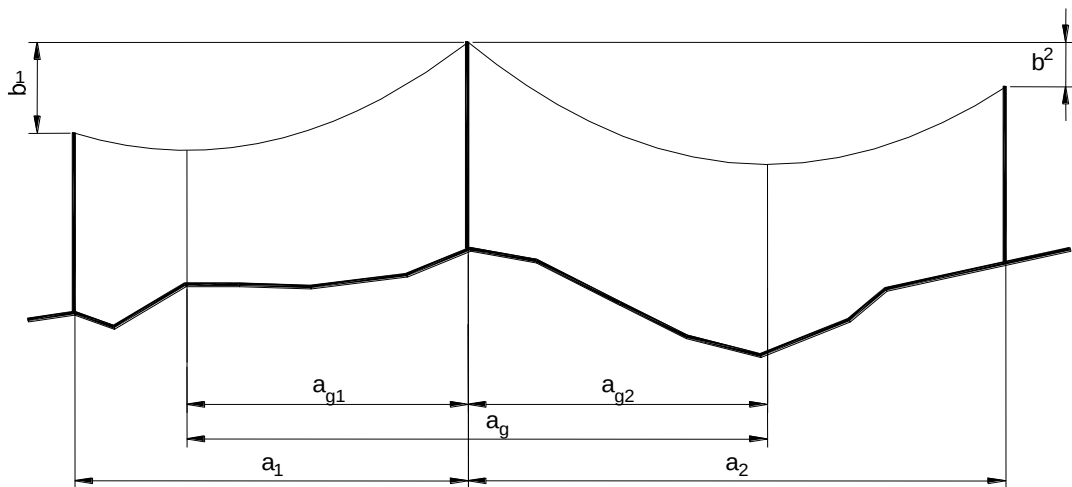


Ilustración 23. Croquizado explicativo del gravivano.

Tal que:

$$a_g = a_{g1} + a_{g2} \text{ (m)}$$

$$a_{g1} = a_1 - H_1 \left(\arg t h \frac{\left(ch \frac{a_1}{H_1} \right) - 1}{sh \frac{a_1}{H_1}} - \arg s h \frac{\frac{b_1}{H_1}}{\sqrt{sh^2 \frac{a_1}{H_1} - \left(\left(ch \frac{a_1}{H_1} \right) - 1 \right)^2}} \right)$$

$$a_{g2} = H_2 \left(\arg t h \frac{\left(ch \frac{a_2}{H_2} \right) - 1}{sh \frac{a_2}{H_2}} - \arg s h \frac{\frac{b_2}{H_2}}{\sqrt{sh^2 \frac{a_2}{H_2} - \left(\left(ch \frac{a_2}{H_2} \right) - 1 \right)^2}} \right)$$

Siendo el criterio de signos para b_1 y b_2 el siguiente:

- $b_1 > 0$ si $y_{b1} - y_{a1} > 0$
- $b_1 < 0$ si $y_{b1} - y_{a1} < 0$
- $b_2 > 0$ si $y_{b2} - y_{a2} > 0$
- $b_2 < 0$ si $y_{b2} - y_{a2} < 0$

Una vez hallado el gravivano, se pueden determinar los esfuerzos verticales que transmiten el conductor y el cable de fibra óptica sobre la estructura del apoyo y la cúpula superior como:

$$P = P_A + P_B \quad (\text{daN})$$

$$P = p_a \left(H_1 sh \frac{a_{g1}}{H_1} + H_2 sh \frac{a_{g2}}{H_2} \right) \quad (\text{daN})$$

Donde:

P	= esfuerzo vertical total que los conductores o cables transmite al apoyo	[daN]
P_A	= esfuerzo vertical que el conductor o cable del vano anterior transmite al apoyo	[daN]
P_B	= esfuerzo vertical que el conductor o cable del vano posterior transmite al apoyo	[daN]
p_a	= peso aparente del conductor o cable de fibra	[daN/m]
a_g	= gravivano de conductor o de cable de fibra óptica	[m]
H_1	= parámetro de la catenaria del vano anterior al apoyo (conductor o cable)	[m]
H_2	= parámetro de la catenaria del vano anterior al apoyo (conductor o cable)	[m]

- CARGAS PERMANENTES

Según el apartado 3.1.1 de la ITC-LAT 07...

“Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra -si los hubiere-, apoyos y cimentaciones.”

- FUERZAS DEL VIENTO SOBRE COMPONENTES

Según el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07...

“Se considerará un viento mínimo de referencia de 120 km/h (33,3 m/s) de velocidad, excepto en las líneas de categoría especial, donde se considerará un viento mínimo de 140 km/h (38,89 m/s) de velocidad.”

- SOBRECARGAS POR VIENTO

Según el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07...

...los conductores y cables se consideran sometidos a una sobrecarga horizontal transversal por viento por unidad de longitud, cuyo valor será:

$$p_v = q \cdot d \cdot 10^{-3} \quad (\text{daN/m})$$

Donde:

d	= diámetro del conductor o del cable de fibra óptica	[m]
q	= presión del viento	[daN/m ²]
$q = 60 \left(\frac{v}{120} \right)^2$ para conductores $d < 16$ mm		
$q = 50 \left(\frac{v}{120} \right)^2$ para conductores $d > 16$ mm		

Para poder aplicar la Teoría del Gravivano en situaciones en las que las fuerzas del viento no inciden de manera coplanar con el plano vertical de la catenaria, hay que proyectar a y b sobre ese plano:

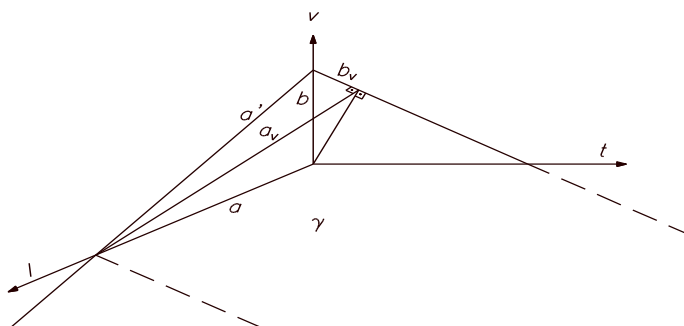


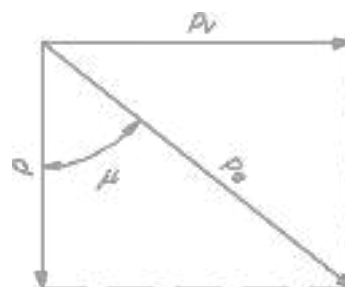
Ilustración 24. Proyecciones de la fuerza del viento no coplanaria.

$$b_v = b \cos(\mu) \quad (\text{m})$$

$$a_v = \sqrt{a'^2 - b_v^2} = \sqrt{a^2 + b^2 \sin^2(\mu)} \quad (\text{m})$$

$$\mu = \tan^{-1}\left(\frac{p_v}{p}\right)$$

$$a' = \sqrt{a^2 + b^2} \quad (\text{m})$$



b_v = proyección de b sobre el plano que contiene la catenaria (m)

a_v = proyección de a sobre el plano que contiene la catenaria (m)

Después para volver a referenciar el valor del esfuerzo vertical en el sistema de coordenadas principal se proyecta el valor del mismo sobre el plano vertical:

$$P = P' \cos(\mu) \quad (\text{daN})$$

P' => esfuerzo en sistema de coordenadas secundario (plano que contiene la catenaria)

P => esfuerzo expresado en el sistema de coordenadas principal (plano vertical)

- SOBRECARGAS POR HIELO

Según el apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07, en ZONA B...

... "se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor: $0,18 \times d$ daN por metro lineal, siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros."

3.3.1.2. Esfuerzos horizontales, transversales y longitudinales

La teoría del eolovano es la que se utiliza para el cálculo de los esfuerzos horizontales (F_h) y transversales (F_t) que transmiten los conductores y cables de fibra óptica al apoyo.

El **eolovano** (a_v) se define como la longitud del vano horizontal determinada por la semisuma de dos vanos que son contiguos al apoyo donde se quieren calcular los esfuerzos transmitidos. El eolovano se calcula con la siguiente expresión:

$$a_v = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (\text{m})$$

Donde:

a_v	= eolovano medido en dirección longitudinal	[m]
a_1	= longitud del vano anterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
a_2	= longitud del vano posterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]

Los esfuerzos transmitidos de forma longitudinal y transversal bajo esta hipótesis, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1. y con las tablas 5 y 6 de la ITC-LAT 07, que establecen las ecuaciones para hacer los cálculos bajo cada hipótesis.

- APOYOS DE ALINEACIÓN (SUSPENSIÓN O AMARRE)

En este tipo de apoyos los esfuerzos horizontales y los transversales pueden venir provocados por la acción del viento o por el efecto del hielo.

1. Hipótesis de viento

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = p_v \cdot a_v \quad (\text{daN})$$

Donde:

a_v	= eolovano medido en dirección longitudinal	[m]
p_v	= fuerza que ejerce el viento en el conductor o cable de fibra	[daN/m]

Para las líneas de categoría especial, como es este caso, es necesario conocer el esfuerzo transversal que crea el viento en los conductores, a través de la siguiente formulación:

$$F_t = n \cdot P_{v60} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ (daN)}$$

$$F_l = 0 \text{ (daN)}$$

Donde:

P_{v60}	= presión que ejerce el viento sobre los conductores a una velocidad de 60 km/h	[daN/m ²]
d	= diámetro del conductor	[m]
a_1	= longitud del vano anterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
a_2	= longitud del vano posterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
n	= número de subconductores	

2. Hipótesis de hielo

Se determina que, los manguitos de hielos que pudieran aparecer en la instalación no llegan a transmitir esfuerzo alguno ni transversal ni horizontal en la estructura del apoyo:

$$F_t = 0 \quad \text{(daN)}$$

$$F_l = 0 \quad \text{(daN)}$$

3. Hipótesis de viento + hielo (solo requerida para líneas de categoría especial)

Se tendrá en cuenta para este caso de categoría especial en particular, el manguito de hielo, por lo que la acción del viento sobre el conductor rodeado de hielo es, para diámetros menores o iguales a 16 mm:

$$P_v = 60 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 (d + 2e) \text{ (daN/m)}$$

Para conductores de mayores diámetros:

$$P_v = 50 \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 (d + 2e) \text{ (daN/m)}$$

$$e = -r + \sqrt{r^2 + \frac{240 \cdot \sqrt{2} \cdot r}{\pi}} \text{ (mm)}$$

Siendo V_v la velocidad del viento 60 km/h y “e” el espesor del manguito de hielo, que viene dado por:

Donde:

V_v	= velocidad del viento de 60 km/h	[km/h]
e	= espesor del manguito de hielo	[mm]
n	= radio del conductor o del cable de fibra óptica	[mm]

- APOYOS EN ÁNGULO (AMARRE O ACLAJE)

1. Hipótesis de viento

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \left(p_v \frac{a_1 + a_2}{2} \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| + 2 \max[T_{0v1}, T_{0v2}] \left| \sin \frac{\alpha}{2} \right| \right) \quad (\text{daN})$$

Donde:

T_{0v1}, T_{0v2}	= presión que ejerce el viento sobre los conductores a una velocidad de 60 km/h	[daN/m]
α	= ángulo que forman las alineaciones en ese apoyo	[°]
a_1	= longitud del vano anterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
a_2	= longitud del vano posterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
p_v	= fuerza que ejerce el viento sobre el conductor o cable de fibra óptica	[daN/m]
n	= número de subconductores	

2. Hipótesis de hielo

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \cdot 2 \max [T_{0h1}, T_{0h2}] \sin \frac{\alpha}{2} \quad (\text{daN})$$

Donde:

T_{0h1}, T_{0h2}	= son las componentes horizontales de las tensiones del conductor o cable de fibra en los vanos anterior y posterior (a -15°C en Zona B)	[daN/m]
n	= número de subconductores	

3. Hipótesis de viento + hielo (solo requerida para líneas de categoría especial)

Para las líneas de categoría especial, como es este caso, es necesario conocer el esfuerzo transversal que crea el viento en los conductores, a través de la siguiente formulación:

$$F_l = 0 \quad (\text{daN})$$

$$F_t = n \cdot \left(2 \cdot \max [T_{0h+v1}, T_{0h+v2}] \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + P_{v60} \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (\text{daN})$$

Donde:

T_{0h+v1}, T_{0h+v2}	= componente horizontal de las tensiones del conductor o cable de fibra óptica en los vanos anterior y posterior al apoyo para la hipótesis y hielo + viento de 60 km/h (a -15°C en Zona B)	[daN/m]
α	= ángulo que forman las alineaciones en ese apoyo	[°]
a_1	= longitud del vano anterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
a_2	= longitud del vano posterior al apoyo en dirección longitudinal	[m]
p_v	= fuerza que ejerce el viento sobre el conductor o cable de fibra óptica	[daN/m]
n	= número de subconductores	

- APOYOS FIN DE LÍNEA

1. Hipótesis de viento

$$F_l = T_{0v} \quad (\text{daN})$$

$$F_t = p_v \frac{a_1}{2} \quad (\text{daN})$$

Donde:

T_{0v}	= componente horizontal de la tensión del conductor o el cable de fibra óptica bajo la hipótesis de viento	[daN/m]
p_v	= fuerza que ejerce el viento sobre el conductor o cable de fibra óptica	[daN/m]
a_1	= longitud del vano del apoyo medido en la dirección longitudinal	[m]

2. Hipótesis de hielo

$$F_l = n \cdot T_{0h} \quad (\text{daN})$$

$$F_t = 0 \quad (\text{daN})$$

Donde:

T_{0h}	= componente horizontal de la tensión del conductor o el cable de fibra óptica bajo la hipótesis de hielo	[daN/m]
n	= número de subconductores	

3.3.1.3. Esfuerzos equivalentes en el apoyo

Todos los esfuerzos que se transmiten en el apoyo se pueden traducir en un único esfuerzo equivalente y resultante, aplicado en un único punto (X_{equi}, Y_{equi}). Las distintas componentes de este esfuerzo equivalente se calculan por medio de las siguientes ecuaciones:

$$F_{l\ equi} = \frac{\sum_1^n F_{li} y_i}{y_{equi}} \quad (\text{daN})$$

$$F_{t\ equi} = \frac{\sum_1^n F_{ti} y_i + F_{vi} x_i}{y_{equi}} \quad (\text{daN})$$

$$F_{v\ equi} = \sum_1^n F_{vi} \quad (\text{daN})$$

Donde:

$F_{l\ equi}$	= componente longitudinal del esfuerzo equivalente	[daN]
$F_{t\ equi}$	= componente transversal del esfuerzo equivalente	[daN]
$F_{v\ equi}$	= componente vertical del esfuerzo equivalente	[daN]

3.3.2. TABLAS DE RESULTADOS

Las tablas que se muestran en este apartado corresponden con los resultados de cálculos mecánicos de los apoyos de la línea del proyecto. Los resultados son los originales del **POE "L/220 kV ST Ojeadores-ST Armada"** de la empresa Osprel S.L. Se han podido obtener gracias al software de diseño de líneas eléctricas PLS CADD. Debido a la complejidad del mismo, se ha colaborado en paralelo con el equipo de ingenieros de proyectos de la empresa para desarrollar los cálculos mecánicos y analizar los *outputs* de las simulaciones con este programa.

Se muestran en la siguiente página

Hipótesis 1

Nº Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H1 CONDUCTOR-1			H1 CONDUCTOR-2			H1 OPGW-1			H1 OPGW-1			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)	Vc res (daN)	Vt res (daN)	Vc/Vc res (%)	Vt/Vt res (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)							
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	522	497	3341	522	489	3340	269	376	2753	161	264	1924	28318	40115	70,59%	3000	2000	17,40%	13,45%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	627	612	3	626	611	3	410	434	4	232	318	3	4446	8855	50,21%	2000	1500	31,35%	27,33%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	295	597	17	295	597	17	-76	423	14	-104	310	43	4474	10870	41,16%	2000	1500	14,75%	-5,07%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	438	470	1	438	470	1	245	333	0	129	244	0	3403	8855	38,43%	2000	1500	21,90%	16,33%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	693	476	5	694	478	5	455	339	4	274	249	4	3488	8855	39,39%	2000	1500	34,70%	30,33%
6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	841	1530	47	842	1546	53	371	1191	47	206	859	111	11736	40115	29,26%	3000	2000	28,07%	18,55%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	629	659	1	630	660	1	387	468	1	213	343	1	4776	8855	53,94%	2000	1500	31,50%	25,80%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	668	742	0	668	744	0	402	528	1	215	388	0	5375	8855	60,70%	2000	1500	33,40%	26,80%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1500	2178	316	1498	2186	318	946	1718	263	588	1228	260	18463	56040	32,95%	5000	3000	30,00%	31,53%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	-23	608	291	-17	609	286	-324	434	241	-268	319	217	6593	10870	60,65%	2000	1500	0,00%	-17,87%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	609	654	0	608	652	0	390	465	1	215	340	1	4725	8855	53,36%	2000	1500	30,45%	26,00%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	956	1971	83	955	1960	84	483	1561	67	281	1092	114	15128	40115	37,71%	3000	2000	31,87%	24,15%
13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	-50	283	3285	-53	279	3283	-170	202	2709	-137	148	1842	26291	69835	37,65%	5000	3000	0,00%	-4,57%
14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	302	281	3302	301	281	3302	114	204	2724	59	147	1841	26414	69835	37,82%	5000	3000	6,04%	3,80%
15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	327	237	3299	327	237	3299	135	168	2722	73	123	1839	26068	69835	37,33%	5000	3000	6,54%	4,50%
16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	305	268	3286	305	268	3289	119	197	2709	64	141	1802	26182	69835	37,49%	5000	3000	6,10%	3,97%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	674	471	2978	694	558	3004	327	261	2421	278	383	1615	25713	69835	36,82%	5000	3000	13,88%	10,90%

Tabla 61. Resultados cálculo mecánico de apoyos H1.

Hipótesis 2

Nº Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H2 CONDUCTOR-1			H2 CONDUCTOR-2			H2 OPGW-1			H2 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)	Vc res (daN)	Vt res (daN)	Vc/Vc res (%)	Vt/Vt res (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)							
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	686	111	3497	686	103	3496	273	37	2142	273	37	2142	26968	41490	65,00%	3000	2000	22,87%	20,65%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	949	209	0	948	201	0	450	174	1	450	174	1	1586	9640	16,45%	2000	1500	47,45%	46,00%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	585	201	18	585	201	17	71	174	59	71	174	59	1748	11410	15,32%	2000	1500	29,25%	9,47%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	683	159	0	683	159	0	292	137	0	292	137	0	1228	9640	12,74%	2000	1500	34,15%	30,20%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	953	164	0	955	157	1	453	136	1	453	136	1	1245	9640	12,91%	2000	1500	47,75%	45,87%

6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1168	1175	42	1170	1191	48	423	785	143	423	785	143	9401	41490	22,66%	3000	2000	39,00%	32,40%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	974	225	0	976	219	0	443	189	0	443	189	0	1716	9640	17,80%	2000	1500	48,80%	45,47%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1057	251	0	1059	251	0	473	215	0	473	215	0	1940	9640	20,12%	2000	1500	52,95%	48,73%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1912	1840	208	1911	1845	213	877	1194	241	877	1194	241	15583	58460	26,66%	5000	3000	38,24%	44,23%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	235	206	226	244	205	224	-119	175	212	-119	175	212	3373	11410	29,56%	2000	1500	12,20%	-7,93%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	951	223	0	949	217	0	443	187	0	443	187	0	1700	9640	17,63%	2000	1500	47,55%	45,53%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1266	1311	64	1263	1304	66	487	743	136	487	743	136	10350	41490	24,95%	3000	2000	42,20%	37,55%
13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	62	117	3459	58	114	3458	-74	92	2046	-74	92	2046	26696	71950	37,10%	5000	3000	1,24%	-2,47%
14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	425	35	3466	425	35	3466	140	43	2033	140	43	2033	26127	71950	36,31%	5000	3000	8,50%	7,27%
15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	452	80	3466	452	80	3466	156	69	2032	156	69	2032	26461	71950	36,78%	5000	3000	9,04%	8,03%
16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	417	131	3450	417	131	3451	138	96	1981	138	96	1981	26665	71950	37,06%	5000	3000	8,34%	7,10%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	848	182	3066	880	281	3113	435	269	1710	435	269	1710	24539	71950	34,11%	5000	3000	17,60%	16,80%

Tabla 62. Resultados cálculo mecánico de apoyos H2.

Hipótesis 3

Nº Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H3 CONDUCTOR-1			H3 CONDUCTOR-1			H3 OPGW-1			H3 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)			
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	686	111	3497	686	103	3496	413	100	3068	273	86	2142	28766	53115	54,16%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	949	209	525	948	202	525	690	181	461	450	175	322	5522	12730	43,38%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	585	201	888	585	201	887	142	174	790	71	174	579	8248	14955	55,15%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	683	159	522	683	159	522	453	137	456	292	137	312	5128	12730	40,28%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	953	164	522	955	157	522	688	142	456	453	136	313	5142	12730	40,39%
6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1168	934	1764	1170	946	1770	648	818	1581	423	638	1174	20453	53115	38,51%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	974	225	528	976	219	529	682	195	468	443	189	334	5689	12730	44,69%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1057	251	528	1059	251	529	731	219	468	473	216	334	5914	12730	46,46%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1912	1449	1809	1911	1453	1814	1327	1268	1620	877	958	1197	24618	73130	33,66%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	235	206	1050	244	205	1049	-147	180	942	-119	176	705	9533	14955	63,74%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	951	223	528	949	217	528	683	193	465	443	188	327	5661	12730	44,47%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1266	941	1754	1263	935	1756	751	829	1558	487	524	1136	20205	53115	38,04%
13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	62	117	3459	58	114	3458	-94	99	3015	-74	92	2046	26696	90575	29,47%
14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	425	80	3466	425	80	3466	218	69	3016	140	69	2033	26463	90575	29,22%
15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	452	80	3466	452	80	3466	241	69	3015	156	69	2032	26461	90575	29,21%

N ° Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H3 CONDUCTOR-1			H3 CONDUCTOR-1			H3 OPGW-1			H3 OPGW-2			H eq (daN)	H res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)			
16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	417	131	3450	417	131	3451	213	113	2986	138	96	1981	26665	90575	29,44%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	848	113	3450	880	212	3449	504	33	2987	435	229	1975	26896	90575	29,69%

Tabla 63. Resultados cálculo mecánico de apoyos H3.

Hipótesis 4

N ° Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H4 CONDUCTOR ROTO-1			H4 OPGW-1			H4 OPGW-2			T res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	L (daN)	T (daN)	L (daN)	L (daN)		
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	686	451	3497	413	100	3068	273	37	2142	7030	49,74%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	749	105	1748	690	181	0	450	174	1	4810	36,34%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	296	105	3497	142	174	30	71	174	59	4810	72,70%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	695	97	1739	453	137	0	292	137	0	4810	36,15%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	596	100	1740	688	142	0	453	136	1	4810	36,17%
6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	658	604	3478	648	1028	77	423	785	143	7030	49,47%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	682	113	1765	682	195	0	443	189	0	4810	36,69%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	781	138	1764	731	219	0	473	215	0	4810	36,67%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1398	973	3395	1327	1608	222	877	1194	241	12860	26,40%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	683	116	3522	-147	180	223	-119	175	212	4810	73,22%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	632	116	1761	683	193	0	443	187	0	4810	36,61%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	861	657	3464	751	1151	85	487	743	136	7030	49,27%
13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	62	117	3459	-94	99	3015	-74	92	2046	12880	26,86%
14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	425	35	3466	218	29	3016	140	43	2033	12880	26,91%
15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	452	80	3466	241	69	3015	156	69	2032	12880	26,91%
16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	417	131	3451	213	113	2986	138	96	1981	12880	26,79%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	483	284	3454	504	27	2607	435	269	1710	12880	26,82%

Tabla 64. Resultados cálculo mecánico de apoyos H4.

N ° Apoyo	Nombre Apoyo	Función	H4 CONDUCTOR-1			H4 CONDUCTOR-2			H4 OPGW-1 ROTO			H4 OPGW-2			T res (daN)	Aprov. apoyo (%)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)		
1	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	686	451	3497	686	111	3497	413	100	3068	273	37	2142	5000	61,36%
2	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	949	209	0	949	209	0	690	181	1534	450	174	1071	5000	30,68%
3	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	585	201	18	585	201	18	142	174	3068	71	174	2140	5000	61,36%
4	CO-9000-24-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	683	159	0	683	159	0	486	137	1519	321	137	1041	5000	30,38%
5	CO-9000-39-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	955	164	1	953	164	0	688	142	1519	453	136	1041	5000	30,38%
6	GCO-40000-30-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1170	1191	48	1168	1175	42	648	1028	3074	423	785	2193	5000	61,48%
7	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	976	225	0	974	225	0	682	195	1558	443	189	1114	5000	31,16%
8	CO-9000-27-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	1059	251	0	1057	251	0	731	219	1558	473	215	1114	5000	31,16%
9	IC-55000-40-N1113-ANC.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1912	1845	213	1912	1840	208	1327	1608	3000	877	1194	2135	6000	50,00%
10	CO-12000-21-N3666-AN	ALINEACIÓN-ANCLAJE	244	206	226	235	206	226	410	180	3100	269	175	2182	5000	62,00%
11	CO-9000-33-N3666-SUS.str	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	951	223	0	951	223	0	683	193	1550	443	187	1091	5000	31,00%
12	GCO-40000-25-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	1266	1311	66	1266	1311	64	751	1151	3047	487	743	2151	5000	60,94%
13	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	62	117	3459	62	117	3459	-94	99	3015	-74	92	2046	6000	50,25%
14	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	425	35	3466	425	35	3466	218	29	3016	140	43	2033	6000	50,27%
15	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ALINEACIÓN-PAS	452	80	3466	452	80	3466	241	69	3015	156	69	2032	6000	50,25%
16	IC-70000-25-N1113-PAS.str	ÁNGULO-PAS	417	131	3451	417	131	3450	213	113	2986	138	96	1981	6000	49,77%
17	IC-70000-20-N1113-AN.str	ÁNGULO-ANCLAJE	880	281	3113	848	182	3066	504	29	2988	435	291	1983	6000	49,80%

Tabla 65. Resultados cálculo mecánico de apoyos H4.

3.4. CÁLCULO MECÁNICO DE CIMENTACIONES

La elección de las cimentaciones se ha hecho en base a los valores ya normalizados y proporcionados por el fabricante *Imedexa*, que también se ha usado como referencia para los apoyos de la línea. Las cimentaciones serán zapatas individuales para los apoyos seleccionados.

El apartado 3.6. de la ITC-LAT 07 recoge todo lo referente a las cimentaciones y a sus requisitos de seguridad y estabilidad. También fija distintos coeficientes de seguridad al vuelco dependiendo de la categoría de la LAT.

Para los apoyos que intervengan en cruzamientos con vías de comunicación, carreteras o con otras líneas de energía, estos coeficientes de seguridad mínimos se verán incrementados en un 25%.

3.4.1. COMPROBACIONES

Las principales comprobaciones que se realizan sobre las cimentaciones diseñadas son la comprobación al arranque y la comprobación a compresión.

Los esfuerzos transmitidos de los conductores al apoyo luego acaban transmitiéndose también a las cimentaciones. El objetivo de estas comprobaciones es que las tensiones que llegan al fondo de la cimentación no superen las máximas que puede soportar el terreno.

Comprobación al arranque

Se ha de cumplir la siguiente relación entre las fuerzas que intervienen en la estabilidad de la cimentación de manera que el coeficiente de seguridad no sea menor del 1,5:

$$C_s = \frac{P_e}{P_{arr}}$$

Donde:

C_s	= coeficiente de estabilidad de la cimentación o coeficiente de seguridad al vuelco	
P_e	= fuerzas que se oponen al arranque del apoyo	[daN]
P_{arr}	= carga nominal de arranque	[cn ²]

El esfuerzo que contrarresta la tendencia a que la cimentación pueda arrancarse se denomina esfuerzo estabilizador y responde a la siguiente ecuación:

$$P_e = P_h + \frac{P_a}{4} + P_\beta \quad (\text{daN})$$

Donde:

P_e	= esfuerzo estabilizador	[daN]
P_h	= peso del bloque de hormigón	[daN]
P_a	= peso del apoyo	[daN]
P_β	= carga nominal de arranque	[cn ²]

Comprobación a compresión

Las tensiones ejercidas de forma compresiva sobre el terreno vienen definidas por la siguiente expresión y deben ser iguales o menores a la admisible para cada tipo de terreno:

$$\sigma_c = \frac{C + \frac{P_a}{4} + p_h}{S} \quad (\text{daN/cm}^2)$$

Donde:

P_a	= peso del apoyo	[daN]
P_h	= peso del bloque de hormigón de la cimentación	[daN]
C	= compresión máxima por montante	[daN]
S	= superficie de la base del macizo de la cimentación	[cm ²]

3.4.2. CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Las cimentaciones que se han elegido para la construcción de los tramos aéreos son de tipo tetrabloque circular con cueva. Las dimensiones correspondientes según el apoyo de la línea se muestran en la siguiente tabla, y para su mejor compresión se muestra un esquema de la cimentación tipo.

Además, las características de las cimentaciones se encuentran recogidas en el Documento N° 5 del presente proyecto (PLANOS).

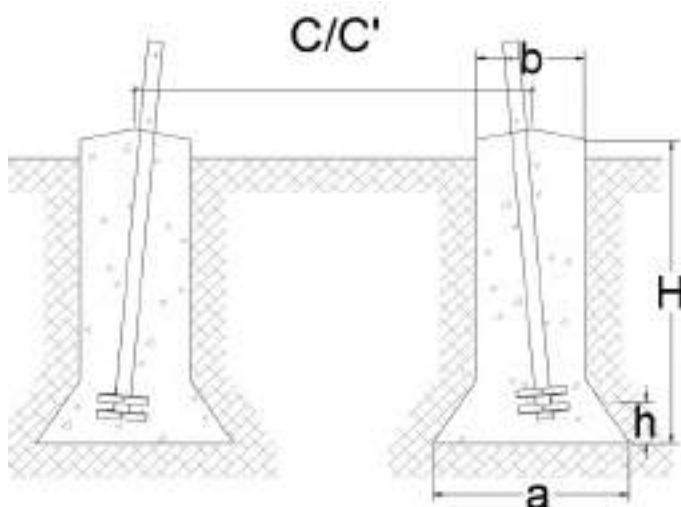


Ilustración 25. Esquema cimentación tipo.

Nº Apoyo	CIMENTACIONES										
	Terreno	Tipo	Nº de patas	h	a	c	b	H	Volumen exc unit (m3)	Volumen exc (m3)	Volumen horm (m3)
1	Normal	Circular	Tetrabloque	1,05	2,6	7,3	1,3	3,8	6,90	27,61	28,76
2	Normal	Circular	Tetrabloque	0,45	1,45	6,4	0,9	2,65	1,90	7,59	8,14
3	Normal	Circular	Tetrabloque	0,40	1,45	5,35	1,00	3,00	2,52	10,08	10,76
4	Normal	Circular	Tetrabloque	0,35	1,30	5,92	0,90	2,75	1,86	7,45	8,00
5	Normal	Circular	Tetrabloque	0,50	1,40	8,50	0,90	2,90	2,05	8,22	8,77
6	Normal	Circular	Tetrabloque	1,10	2,65	8,32	1,30	3,80	7,08	28,34	29,49
7	Normal	Circular	Tetrabloque	0,45	1,45	6,40	0,90	2,65	1,90	7,59	8,14
8	Normal	Circular	Tetrabloque	0,45	1,45	6,40	0,90	2,65	1,90	7,59	8,14
9	Normal	Circular	Tetrabloque	1,70	3,30	9,47	1,60	4,20	13,36	53,45	55,19
10	Normal	Circular	Tetrabloque	0,40	1,45	5,35	1,00	3,00	2,52	10,08	10,76
11	Normal	Circular	Tetrabloque	0,40	1,35	7,43	0,90	2,80	1,93	7,72	8,27
12	Normal	Circular	Tetrabloque	1,05	2,60	7,30	1,30	3,80	6,90	27,61	28,76
PAS 13	Normal	Circular	Tetrabloque	2,00	3,55	6,97	1,55	4,35	15,17	60,69	62,32
PAS 14	Normal	Circular	Tetrabloque	2,00	3,55	6,97	1,55	4,35	15,17	60,69	62,32
PAS 15	Normal	Circular	Tetrabloque	2,00	3,55	6,97	1,55	4,35	15,17	60,69	62,32
PAS 16	Normal	Circular	Tetrabloque	2,00	3,55	6,97	1,55	4,35	15,17	60,69	62,32
17	Normal	Circular	Tetrabloque	1,95	3,45	6,14	1,50	4,30	14,02	56,08	57,61

Tabla 66. Características dimensionales de las cimentaciones de la línea.

3.5. CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA

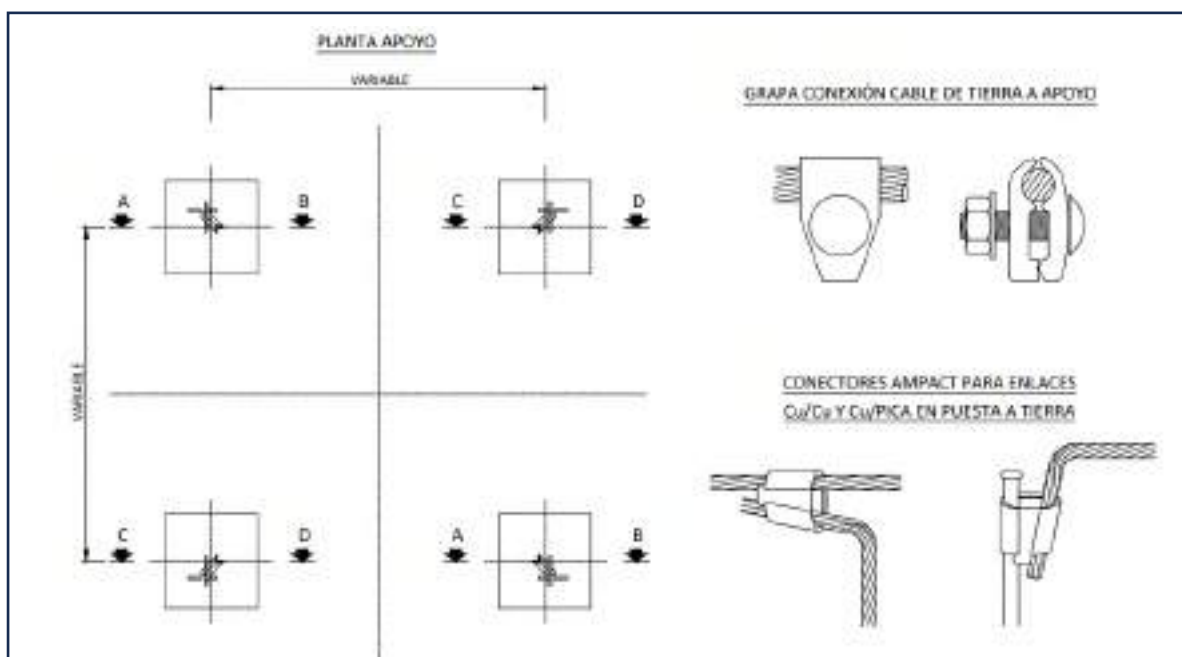
Los sistemas de puesta a tierra son imprescindibles en cualquier instalación eléctrica porque garantizan la seguridad y protección de las personas, de la instalación y del medio ante situaciones anormales y peligrosas de funcionamiento.

Las configuraciones de puestas a tierra deben satisfacer, según la clasificación del apoyo, los siguientes requisitos:

APOYO	Requisitos diseño P.A.T.
Apoyo frecuentado	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de contacto admisible Dimensionamiento ante los efectos del rayo
Apoyo no frecuentado	Actuación correcta de las protecciones
Apoyo frecuentado con medidas adicionales de seguridad que impidan el contacto,	Actuación correcta de las protecciones Cumplir tensión de paso admisible

Tabla 67. Requisitos mínimos para P.A.T según el tipo de apoyo.

En este caso, los apoyos no frecuentados contarán con cimentación de tipo patas separadas y cada una contará con una grapa de conexión de puesta a tierra, conductor de cobre y pica de puesta a tierra. A continuación, se muestran esquemas simplificados para la mejor comprensión del sistema de puesta a tierra seleccionado.



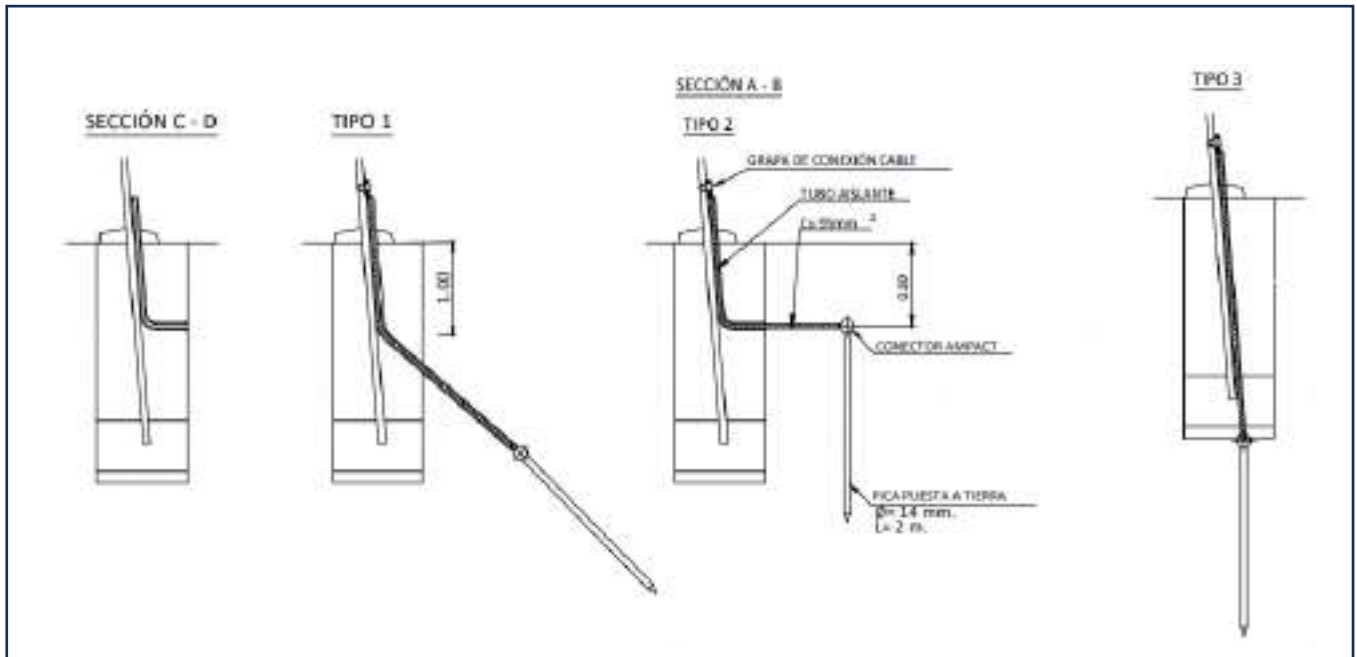


Ilustración 26. Plano explicativo puesta a tierra con grapas de conexión.

3.5.1. DIMENSIONAMIENTO SEGÚN LAS RESISTENCIA TÉRMICA

En la configuración del conjunto de puesta a tierra típicamente se incluyen los siguientes elementos:

- **Línea de tierra:**
- **Electrodo** de puesta a tierra:
 - a) **Picas:** en apoyos no frecuentados.
 - b) **Anillos:** en apoyos frecuentados.

En caso de fallo eléctrico la línea de tierra puede llegar a evacuar la intensidad de cortocircuito en su totalidad y los electrodos hasta la mitad de dicha intensidad.

Según las normativas MIE-RAT 13 y la ITC 07 las corrientes máximas por los conductores en régimen de cortocircuito son **160 A** par el material **cobre** y **60 A** para el material **acero**.

Llevando a cabo los cálculos necesarios, considerando una temperatura final de los conductores de 200° C tras un posible cortocircuito eléctrico, las corrientes de cortocircuito máximas de los elementos instalados quedarían:

- Para la línea de tierra: 12.000 A
- Para los electrodos: 18.472 A

Por lo tanto, se garantiza el cumplimiento de normativa y la integridad de los materiales conductores de la instalación.

3.5.2. DIMENSIONAMIENTO POR CRITERIOS DE SEGURIDAD

Los valores de tensión de contacto (U_{ca}) a la que se sometería un cuerpo humano entre las manos y los pies, es proporcional a la duración del fallo eléctrico, que es durante el tiempo en el que la intensidad de falta está presente.

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,10	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

Tabla 68. Duración de las corrientes de falta y tensiones de contacto asociadas (Fuente: ITC-LAT 07).

Para determinar las máximas tensiones de contacto admisibles se emplea la siguiente ecuación:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right]$$

Que responde al siguiente esquema:

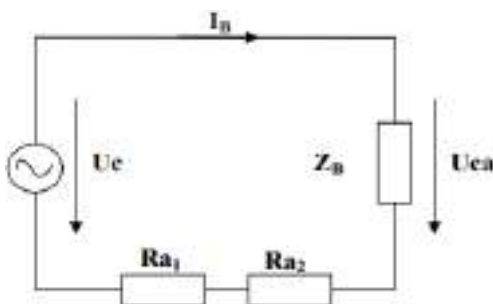


Ilustración 27. Esquema tensiones de contacto.

Donde:

U_{ca}	= tensión de contacto aplicada	[V]
Z_B	= impedancia del cuerpo humano	
U_c	= tensión de contacto máxima admisible en la línea	[V]
I_B	= corriente a través del cuerpo humano	[A]
ρ_s	= resistividad superficial aparente	
R_{a1}	= resistencia paralelo equivalente a calzado (1.000 Ω ambos pies)	[Ω]
R_{a2}	= resistencia paralelo equivalente a tierra en el punto de contacto de ambos pies ($R_{a2}=1,5\rho_s$)	[Ω]

MÁXIMA TENSIÓN DE CONTACTO ADMISIBLE			
Tiempo de actuación de la protección de la línea	ρ_s (ohmios,metro)	U_c (kV)	
		Sin calzado	Con calzado
100 ms	100	0,72	1,36
	200	0,82	1,45
	300	0,91	1,55
	400	1,01	1,64
	500	1,10	1,74
1190 ms	100	0,10	0,20
	200	0,12	0,21
	300	0,13	0,23
	400	0,15	0,24
	500	0,16	0,25

Tabla 69. Máximas tensiones de contacto admisibles.

3.5.3. DIMENSIONAMIENTO SEGÚN EFECTO RAYO

La impedancia de onda de un electrodo de tierra es igual a su resistencia siempre que la longitud del electrodo sea inferior a determinada longitud crítica L_c . Esta longitud crítica se calcula como:

$$L_c = \sqrt{\frac{\rho(\Omega \cdot m)}{f(MHz)}}$$

Las descargas atmosféricas tienen muy altas frecuencia, suelen ocurrir a frecuencia de 1 MHz.

Dentro de la **ITC-LAT 07** *“se recomienda la puesta de varios electrodos por encima de uno de longitud mayor que L_c .”* Debido al diseño de la puesta a tierra en los apoyos no frecuentados se recomienda una resistividad en los electrodos de valor similar o superior a $4 \Omega \cdot m$.

Documento N°4
PRESUPUESTO

Documento N°4: PRESUPUESTO

En este documento se recogen las mediciones, precios unitarios, sumas parciales y presupuesto total estimado para la construcción y ejecución de este **Proyecto Oficial**. Los costes se han estimado conteniendo las partidas más representativas y todo ello en base al **presupuesto real de esta línea**, cuyo destinatario es el cliente ya mencionado.

Se han utilizado plantillas e información de la **base de datos de la empresa Osprel S.L.** para fijar los precios de la forma más aproximada y actualizada posible.

El documento de presupuesto se divide en varias agrupaciones para la mejor comprensión de los costes de la línea: presupuesto de la parte aérea, presupuesto de la parte soterrada, otros costes relacionados con seguridad, desmantelamiento y gestión de residuos y, por último, el presupuesto total; que se encuentra al final del documento. Para cada apartado se detalla la información en subapartados dependiendo del motivo/objeto del coste.

4.1. PRESUPUESTO LÍNEA AÉREA

4.1.1. MATERIALES LÍNEA AÉREA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
GCO-40000-25-N1113-AN.str	2	24.898,50 €	49.797,00 €
CO-9000-27-N3666-SUS.str	3	12.891,00 €	38.673,00 €
CO-12000-21-N3666-AN	2	11.595,00 €	23.190,00 €
CO-9000-24-N3666-SUS.str	1	11.911,50 €	11.911,50 €
CO-9000-39-N3666-SUS.str	1	18.039,00 €	18.039,00 €
GCO-40000-30-N1113-AN.str	1	28.195,50 €	28.195,50 €
IC-55000-40-N1113-ANC.str	1	49.450,50 €	49.450,50 €
CO-9000-33-N3666-SUS.str	1	15.013,50 €	15.013,50 €
IC-70000-25-N1113-PAS.str	4	40.797,00 €	163.188,00 €
IC-70000-20-N1113-AN.str	1	36.118,50 €	36.118,50 €
Ud. Puesta a tierra tetrablock normalizada en apoyo tipo zona no frecuentada	13	389,00 €	5.057,00 €
Ud. Puesta a tierra tetrablock normalizada en apoyo tipo zona frecuentada	4	1.989,59 €	7.958,36 €
Placa de señalización la instalación	17	13,40 €	227,80 €
Kg. Cable conductor DC SX-LA-380 (1,27 Kg/m) + suministro a pie de obra	37.173,87	2,75 €	102.228,14 €

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
Amortiguador para conductor LA-380 (* estimado)	186	20,07 €	3.733,02 €
Km. Cable de tierra OPGW	9,76	4.100,00 €	40.016,00 €
Amortiguador para Cable de tierra OPGW (* estimado)	32	25,00 €	800,00 €
Ud. Caja de empalme para fibra óptica	18	465,62 €	8.381,16 €
Ud. Herrajes para cadena de aislamiento completa - Amarre SX LA-380 (Circuito 220 kV)	90	42,11 €	3.789,88 €
Ud. Herrajes para cadena de aislamiento completa - Suspensión SX LA-380 (Circuito 220 kV)	36	25,27 €	909,57 €
Ud. Herraje biconjunto amarre bajante cable OPGW doble	18	138,46 €	2.492,28 €
Ud. Herraje biconjunto amarre pasante cable OPGW doble	8	112,25 €	898,00 €
Ud. Herraje suspensión cable OPGW simple	24	65,13 €	1.563,12 €
Ud. Suministro de balizas salvapájaros (cada 10 metros en cable opgw - tipo BESP)	231	6,45 €	1.489,95 €
Ud. Suministro de balizas salvapájaros (cada 10 metros en cable opgw - tipo BAGTR)	497	19,78 €	9.830,66 €
TOTAL MATERIALES (AÉREA)			622.951,45 €

4.1.2. MONTAJE LÍNEA AÉREA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
GCO-40000-25-N1113-AN.str	2	13.279,20 €	26.558,40 €
CO-9000-27-N3666-SUS.str	3	6.875,20 €	20.625,60 €
CO-12000-21-N3666-AN	2	6.184,00 €	12.368,00 €
CO-9000-24-N3666-SUS.str	1	6.352,80 €	6.352,80 €
CO-9000-39-N3666-SUS.str	1	9.620,80 €	9.620,80 €
GCO-40000-30-N1113-AN.str	1	15.037,60 €	15.037,60 €
IC-55000-40-N1113-ANC.str	1	26.373,60 €	26.373,60 €
CO-9000-33-N3666-SUS.str	1	8.007,20 €	8.007,20 €
IC-70000-25-N1113-PAS.str	4	21.758,40 €	87.033,60 €
IC-70000-20-N1113-AN.str	1	19.263,20 €	19.263,20 €
Ud. Montaje de puesta a tierra tetrabloque normalizada en apoyo tipo zona no frecuentada	13	4.154,52 €	54.008,76 €
Ud. Montaje de puesta a tierra tetrabloque normalizada en apoyo tipo zona frecuentada	4	4.154,52 €	16.618,08 €
Ud. Montaje de Placa de señalización	17	31,50 €	535,50 €
Km. Tendido DC circuito (220 kV) conductor SX-LA-380 GULL, regulado, tensado, engrapado según proyecto	4,74	11.101,50 €	52.621,11 €
Ud. Colocación Amortiguador para conductor LA-380 (* estimado)	186	33,10 €	6.156,60 €
Km. Tendido cable de tierra OPGW, regulado según proyecto y engrapado	9,48	5.346,00 €	50.680,08 €
Ud. Colocación Amortiguador para Cable OPGW (* estimado)	64	33,10 €	2.118,40 €
Ud. Montaje en apoyo y operaciones ópticas. Caja de empalme para fibra óptica.	18	3.902,58 €	70.246,44 €
Ud. Montaje cadena de aislamiento completa - Amarre LA-380 (220 kV)	90	205,60 €	18.504,00 €
Ud. Montaje cadena de aislamiento completa - Suspensión LA-380 (220 kV)	36	100,08 €	3.602,88 €
Ud. Montaje herraje biconjunto amarre bajante cable OPGW doble	18	41,00 €	738,00 €
Ud. Montaje herraje biconjunto amarre pasante cable OPGW doble	8	41,00 €	328,00 €

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
Ud. Montaje herraje suspensión cable OPGW simple	24	32,40 €	777,60 €
Ud. Suministro de balizas salvapájaros (cada 10 metros en cable opgw - tipo BESP) (* estimado)	231	8,20 €	1.894,20 €
Ud. Suministro de balizas salvapájaros (cada 10 metros en cable opgw - tipo BAGTR) (* estimado)	497	12,45 €	6.187,65 €
P.A. Trabajos auxiliares de montaje. Incluye todos los trabajos necesarios para la culminación del montaje, tales como la utilización de maquinaria de tendido y/o izado especial, protección de cruces con carretera y líneas alta tensión.	1	3.000,00 €	3.000,00 €
TOTAL MONTAJE (AÉREA)			519.258,10 €

4.1.3. OBRA CIVIL LÍNEA AÉREA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
m³ Excavación apoyos en todo tipo de terreno.	125,53	132,01 €	16.571,62 €
P.A. Ejecución de nuevos accesos a apoyos, adecuación de accesos existentes y restitución de estos una vez acabado el montaje de los apoyos.	1	3.000,00 €	3.000,00 €
m³ Hormigonado de la cimentación de apoyos con hormigón en masa HM-20 según instrucción EHE. Incluye suministro y vertido de hormigón, confección de las peanas, aportación de encofrados normalizados, aportación y colocación del tubo para posterior salida del cable de puesta a tierra.	502,17	148,42 €	74.532,07 €
TOTAL OBRA CIVIL AÉREA			94.103,69 €

4.1.4. OTROS COSTES LÍNEA AÉREA - VARIOS

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
Ud. Informe reflectometría y atenuación (1 a 48 fibras ópticas) del número especificado de fibras ópticas, entre los puntos de acceso a las fibras que designe la propiedad.	18	1.268,97 €	22.841,46 €
P.A. Control de Calidad, incluyendo ensayos de hormigón según norma EHE, medición de resistencia de puesta a tierra de apoyos, así como los explícitamente indicados en el Pliego de Condiciones del proyecto y otros que pudiera requerir la Dirección de Obra.	1	4.000 €	4.000,00 €
Km. Replanteo de apoyos sobre el terreno, incluido estaquillado y comprobación de perfil.	4,74	300,00 €	1.420,91 €
P.A. Elaboración de documentación Final de obra. Incluyendo datos técnicos del material instalado, certificados de calidad, informes de los ensayos realizados y colección de planos As-Built.	1	4.000,00 €	4.000,00 €
TOTAL VARIOS (AÉREA)			32.262,37 €

4.2. PRESUPUESTO LÍNEA SUBTERRÁNEA

4.2.1. MATERIALES LÍNEA SUBTERRÁNEA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
m. Canalización de doble circuito bajo tubo hormigonado, de 250mm, cinta señalizadora de cables de AT, separadores de tubos y tubos de reserva.	2914,58	126,10 €	367.528,54 €
m. Cable para 220kV de al menos 1600mm ² de Al, de blindaje de alambre de cobre, aislamiento XLPE y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE).	2914,58	140,35 €	409.061,30 €
m. Cable de fibra óptica dieléctrico tipo PKP de 48 fibras.	6546,18	7,07 €	46.281,49 €
Ud. Terminales de intemperie y pararrayos para el cable anterior.	24	13.140,40 €	315.369,60 €
Cámara de empalme prefabricada para 220 Kv.	5	8.780,10 €	43.900,50 €
Conjunto empalme premoldeado recto 220kV 1x1600 mm ² de Al+H375 (por terna).	10	23.455,49 €	234.554,87 €
Electrodo de puesta a tierra cámara de empalme prefabricada 220kV.	10	1.098,69 €	10.986,90 €
Ud. Arqueta de puesta a tierra, con relleno de zahorra, tapa recta prefabricada.	5	1.784,81 €	8.924,05 €
Ud. Arqueta de tiro y control durante el trazado.	12	985,00 €	11.820,00 €
TOTAL MATERIALES (SUBTERRÁNEA)			1.448.427,26 €

4.2.2. MONTAJE LÍNEA SUBTERRÁNEA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
m. Tendido del cable de potencia doble circuito, en tubo hormigonado de 250mm, colocación de cinta señalizadora de cables de AT, colocación de separadores de tubos y tubos de reserva.	2914,58	188,49 €	549.369,18 €
m. Tendido de cable de fibra óptica dieléctrico tipo PKP de 48 fibras.	3273	30,60 €	100.156,55 €
Ud. Montaje de cámara de empalme.	5	7.902,72 €	39.513,60 €
Ud. Montaje de conjunto empalme premoldeado recto 220kV 1x1600 mm ² + H375 (por terna).	5	22.032,23 €	110.161,15 €
Ud. Montaje de electrodo de puesta a tierra cámara de empalme prefabricada 220 kV (por terna).	5	105,37 €	526,85 €
Ud. Montaje de terminales de intemperie y pararrayos.	24	7.521,04 €	180.504,96 €
Ud. Arqueta de puesta a tierra, con relleno de zahorra, tapa recta prefabricada, impermeabilización y reposición de pavimento.	5	927,25 €	4.636,25 €
Ud. Montaje de arqueta de tiro y control.	12	240,00 €	2.880,00 €
TOTAL MONTAJE (SUBTERRÁNEA)			987.748,55 €

4.2.3. OBRA CIVIL LÍNEA SUBTERRÁNEA

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
m. Apertura de zanja de doble circuito en cualquier tipo de terreno, con las dimensiones indicadas, tapado y compactado.	2914,58	128,10 €	373.357,70 €
m. Canalización bajo tubo hormigonado, de 250 mm, colocación de cinta señalizadora de cables de AT, colocación de separadores de tubos y tubos de reserva, incluso en la perforación dirigida.	2914,58	69,53 €	202.650,75 €
m. Perforación dirigida.	358,51	782,00 €	280.354,82 €
TOTAL OBRA CIVIL (SUBTERRÁNEA)			856.363,27 €

4.2.4. OTROS COSTES LÍNEA SUBTERRÁNEA - VARIOS

DESIGNACIÓN	UDS.	P.U. (Euros)	TOTAL (Euros)
Ud. Informe reflectometría y atenuación (1 a 48 fibras ópticas) del número especificado de fibras ópticas, entre los puntos de acceso a las fibras que designe la propiedad.	2	1.268,97 €	2.537,94 €
P.A. Control de Calidad, incluyendo ensayos de hormigón según norma EHE, medición de resistencia de puesta a tierra de apoyos, así como los explícitamente indicados en el Pliego de Condiciones del proyecto y otros que pudiera requerir la Dirección de Obra.	1	52.000,00 €	52.000,00 €
P.A. Elaboración de documentación Final de obra. Incluyendo datos técnicos del material instalado, certificados de calidad, informes de los ensayos realizados y colección de planos As-Built.	1	39.000,00 €	39.000,00 €
TOTAL VARIOS (SUBTERRÁNEA)			93.537,94 €

4.3. OTROS

DESIGNACIÓN	TOTAL (Euros)
PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS	12.836,90 €
SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	35.482,80 €
DESMANTELAMIENTO	223.163,11 €

4.4. PRESUPUESTO TOTAL

DESIGNACIÓN	CONCEPTO	TOTAL (Euros)
TRAMO AÉREO	OBRA CIVIL	94.103,69 €
	MATERIALES	622.951,45 €
	MONTAJE	519.258,10 €
	VARIOS	32.262,37 €
TRAMO SUBTERRÁNEO	OBRA CIVIL	856.363,27 €
	MATERIALES	1.448.427,26 €
	MONTAJE	987.748,55 €
	VARIOS	93.537,94 €
PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS		12.836,90 €
SEGURIDAD Y SALUD LABORAL		35.482,80 €
DESMANTELAMIENTO		223.163,11 €
TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN (EUROS)		4.926.135,44 €

El presupuesto total del Proyecto Oficial de Ejecución de la línea eléctrica aéreo-subterránea de alta tensión "L/220kV ST Ojeadores-ST Armada" asciende a:

**Cuatro millones novecientos veintiséis mil ciento treinta y cinco euros
con cuarenta y cuatro céntimos.**

Documento N°5

PLANOS

Documento N°5: PLANOS

En este documento del proyecto se recogen los principales planos de la línea. Estos **planos** corresponden con los **originales** del **Proyecto Oficial de Ejecución**, que se han desarrollado de manera conjunta de la mano de **Osprel S.L.** Aunque han sufrido pequeñas modificaciones por protección de datos, los planos que se presentan a continuación, son los pertenecientes al proyecto real “**L220 kV Ojeadores – Armada**” de la empresa.

Se facilita un índice de planos para su mejor ordenación.

PLANOS GENERALES DE LA LÍNEA

5.1. SITUACIÓN.

5.2. EMPLAZAMIENTO.

5.11. ESQUEMA DE LÍNEAS.

PLANOS DE LA LÍNEA AÉREA

5.3. PLANTA GENERAL-CATASTRAL.

5.4. PLANTA PERFIL.

5.5. APOYOS Y CIMENTACIONES.

- GCO-40000-N1113
- CO-40000-N1113
- CO-12000-N3666
- IC-55000-N1113
- IC-70000-N1113
- IC-70000-N1333-PAS

5.6. CADENAS DE AISLAMIENTO.

- Cadena de amarre 220kV sencilla.
- Cadena de suspensión 220kV.

5.7. HERRAJES.

- Conjunto para fibra óptica de amarre pasante.

- Conjunto para fibra óptica de amarre bajante.
- Conjunto para fibra óptica de suspensión.

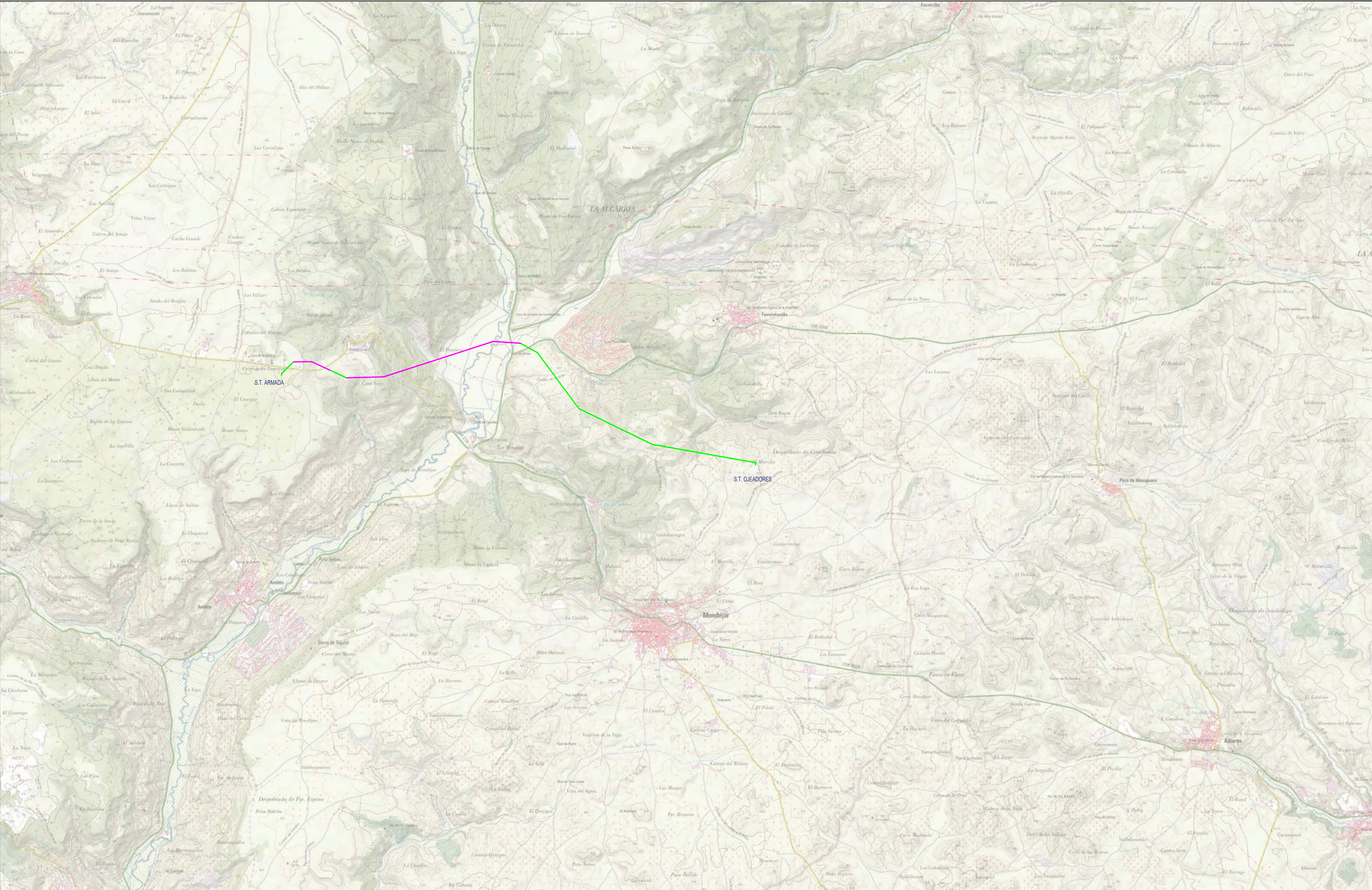
PLANOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

5.8. PLANTA-PERFIL SUBTERRÁNEO.

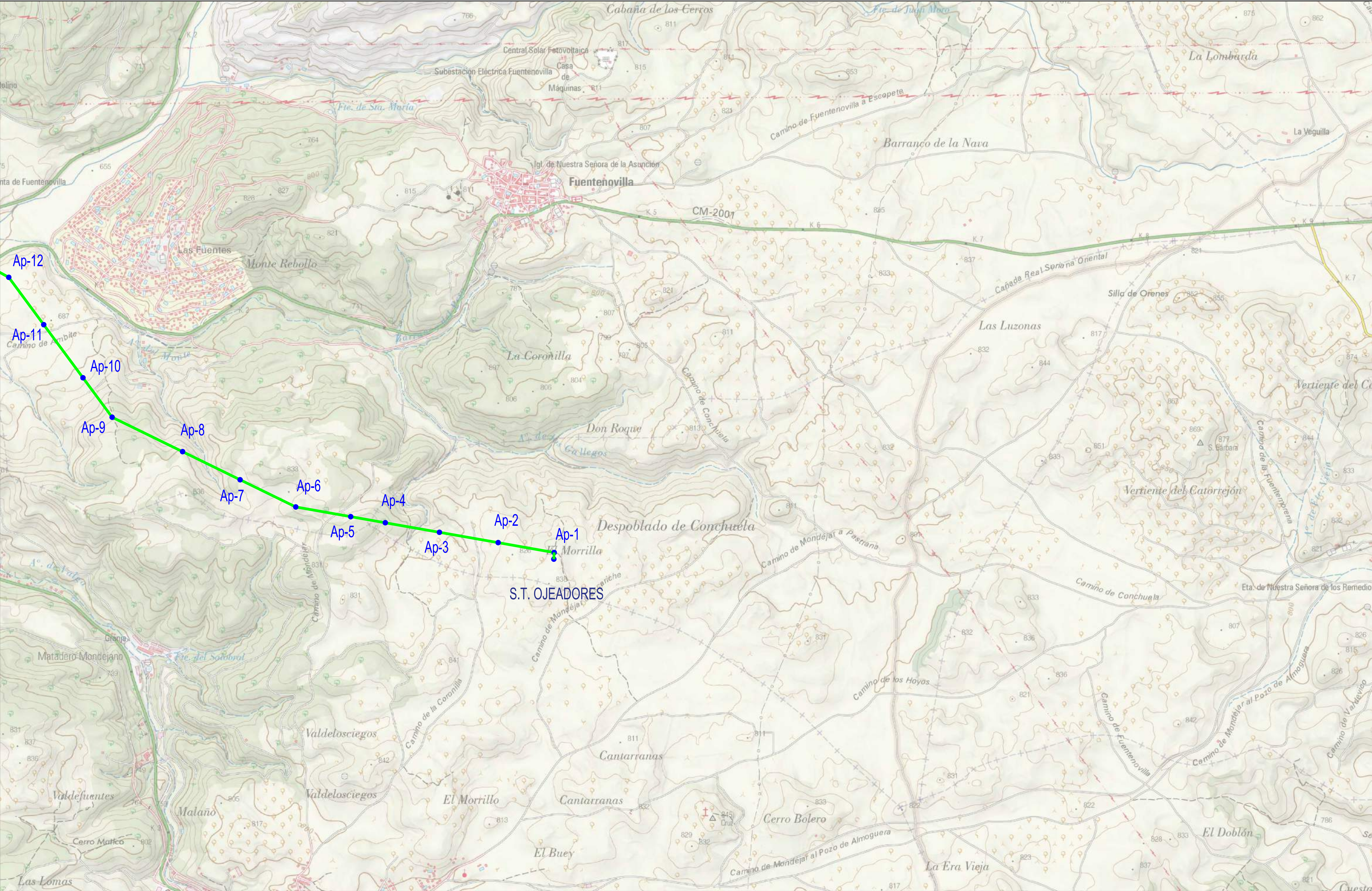
5.9. SECCIONES TRANSVERSALES.

- Zanja tipo con hormigón.
- Perforación dirigida.

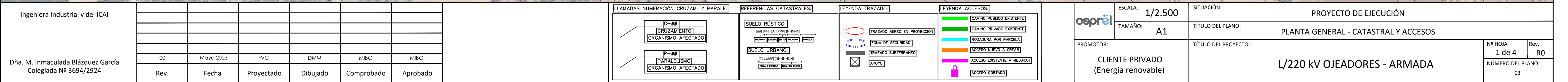
5.10. CÁMARA DE EMPALME.

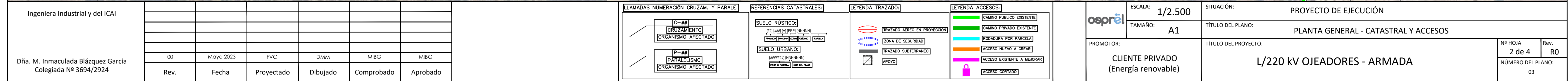


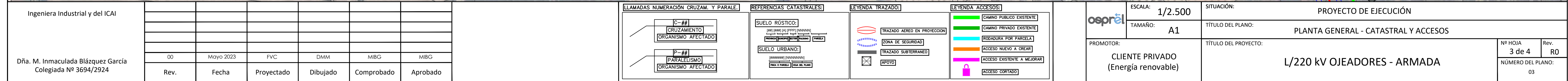
Ingeniera Industrial y del ICAI							osprel ESCALA: 1/25.000 TAMAÑO: A1 PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN					
								TÍTULO DEL PLANO: PLANTA SITUACIÓN					
								TÍTULO DEL PROYECTO: L/220 kV OJEADORES - ARMADA				Nº HOJA 1 de 1	Rev. R0
												01	
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924	00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	IEG	MIBG	LEYENDA - LÍNEA AÉREA - LÍNEA SUBTERRANEA						
	Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado							

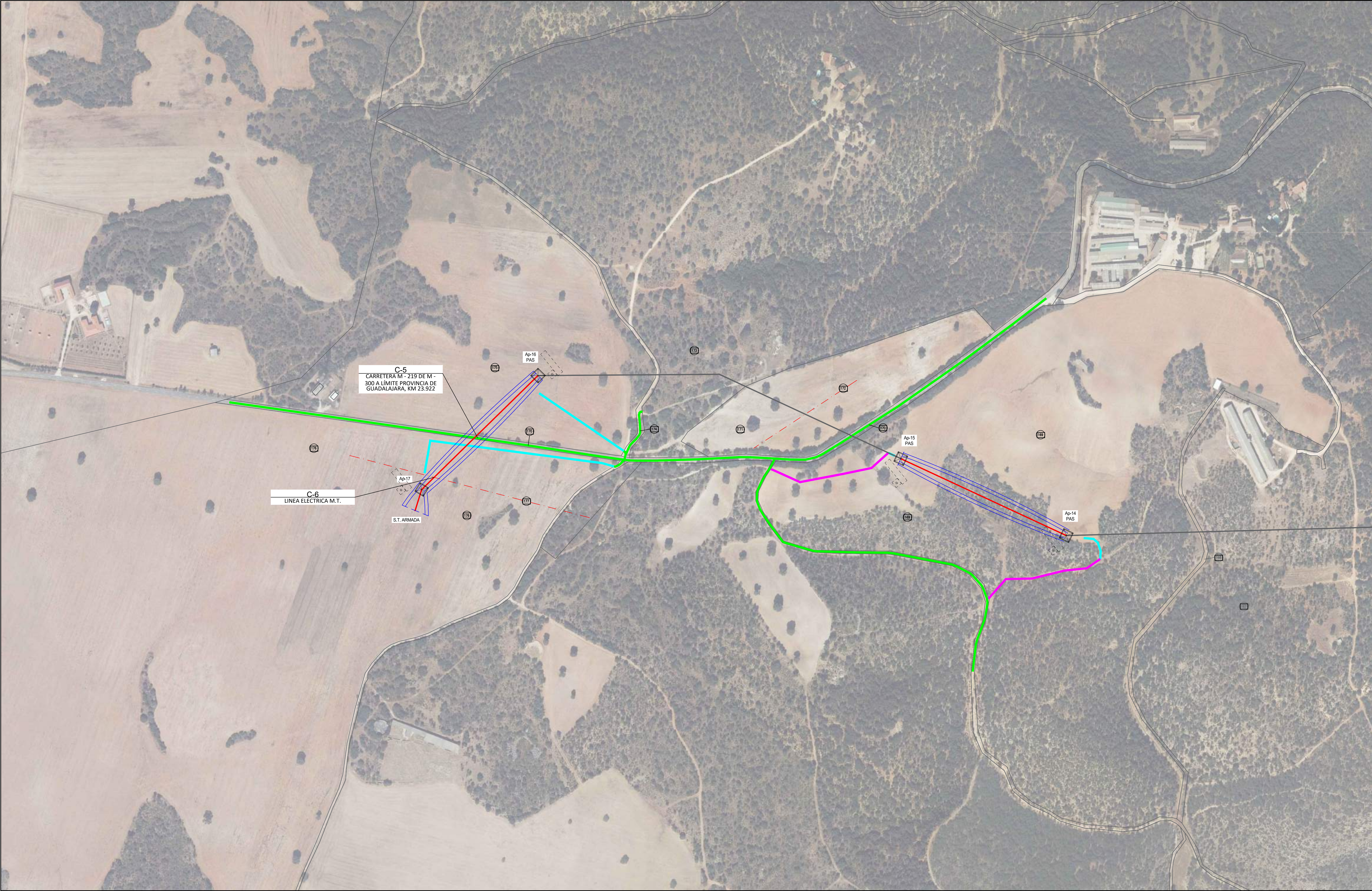


Ingeniera Industrial y del ICAI							LEYENDA - LÍNEA AÉREA - LÍNEA SUBTERRANEA	osprel PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)	ESCALA:	1/10.000	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN				
									TAMAÑO:	A1	TÍTULO DEL PLANO:	EMPLAZAMIENTO				
									TÍTULO DEL PROYECTO:			L/220 kV OJEADORES - ARMADA				
									Nº HOJA			Rev.				
									1 de 2			R0				
									NÚMERO DEL PLANO:			02				
Dña. M. Inmaculada Blázquez García	00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	IEG	MIBG										
Colegiada Nº 3694/2924	Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado										

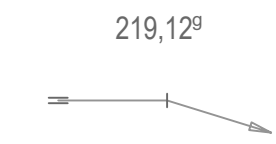








Ingeniera Industrial y del ICAI							LLAMADAS NUMERACIÓN CRUZAM. Y PARALE. C-#1 CRUZAMIENTO ORGANISMO AFECTADO P-#1 PARALELISMO ORGANISMO AFECTADO	REFERENCIAS CATASTRALES: SUELO RÚSTICO DELIMITACIÓN (MIBG) PROTECCIÓN (MIBG) SUELO URBANO DELIMITACIÓN (MIBG) PROTECCIÓN (MIBG)	LEYENDA TRAZADO: TRAZADO AEREO EN PROYECCIÓN ZONA DE SEGURIDAD TRAZADO SUBTERRANEO APORTE	LEYENDA ACCESOS: CAMINO PUBLICO EXISTENTE CAMINO PRIVADO EXISTENTE RODADURA POR PARCELA ACCESO NUEVO A CREAR ACCESO EXISTENTE A MEJORAR ACCESO CORTADO	osprel	ESCALA:	1/2.500	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN		
	TAMAÑO:	A1	TÍTULO DEL PLANO:	PLANTA GENERAL - CATASTRAL Y ACCESOS													
	PROMOTOR:	CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)			TÍTULO DEL PROYECTO:	L/220 kV OJEADORES - ARMADA						Nº HOJA	4 de 4	Rev.	R0		
						NÚMERO DEL PLANO:						03					
	Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado											
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924	00	Mayo 2023	FVC	DMM	MIBG	MIBG											



COORDENADAS U.T.M.	
X	492175,78
Y	4466151,91
Z	831,81

IC-55000-20-N1113-AN

CO-9000-39-N3666-SUS

CO-9000-27-N3666-SUS

CO-9000-24-N3666-SUS

CRUZAMIENTO N°1 - Barranco de Malpagá

DminV=Dadd+Del=5,3+1,7= 7m < 29,42 m =Dreal

DminH=Serv. cauce = 5 m < 86,2 m= Dreal

CO-12000-21-N3666-AN

S.T. OJEADORES

ARBOLADO DE 10m

FRUTALES DE 4m

FRUTALES DE 4m

ARBOLADO DE 10m

BARRANCO DE MALPAGA

PLANO DE COMPARACION Y ESTACIONES

455

N.º DE APOYO Y LONGITUD DE VANOS

S.T. OJEADORES

45.01

1

341.80

2

358.19

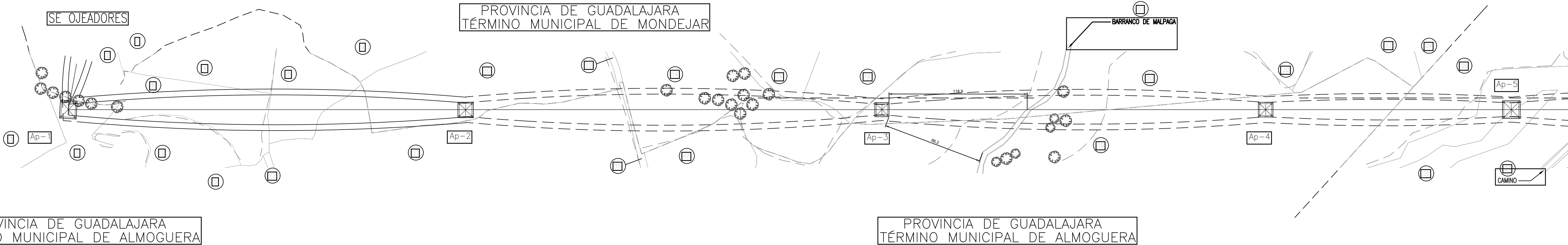
3

330.11

4

211.36

5



Ingeniera Industrial y del ICAI

Dña. M. Inmaculada Blázquez García
Colegiada Nº 3694/2924

00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	FVC	MIBG
Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado

ospräl

ESCALA: H=1/2.000
V=1/500
TAMAÑO: A1

SITUACIÓN:

PROYECTO DE EJECUCIÓN

TÍTULO DEL PLANO:

PLANTA Y PERFIL

PROMOTOR:

CLIENTE PRIVADO
(Energía renovable)

TÍTULO DEL PROYECTO:

L/220 kV OJEADORES - ARMADA

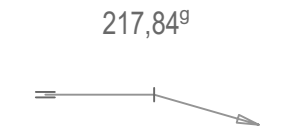
Nº HOJA

1 de 5

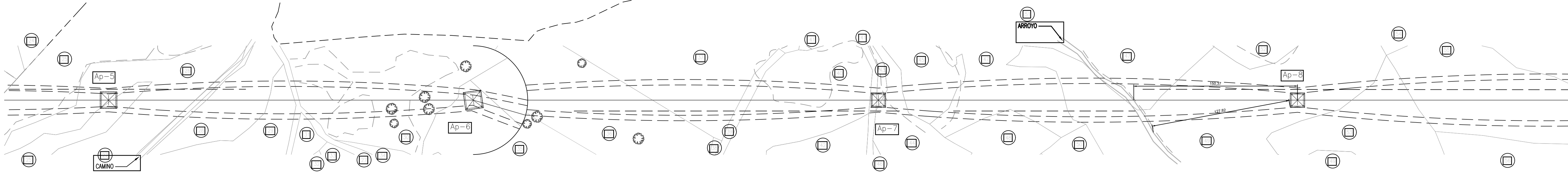
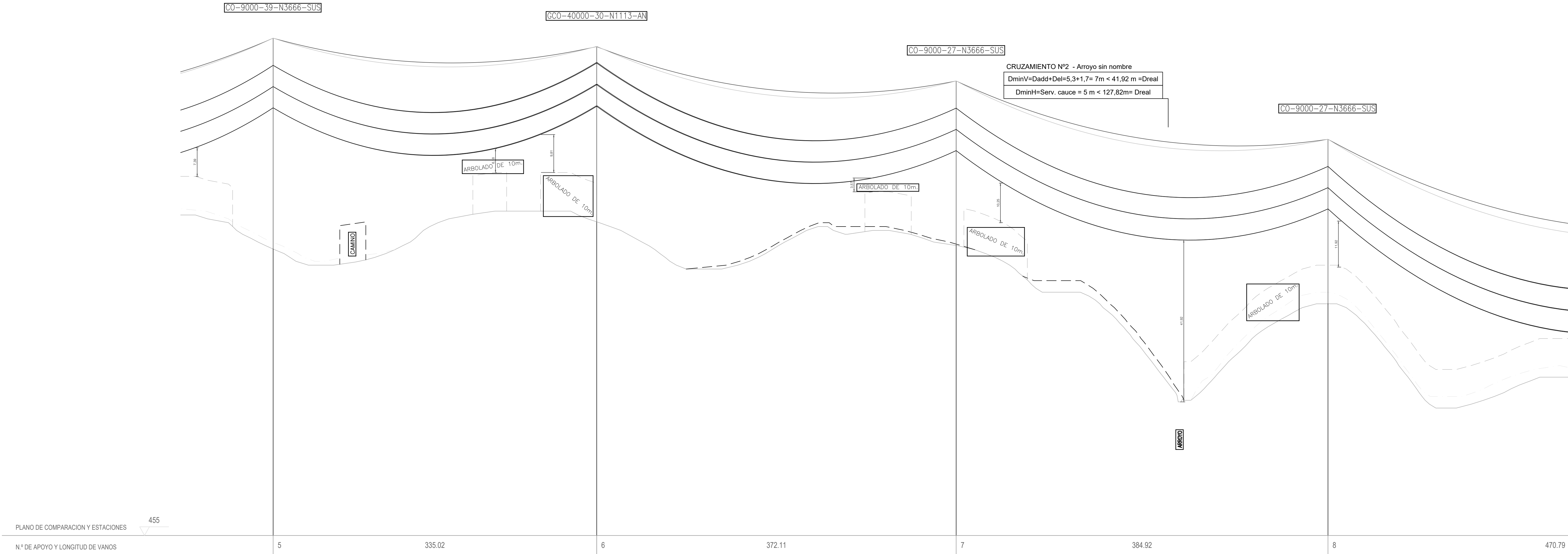
Rev.

R0

NÚMERO DEL PLANO:
04

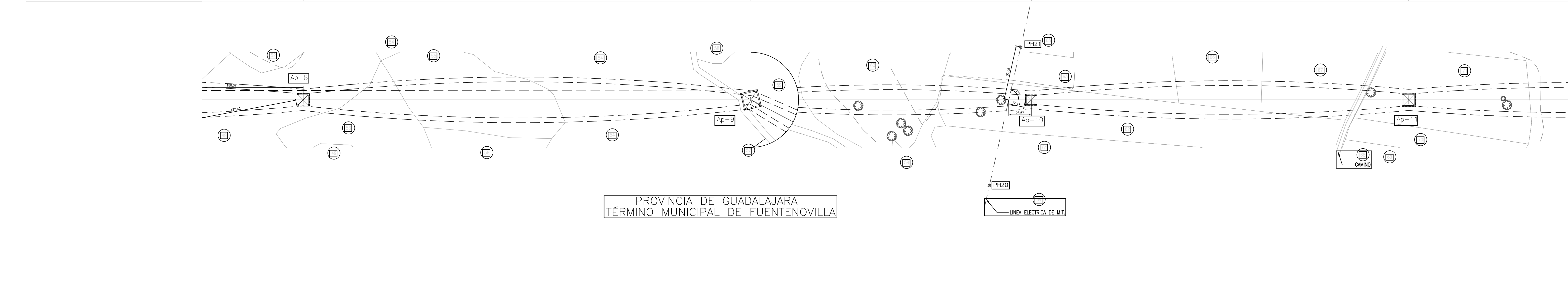
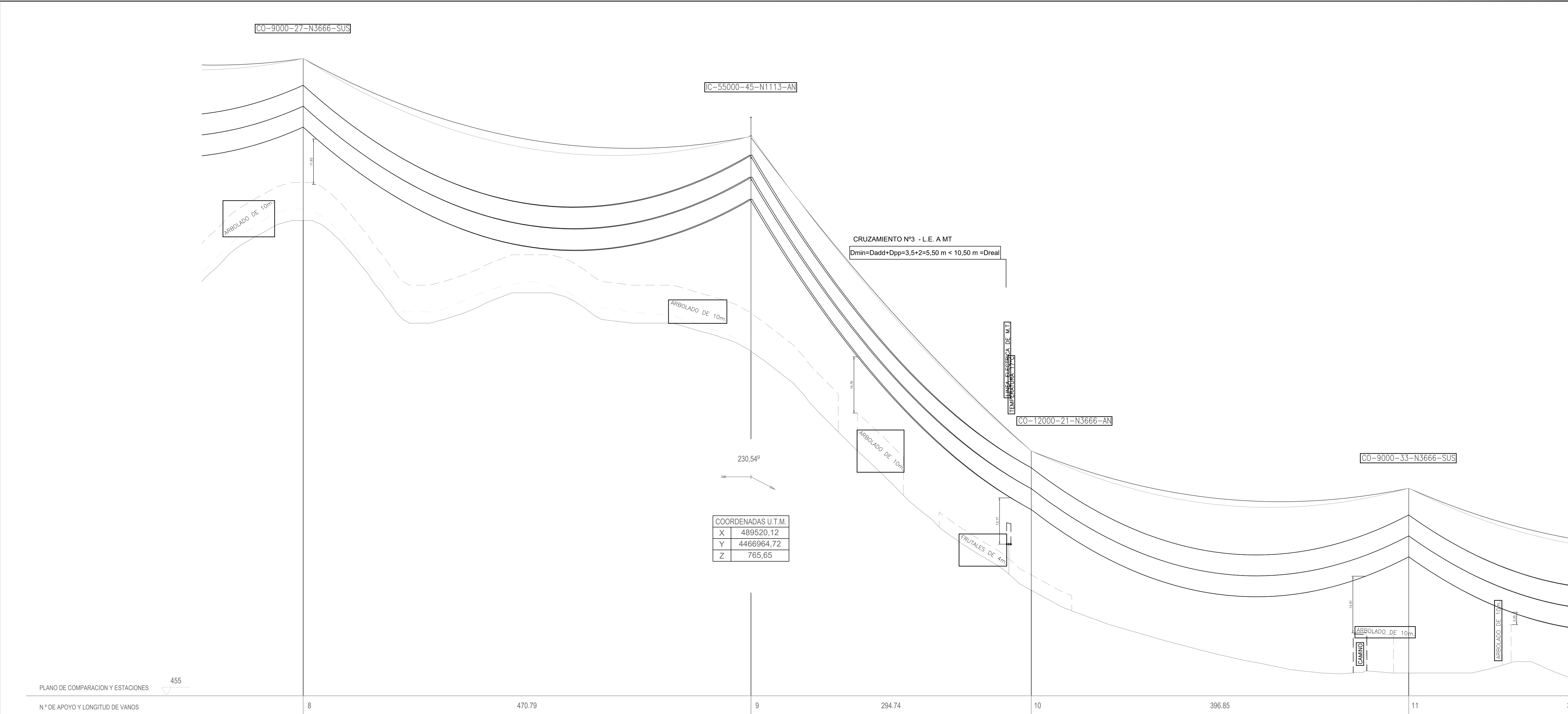


COORDENADAS U.T.M.	
X	490623,23
Y	4466425,56
Z	821,23

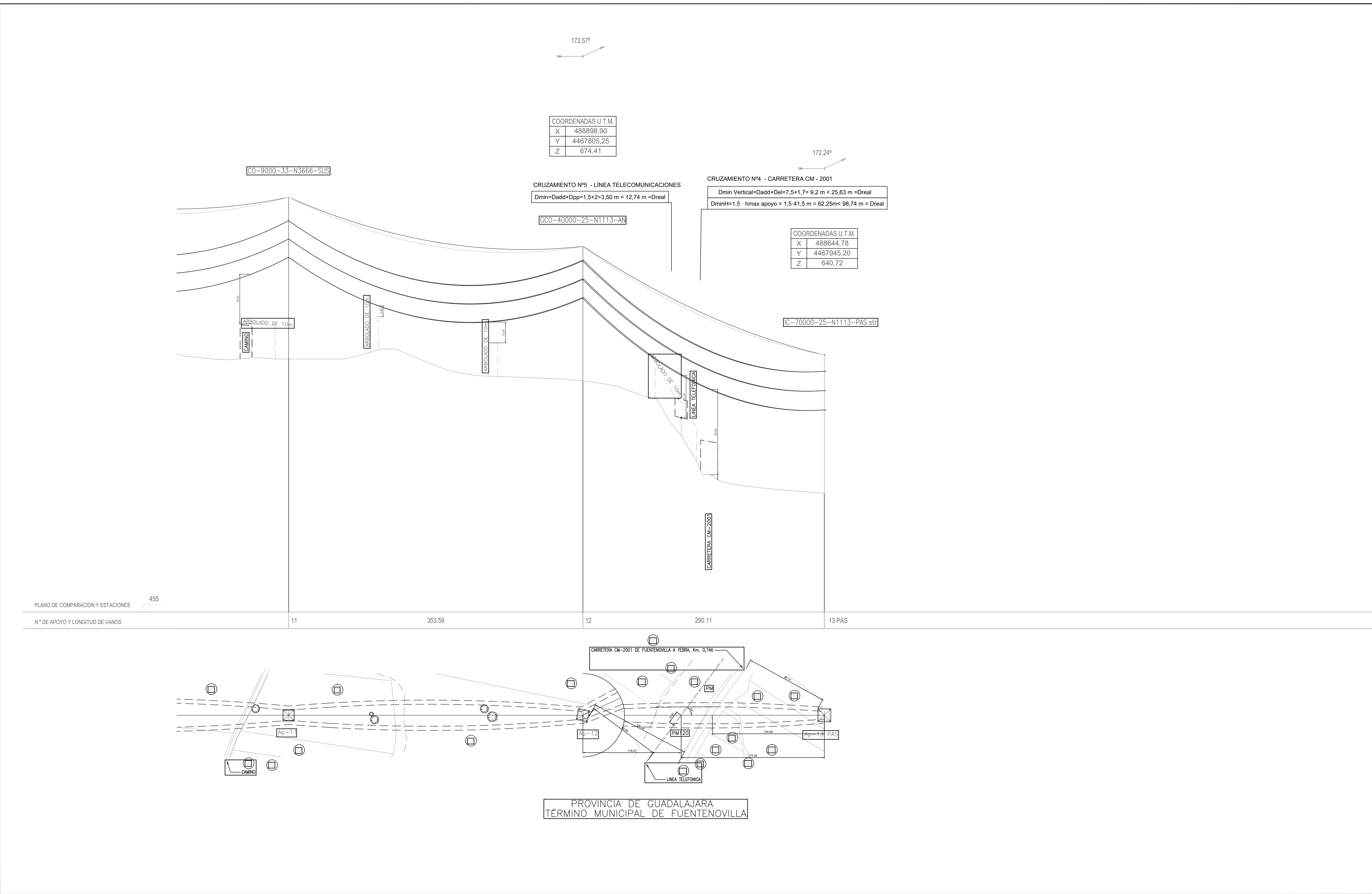


PROVINCIA DE GUADALAJARA
TÉRMINO MUNICIPAL DE FUENTENOVILLA

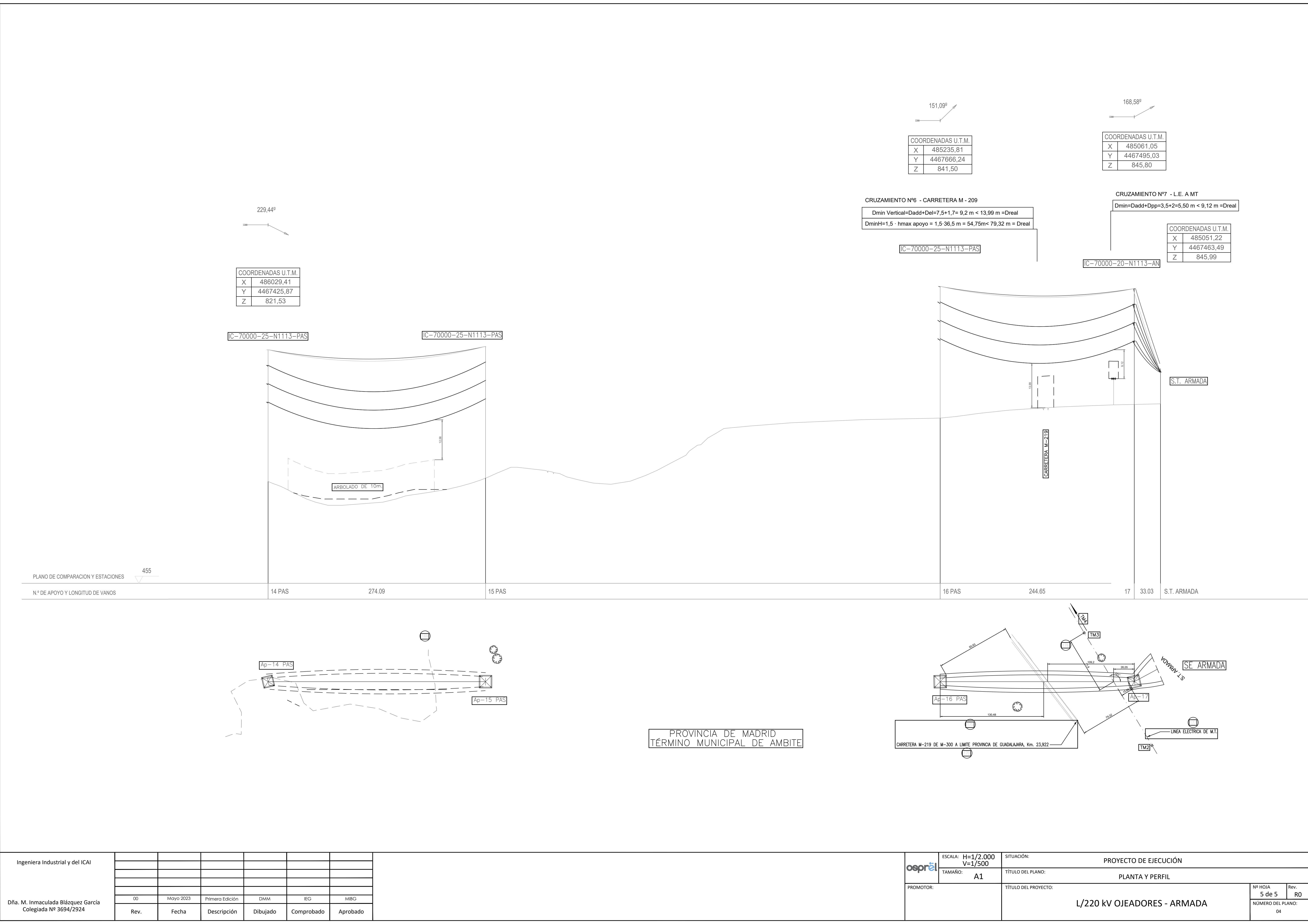
Ingeniera Industrial y del ICAI								ESCALA: H=1/2.000 V=1/500	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN		
								TAMAÑO: A1	TÍTULO DEL PLANO: PLANTA Y PERFIL		
								PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		TÍTULO DEL PROYECTO: L/220 KV OJEADORES - ARMADA	
	00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	FVC	MIBG		Nº HOJA: 2 de 5		Rev. R0	
	Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado		NÚMERO DEL PLANO: 04			



Ingeniera Industrial y del ICAI							PROYECTO DE EJECUCIÓN			
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924	00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	FVC	MIBG	PLANTA Y PERFIL			
	Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado	L/220 kV OJEADORES - ARMADA			
							NÚMERO DEL PLANO: 04			
							Nº HOJA		Rev.	
							3 de 5		R0	

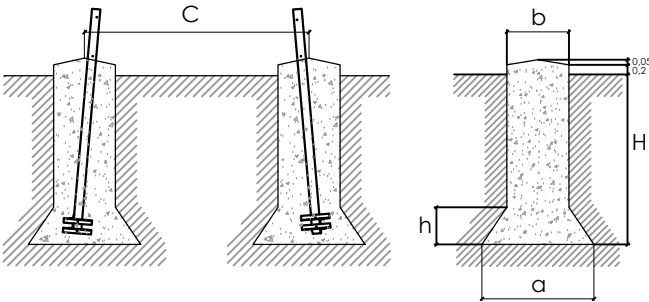
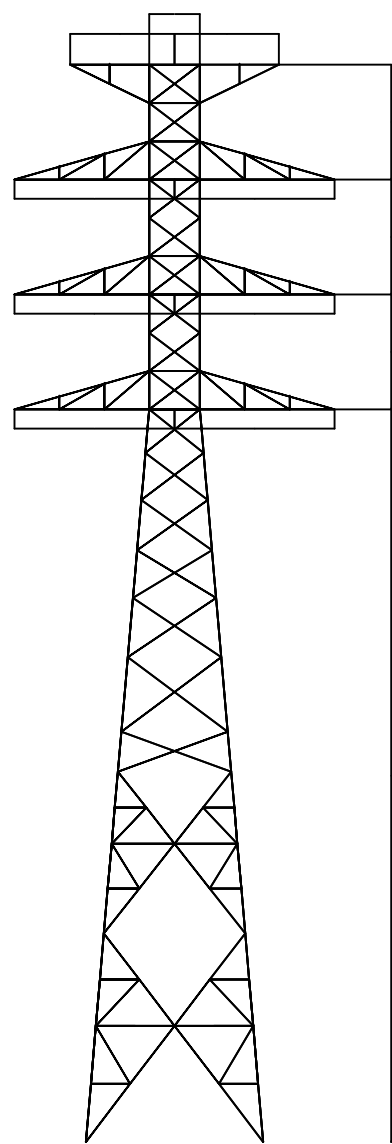


Ingeniera Industrial y del ICAI							ospräl ESCALA: H=1/2.000 V=1/500 TAMAÑO: A1 PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN	
								TÍTULO DEL PLANO: PLANTA Y PERFIL	
								TÍTULO DEL PROYECTO: L/220 kV OJEADORES - ARMADA	
	00	Mayo 2023	Primera Edición	DMM	FVC	MIBG		Nº HOJA 4 de 5	Rev. R0
	Rev.	Fecha	Descripción	Dibujado	Comprobado	Aprobado		NÚMERO DEL PLANO: 04	



REVISIÓN		CANTIDAD				CANTIDAD				CANTIDAD			
00	0000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00	0000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

GCO-40000-N1113

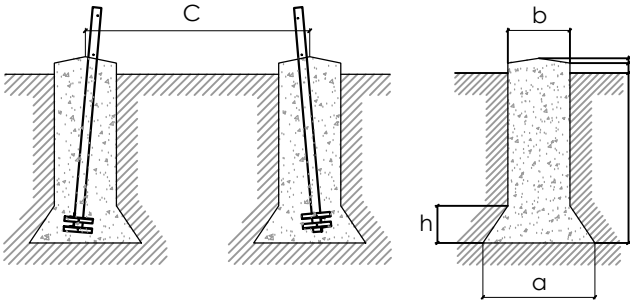
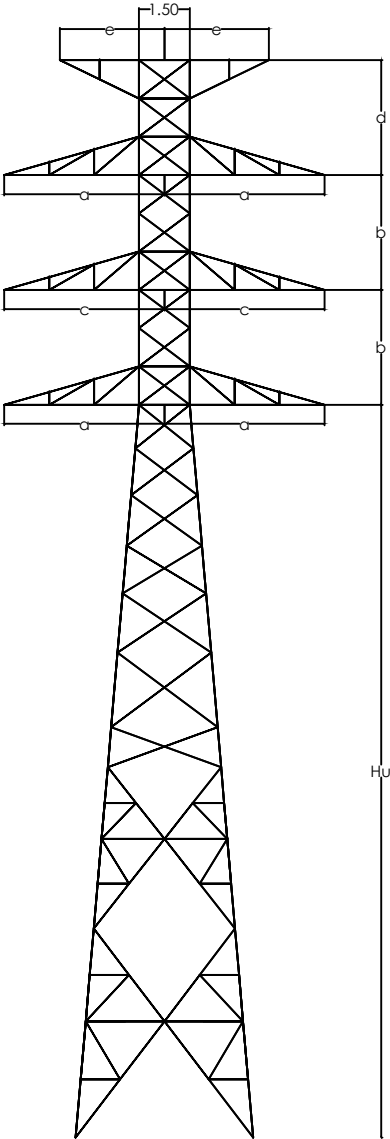


Consideraciones Particulares Torres		
MATERIALES	Características Mecánicas	S355J0 y S275JR según UNE-EN-10025
	Características Dimensionales	Perfiles de alas iguales según UNE-EN-10056 / Chapas de acero laminadas en caliente UNE-EN-10029
	Galvanización	EN-1461 / EN-10684
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	ASCE 10-15	
TORNILLOS	R.D. 223 / 08	

				00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG			
				Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado			
Ingeniera Industrial y del ICAI Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924		ESCALA:	S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN								
		TAMAÑO:	A4	TÍTULO DEL PLANO: APOYOS Y CIMENTACIONES								
	PROMOTOR:		CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)				TÍTULO DEL PROYECTO:		L/220 kV OJEADORES - ARMADA GCO-40000-N1113		Nº HOJA 1 de 6	Rev. R0
											NÚMERO DEL PLANO: 05	

Base de la Armadura	DIMENSIONES DEL APoyo							DIMENSIONES						
	L	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
Ø 200 x 1000	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ø 200 x 1000	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ø 200 x 1000	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ø 200 x 1000	200	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

CO-9000-N3666

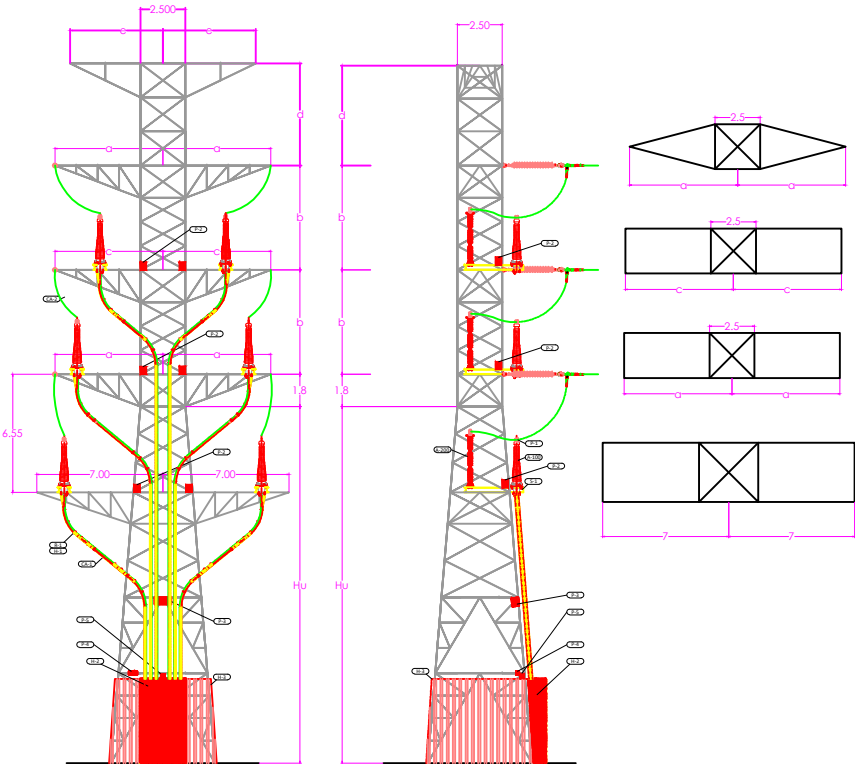


Consideraciones Particulares Torres		
MATERIALES	Características Mecánicas	S355J0 y S275JR según UNE-EN-10025
	Características Dimensionales	Perfiles de alas iguales según UNE-EN-10056 / Chapas de acero laminadas en caliente UNE-EN-10029
	Galvanización	EN-1461 / EN-10684
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	ASCE 10-15	
TORNILLOS	R.D. 223 / 08	

				00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG
				Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado
Ingeniera Industrial y del ICAI Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924		ESCALA:	S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN					
		TAMAÑO:	A4	TÍTULO DEL PLANO: APOYOS Y CIMENTACIONES					
	PROMOTOR:		TÍTULO DEL PROYECTO:					Nº HOJA	Rev.
	CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		L/220 kV OJEADORES - ARMADA CO-9000-N3666					2 de 6	R0
								NÚMERO DEL PLANO: 05	

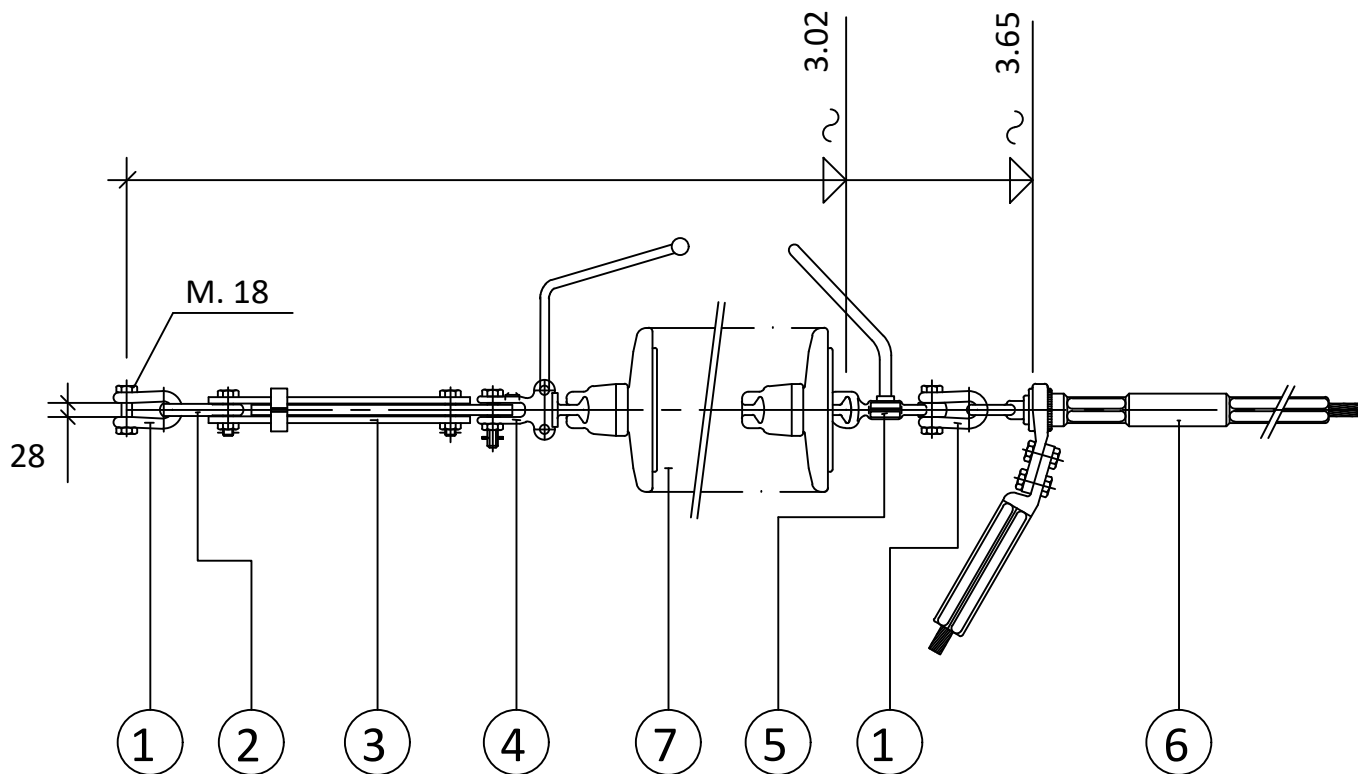
Consideraciones Particulares Torres		
MATERIALES	Características Mecánicas	S355J0 y S275JR según UNE-EN-10025
	Características Dimensionales	Perfiles de alas iguales según UNE-EN-10054 / Chapas de acero laminadas en caliente UNE-EN-10029
	Galvanización	EN-1461 / EN-10684
ANÁLISIS ESTRUCTURAL	ASCE 10-15	
TORNILLOS	R.D. 223 / 08	

IC-70000-N1333-PAS



RELACION DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL MONTAJE				
POS.	CANT.	DESCRIPCION		
APARELLAJE				
A-100	-	TERMINAL DE EXTERIOR 220kV		
A-200	-	AUTOVÁLVULA		
PIEZAS DE CONEXION				
P-1	-	RACOR EN T PARA PASO DE CABLE CA-2 A BORNA Ø50 (TERMINAL)		
P-2	-	CAJAS UNIPOLARES CON/SIN DESCARGADOR SVL (**)		
P-3	-	CAJA DE UNIFICACIÓN DE PUESTA A TIERRA		
P-4	-	CONTADOR DE DESCARGA TRIDELTA DCC 2		
P-5	-	CAJA DE CONEXIÓN ANILLO DE TIERRA - CABLE UNIFICACIÓN - CABLE CONTINUIDAD SINGLE POINT		
ACCESORIOS				
H-1	-	ABRAZADERA SIMPLE DE PLASTICO PARA CABLE CA-1 DE 220kV		
H-2	-	PROTECCION ENVOLVENTE DE FABRICA DE LADRILLO MACIZO ENFOSCADO EN CARA EXTERIOR		
H-3	-	FORRADO ANTIESCALA DE PLACAS AISLANTES PARA PATAS APOYO METALICO		
ESTRUCTURA METALICA				
S-1	2	SOPORTE PARA APARATOS CRUCETAS LATERALES		
CABLES Y VARILLAS				
CA-1	-	m. CABLE AISLADO 220 kV		
CA-2	-	m. CABLE AEREO DX LA-380 GULL		
TORNILLERIA				
R-1	-	TORNILLO M10x140 C/ARANDELA Y TUERCA PARA ABRAZADERAS H-4		

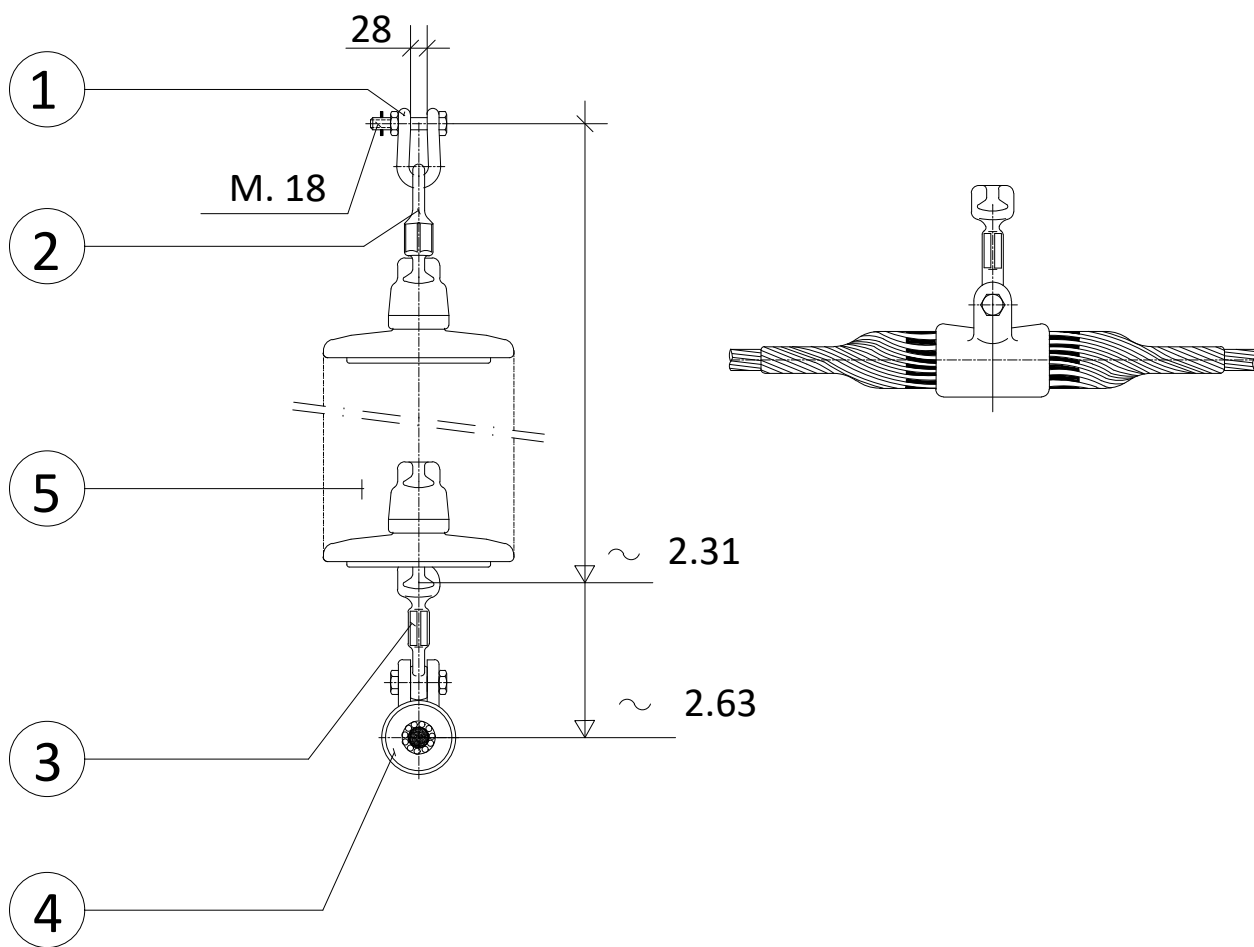
				00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG		
				Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado		
Ingeniera Industrial y del ICAI		ESCALA:	S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN							
		TAMAÑO:	A4	TÍTULO DEL PLANO: APOYOS Y CIMENTACIONES							
	PROMOTOR:		TÍTULO DEL PROYECTO:					Nº HOJA	Rev.		
	Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924		CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		L/220 kV OJEADORES - ARMADA IC-70000-N1333-PAS					6 de 6	R0
										NÚMERO DEL PLANO:	



CARGA DE ROTURA MIN. DE LA CADENA (SIN GRAPA) 16.000 daN.
 AISLADOR NORMA 20 DE C.E.I.
 NORMA DE APLICACION, UNE 21.158
 TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MM.

7	AISLADOR DE CADENA	15	VIDRIO	U160BSP
6	GRAPA AMARRE A COMPRESION AE	1	ALEACION AL.	GACAE
5	ROTULA LARGA DE PROTECCION N20	1	ACERO	R20/21P
4	HORQUILLA BOLA PROTECCION N20	1	ACERO	HBP20P
3	TENSOR DE CORREDERA N20	1	ACERO	TC20
2	ESLABON PLANO N20	1	ACERO	ESP20
1	GRILLETE NORMAL N2 AE	2	ACERO	GN20AE
POS.	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	DESG.

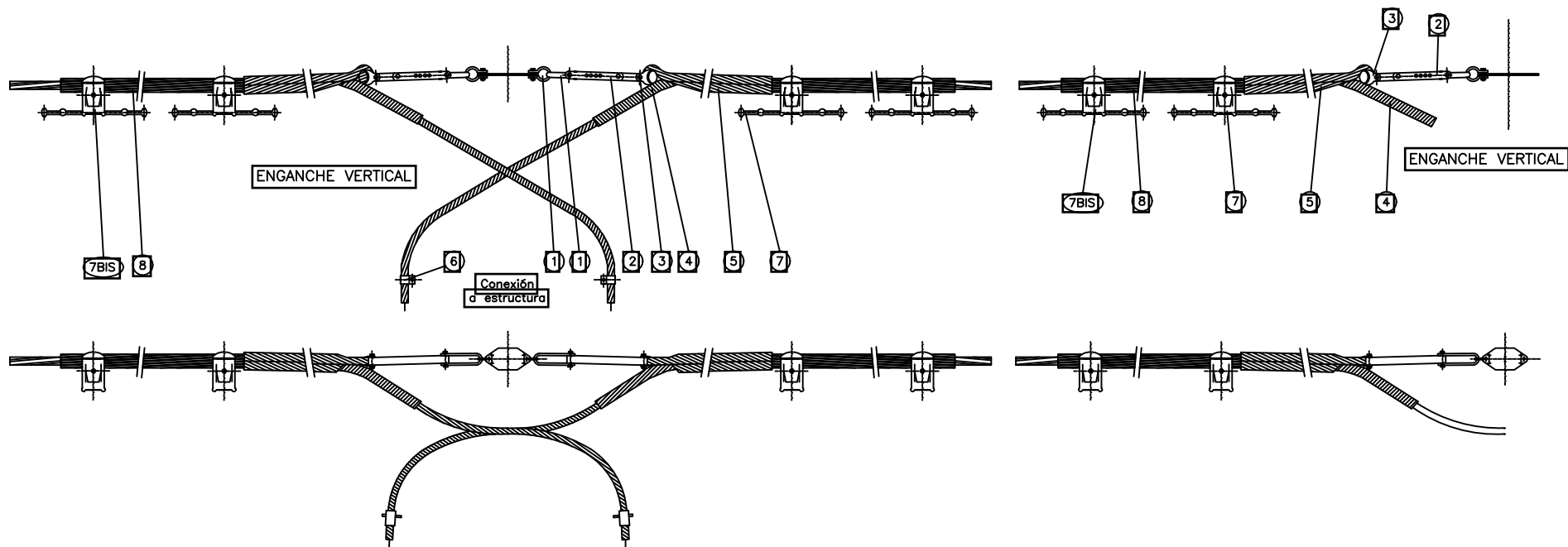
				00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG	
				Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado	
Ingeniera Industrial y del ICAI Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924		ESCALA:	S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN						
		TAMAÑO:	A4	TÍTULO DEL PLANO: CADENA DE AMARRE 220 kV SENCILLA						
	PROMOTOR:		TÍTULO DEL PROYECTO:						Nº HOJA	Rev.
	CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		L/220KV OJEADORES - ARMADA						1 de 2	R0
									NÚMERO DEL PLANO:	
								06		



CARGA DE ROTURA MIN. DE LA CADENA (SIN GRAPA) 16.000 daN.
 AISLADOR NORMA 20 DE C.E.I.
 HERRAJES, NORMA UNE 21.158
 TODAS LAS PIEZAS CON TORNILLO Y PASADOR
 TODAS LAS DIMENSIONES EN MM.

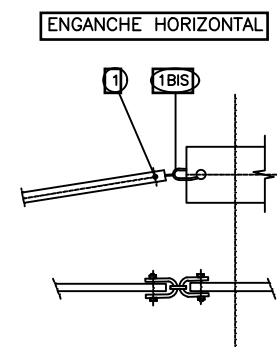
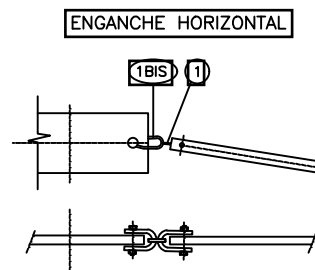
5	AISLADOR DE CADENA	14	VIDRIO	U160BSP
4	GRAPA SUSPENSION ARMADA AE	1	ALEACION AL.	GSA-AE
3	ROTULA LARGA DE PROTECCION N20	1	ACERO	RL20P
2	ANILLA BOLA DE PROTECCION N20	1	ACERO	AB20P
1	GRILLETE NORMAL N20	1	ACERO	GN20
POS.	DENOMINACION	CANT	MATERIAL	DESG.

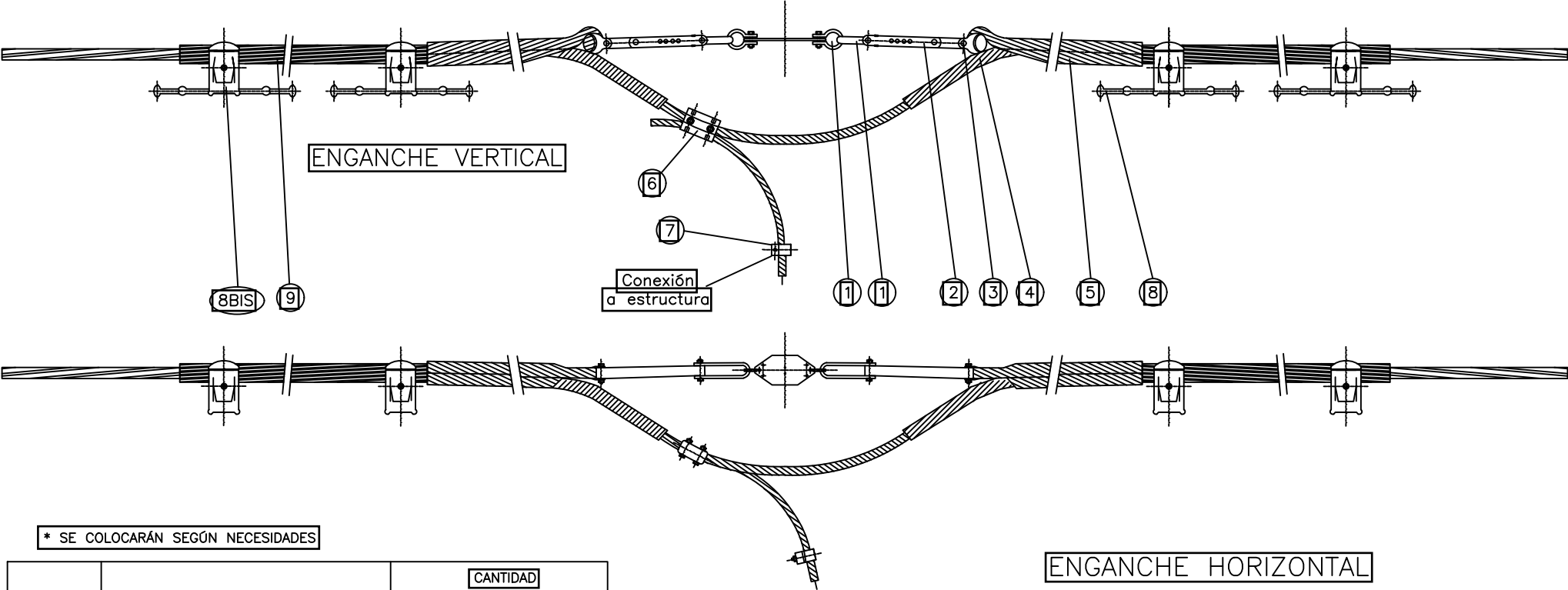
				00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG
Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado				
Ingeniera Industrial y del ICAI Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924		ESCALA: S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN						
		TAMAÑO: A4	TÍTULO DEL PLANO: CADENA DE SUSPENSIÓN 220 kV						
	PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		TÍTULO DEL PROYECTO: L/220KV OJEADORES - ARMADA			Nº HOJA 2 de 2 Rev. R0			
						NÚMERO DEL PLANO: 06			



* SE COLOCARÁN SEGÚN NECESIDADES

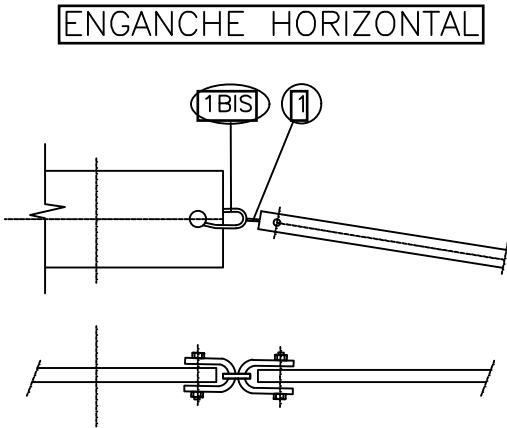
POS.	HERRAJES	CANTIDAD	
		ENGANCHE	
		VERTICAL	HORIZONTAL
1	GRILLETE RECTO CON TORNILLO	4	2
1BIS	GRILLETE REVIRADO CON TORNILLO	—	2
2	TIRANTE	2	2
3	HORQUILLA GUARDACABOS	2	2
4	EMPALME DE PROTECCIÓN	2	2
5	RETENCIÓN	2	2
6	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA	2	2
7	ANTIVIBRADORES	2	2
* 7BIS	ANTIVIBRADORES OPCIONALES	—	—
* 8	VARILLAS DE PROTECCIÓN	2	2

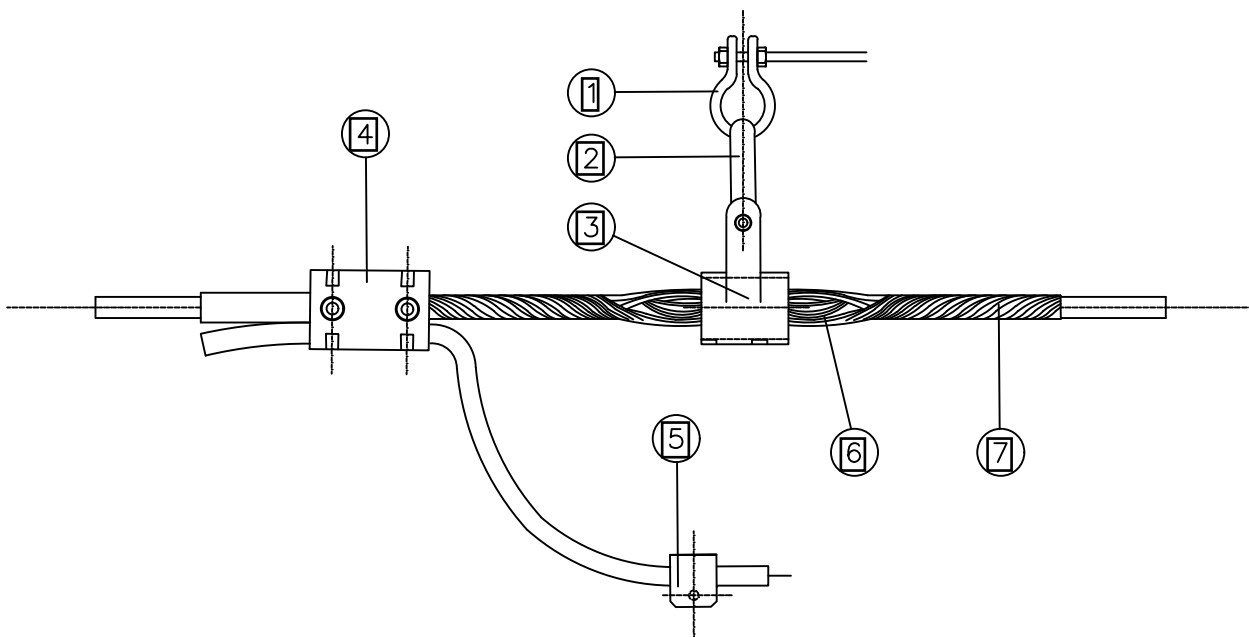




* SE COLOCARÁN SEGÚN NECESIDADES

POS.	HERRAJES	CANTIDAD	
		ENGANCHE	
		VERTICAL	HORIZONTAL
1	GRILLETE RECTO CON TORNILLO	4	2
1BIS	GRILLETE REVIRADO CON TORNILLO	=	2
2	TIRANTE	2	2
3	HORQUILLA GUARDACABOS	2	2
4	EMPALME DE PROTECCIÓN	2	2
5	RETENCIÓN	2	2
6	GRAPA CONEXIÓN PARALELA	1	1
7	GRAPA CONEXIÓN SENCILLA	1	1
8	ANTIVIBRADORES	2	2
* 8BIS	ANTIVIBRADORES OPCIONALES	2	2
* 9	VARILLAS DE PROTECCIÓN	2	2

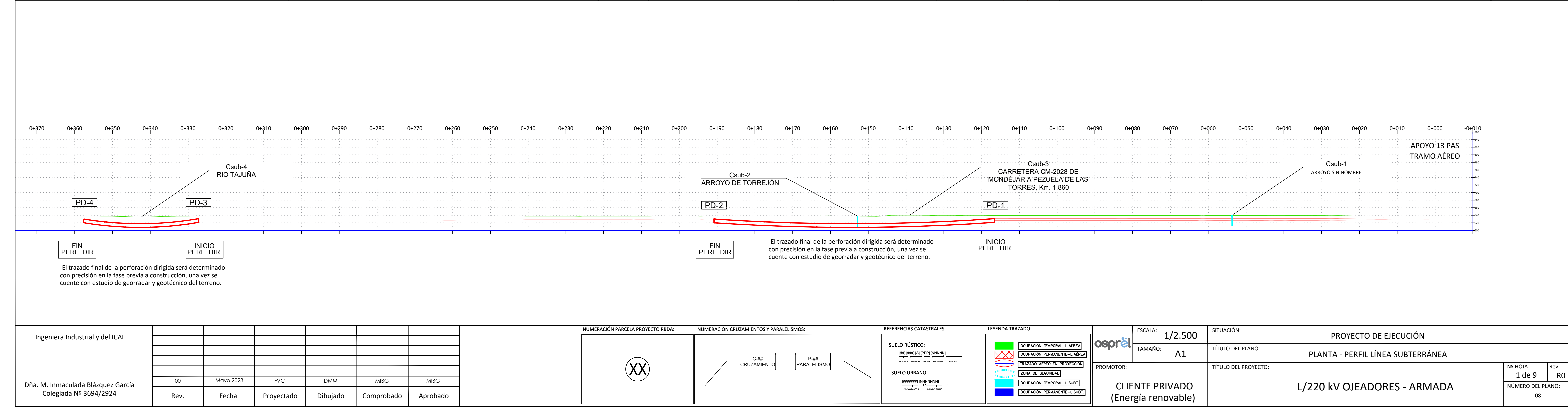


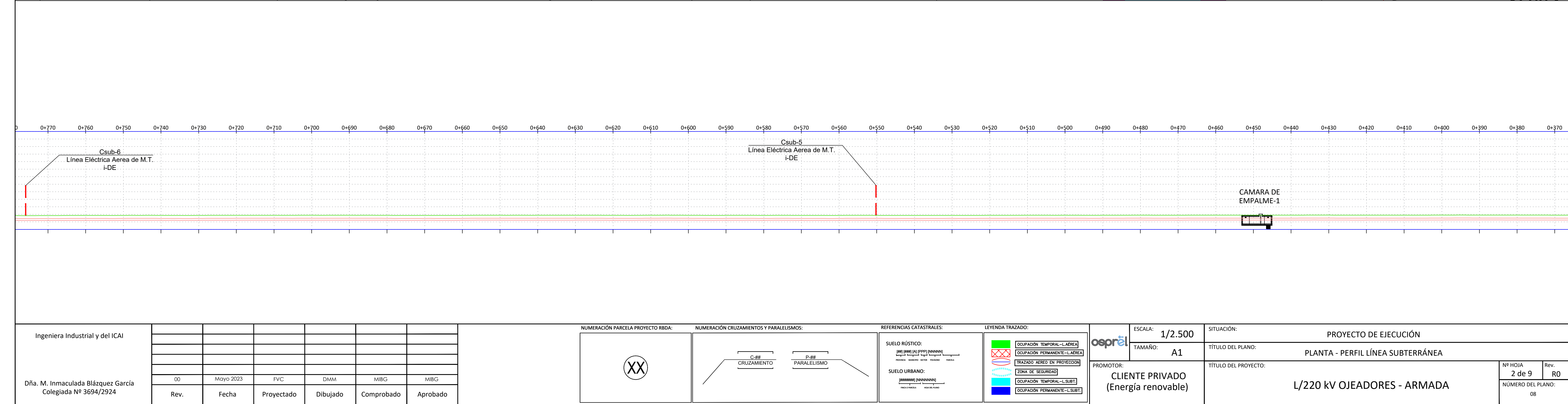


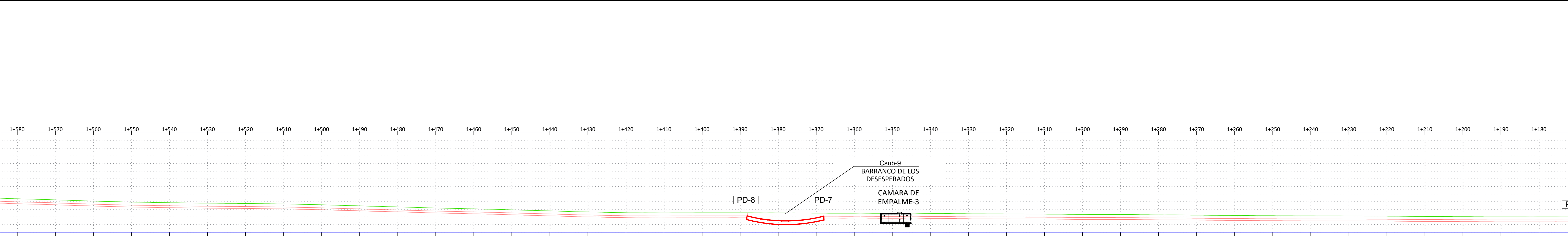
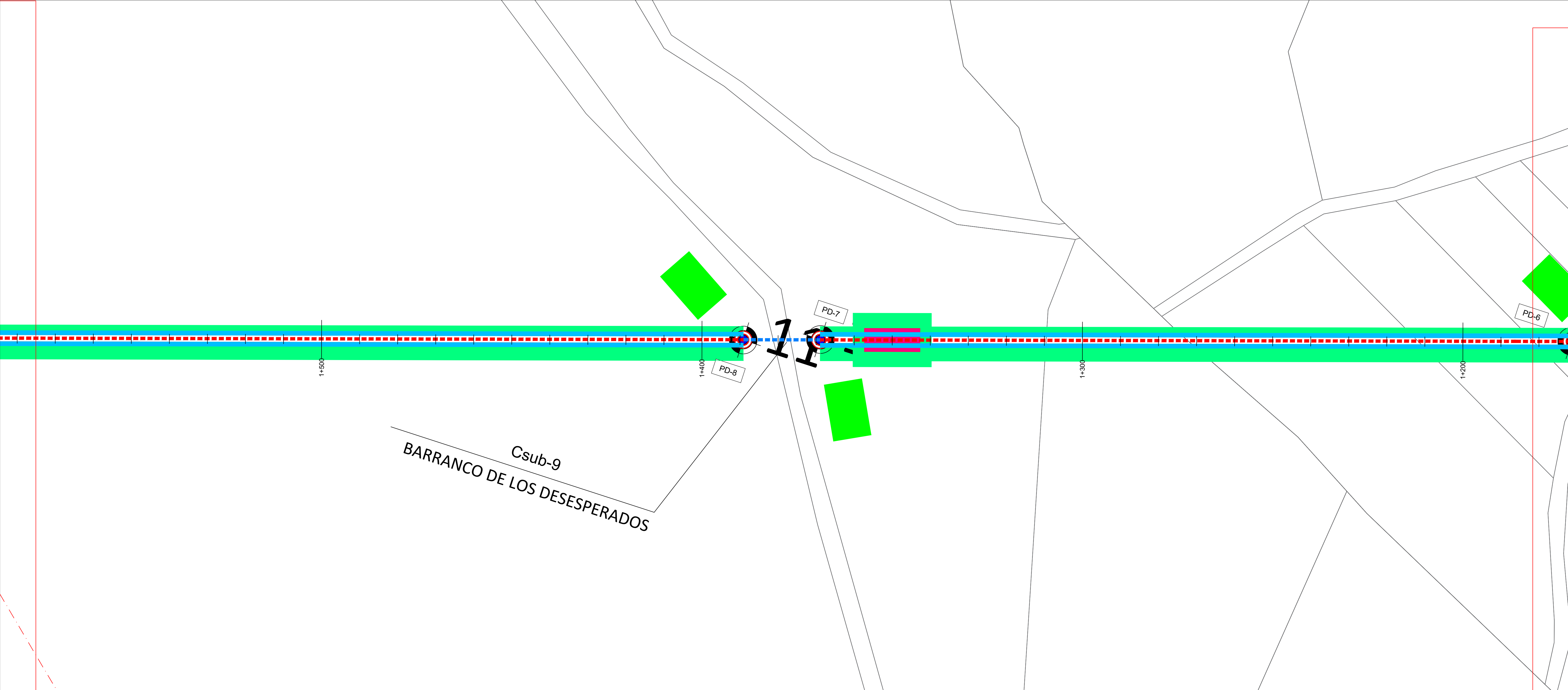
POS.	HERRAJES	CANTIDAD
		ENGANCHE
		VERTICAL
1	GRILLETE RECTO	1
2	ESLABÓN REVIRADO	1
3	GRAPA DE SUSPENSIÓN ARMADA	1
4	GRAPA CONEXIÓN PARALELA	1
5	GRAPA CONEXIÓN A TORRE	1
6	INSERTO GOMA NEOPRENO	1
7	VARILLAS PREFORMADAS	1

00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG
Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado

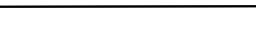
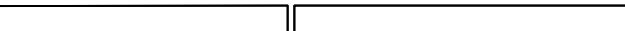
Ingeniera Industrial y del ICAI		ESCALA: S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN				
		TAMAÑO: A4	TÍTULO DEL PLANO: CONJUNTO PARA FIBRA ÓPTICA DE SUSPENSIÓN				
	PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)		TÍTULO DEL PROYECTO: L/220 KV OJEADORES - ARMADA			Nº HOJA 3 de 3	Rev. R0
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924						NÚMERO DEL PLANO: 07	

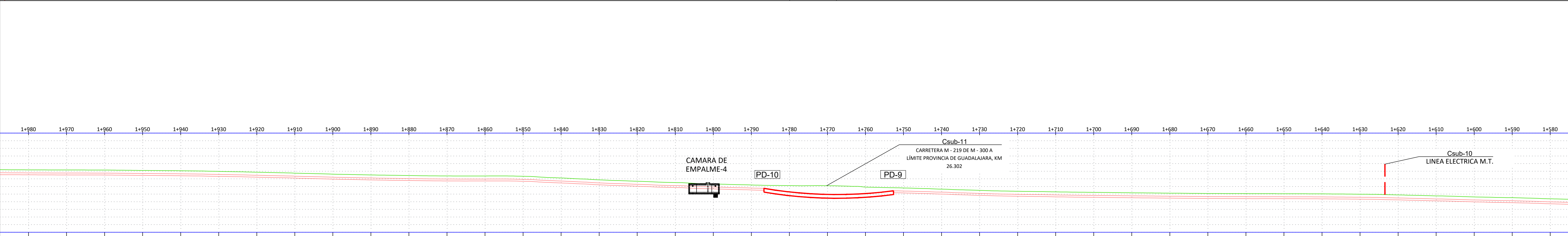
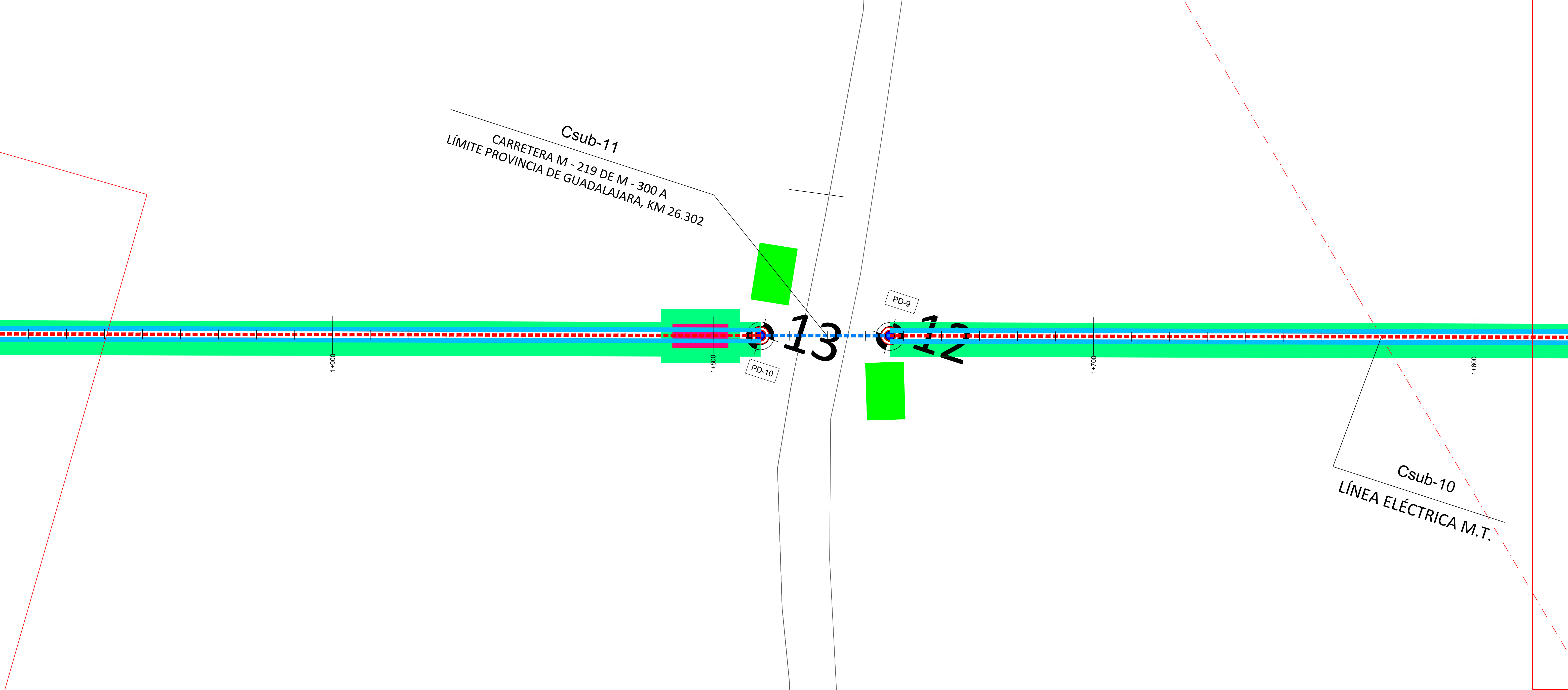






El trazado final de la perforación dirigida será determinado con precisión en la fase previa a construcción, una vez se cuente con estudio de georradar y geotécnico del terreno.

Ingeniera Industrial y del ICAI							NUMERACIÓN PARCELA PROYECTO RBDA: 	NUMERACIÓN CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS: 	REFERENCIAS CATASTRALES: SUELO RÚSTICO: (###) (###) (N) (P) (P) (P) (N
---------------------------------	--	--	--	--	--	--	---	---	---

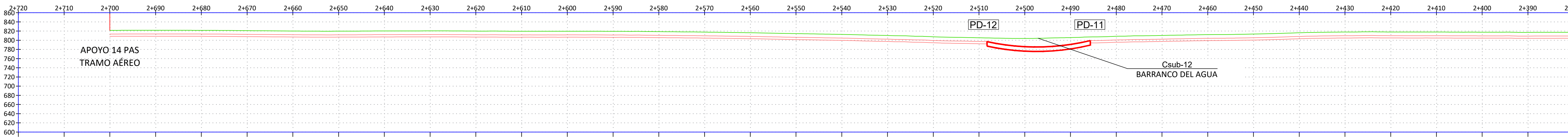
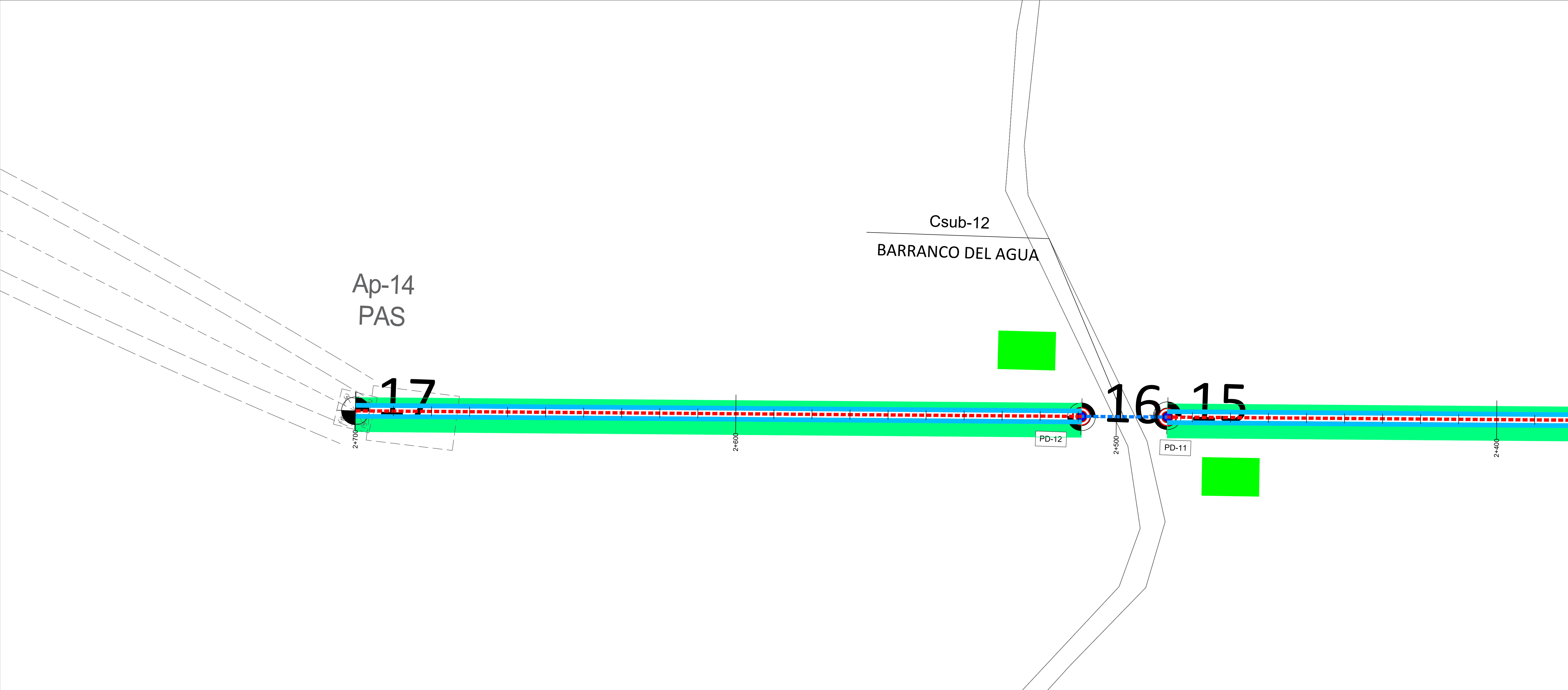


FIN PERF. DIR.

INICIO PERF. DIR.

El trazado final de la perforación dirigida será determinado con precisión en la fase previa a construcción, una vez se cuente con estudio de georradar y geotécnico del terreno.

Ingeniera Industrial y del ICAI							NUMERACIÓN PARCELA PROYECTO RBDA:	NUMERACIÓN CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS:	REFERENCIAS CATASTRALES:	LEYENDA TRAZADO:	ospräl	ESCALA:	1/2.500	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN				
												TAMAÑO:	A1	TÍTULO DEL PLANO:	PLANTA - PERFIL LÍNEA SUBTERRÁNEA				
												PROMOTOR:	TÍTULO DEL PROYECTO:			Nº HOJA	Rev.		
	00	Mayo 2023	FVC	DMM	MIBG	MIBG						CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)			L/220 kV OJEADORES - ARMADA			5 de 9	R0
	Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado									NÚMERO DEL PLANO:			08	
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924																			
					</														

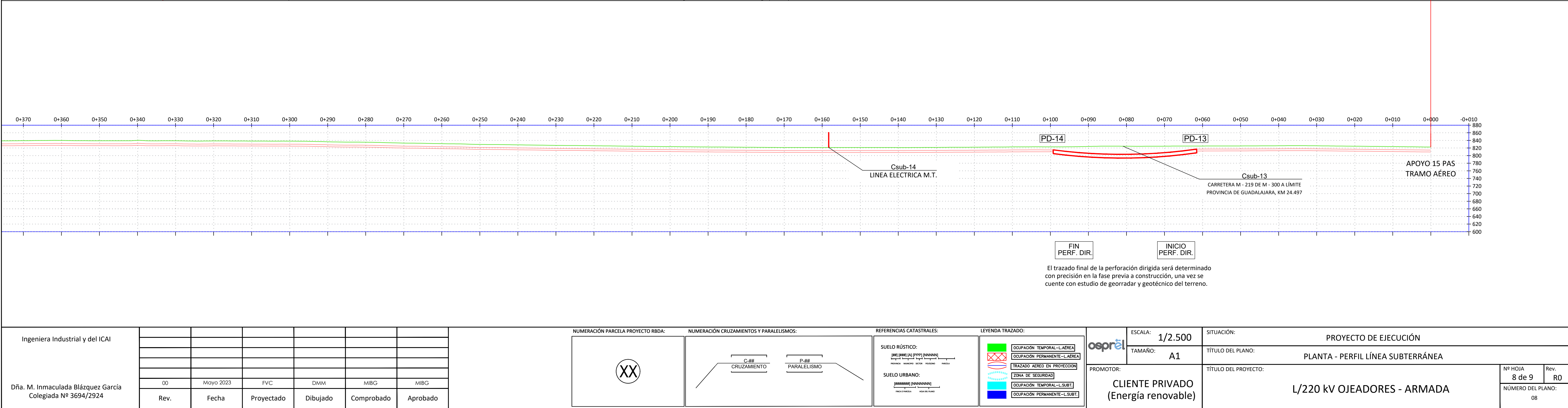


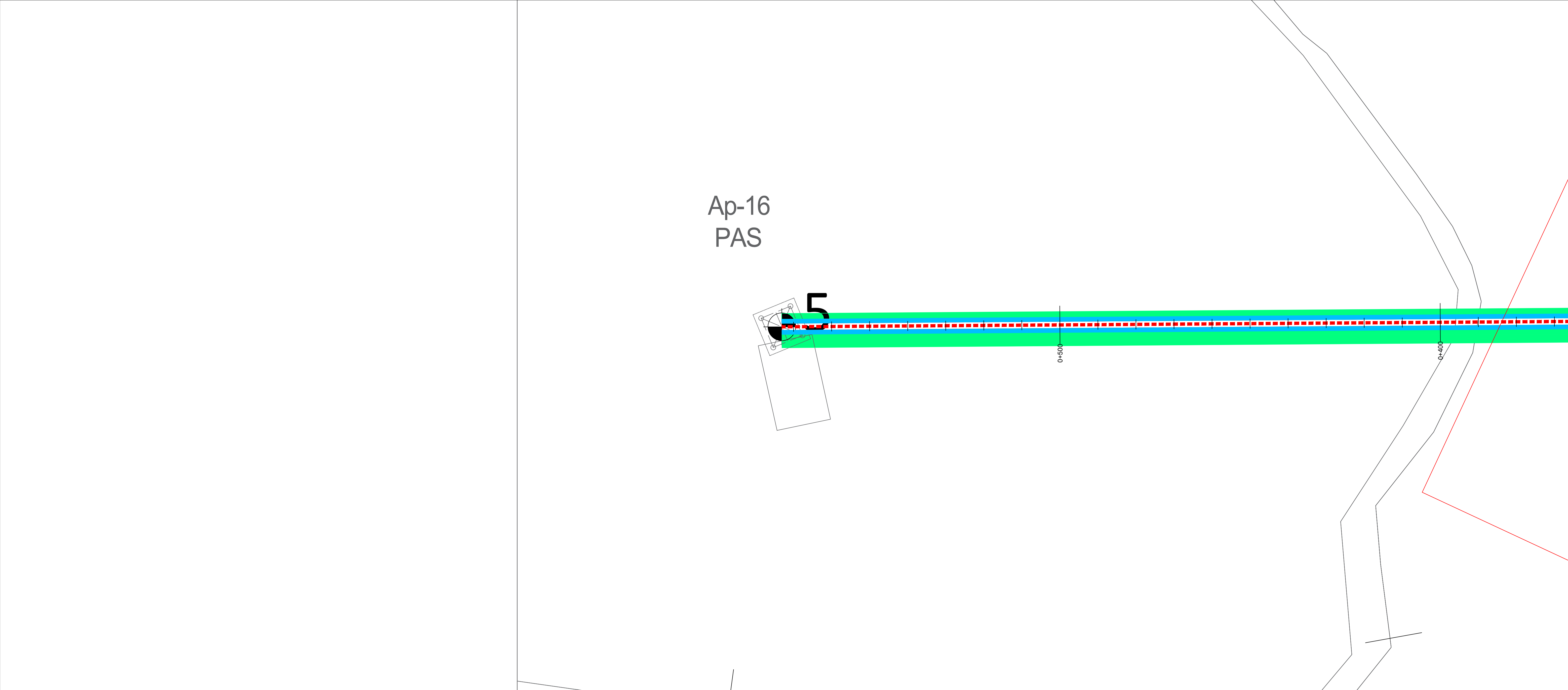
FIN PERF. DIR. INICIO PERF. DIR.

El trazado final de la perforación dirigida será determinado con precisión en la fase previa a construcción, una vez se cuente con estudio de georradar y geotécnico del terreno.

Ingeniera Industrial y del ICAI							NUMERACIÓN PARCELA PROYECTO RBDA: 	NUMERACIÓN CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS: 	REFERENCIAS CATASTRALES: SUELO RÚSTICO: OCUPIACIÓN TEMPORAL-L.AEREA OCUPIACIÓN PERMANENTE-L.AEREA SUELO URBANO: OCUPIACIÓN TEMPORAL-L.SUBT. OCUPIACIÓN PERMANENTE-L.SUBT. PARCELA RÚSTICA PARCELA URBANA	LEYENDA TRAZADO: OCUPIACIÓN TEMPORAL-L.AEREA OCUPIACIÓN PERMANENTE-L.AEREA ZONA DE SEGURIDAD OCUPIACIÓN TEMPORAL-L.SUBT. OCUPIACIÓN PERMANENTE-L.SUBT.		ESCALA:	1/2.500	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN		
	TAMAÑO:	A1	TÍTULO DEL PLANO:	PLANTA - PERFIL LÍNEA SUBTERRÁNEA													
	PROMOTOR:	CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)			TÍTULO DEL PROYECTO:	L/220 kV OJEADORES - ARMADA						Nº HOJA	Rev.				
												7 de 9	R0				
												NÚMERO DEL PLANO:					
						08											

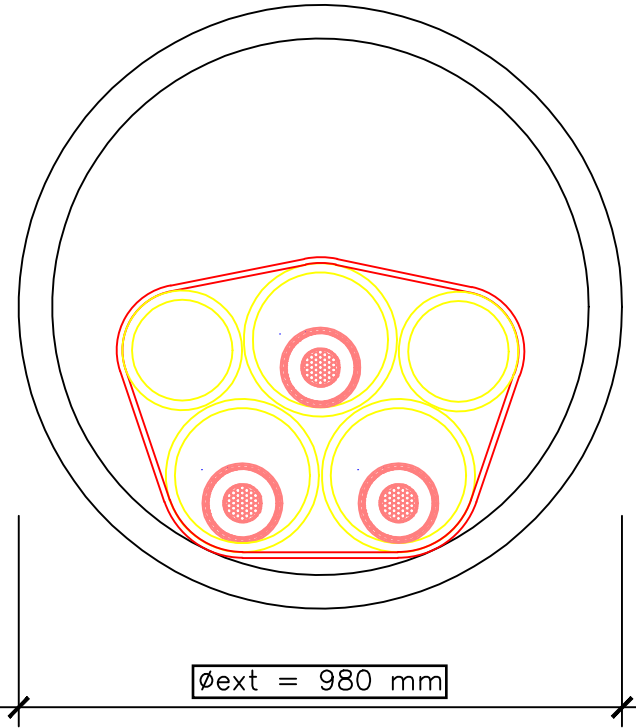
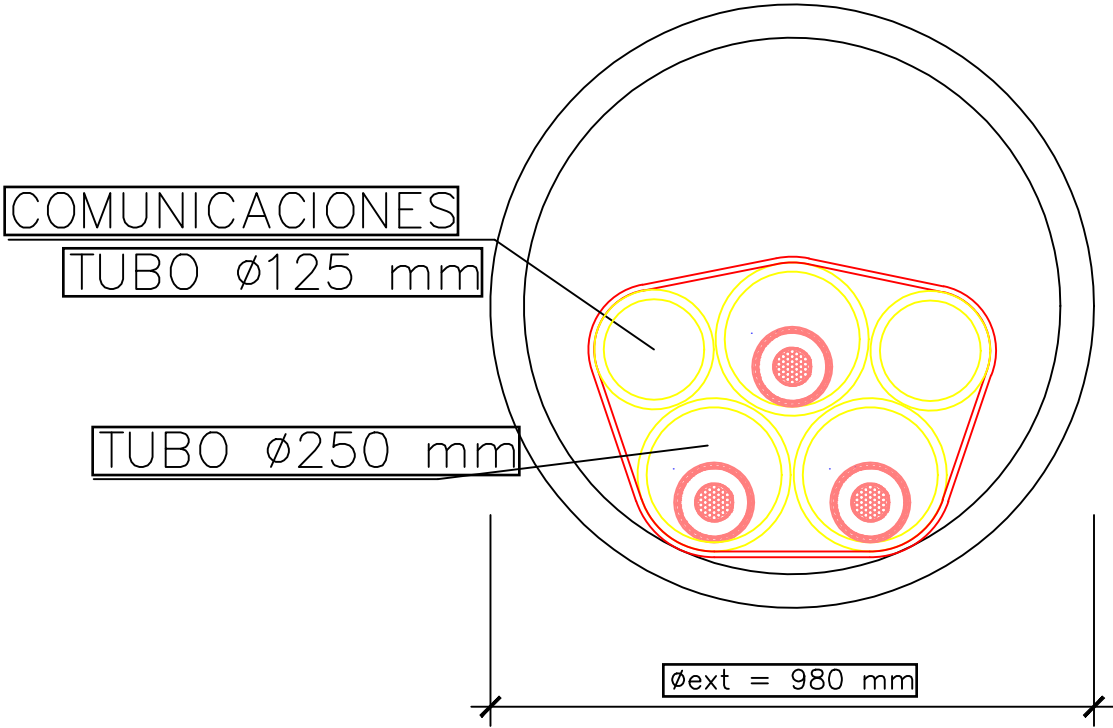
Dña. M. Inmaculada Blázquez García	00	Mayo 2023	FVC	DMM	MIBG	MIBG
Colegiada Nº 3694/2924	Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado





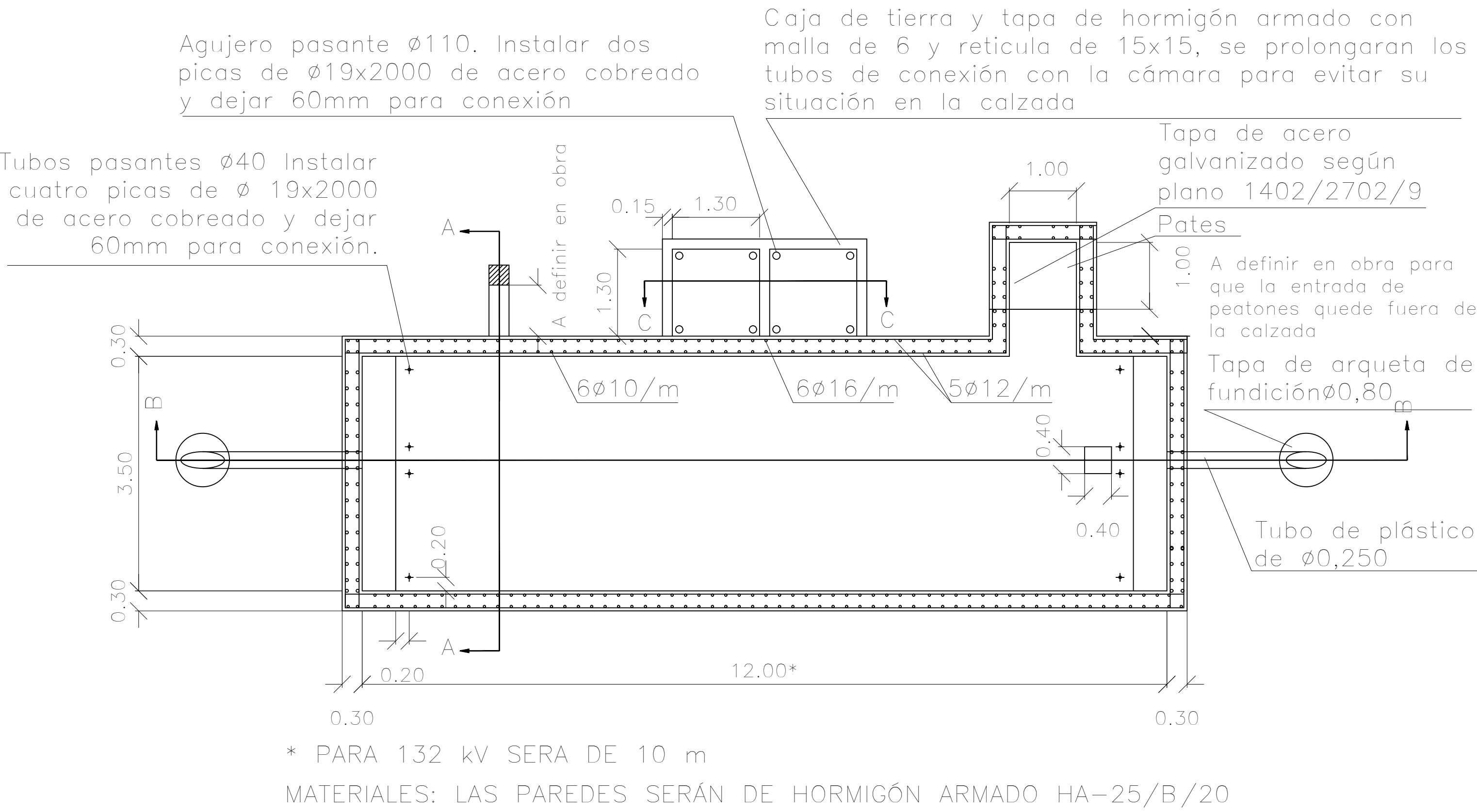
Ingeniera Industrial y del ICAI							NUMERACIÓN PARCELA PROYECTO RBDA:		NUMERACIÓN CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS:		REFERENCIAS CATASTRALES:		LEYENDA TRAZADO:		osprel	ESCALA:	1/2.500	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
										SUELO RÚSTICO: [SUELO RÚSTICO] [SUELO RÚSTICO] [SUELO RÚSTICO] SUELO URBANO: [SUELO URBANO] [SUELO URBANO] [SUELO URBANO]		PROMOTOR:	TAMAÑO:	A1		TÍTULO DEL PLANO:	PLANTA - PERFIL LÍNEA SUBTERRÁNEA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

SECCIÓN PERFORACIÓN
HORIZONTAL DIRIGIDA

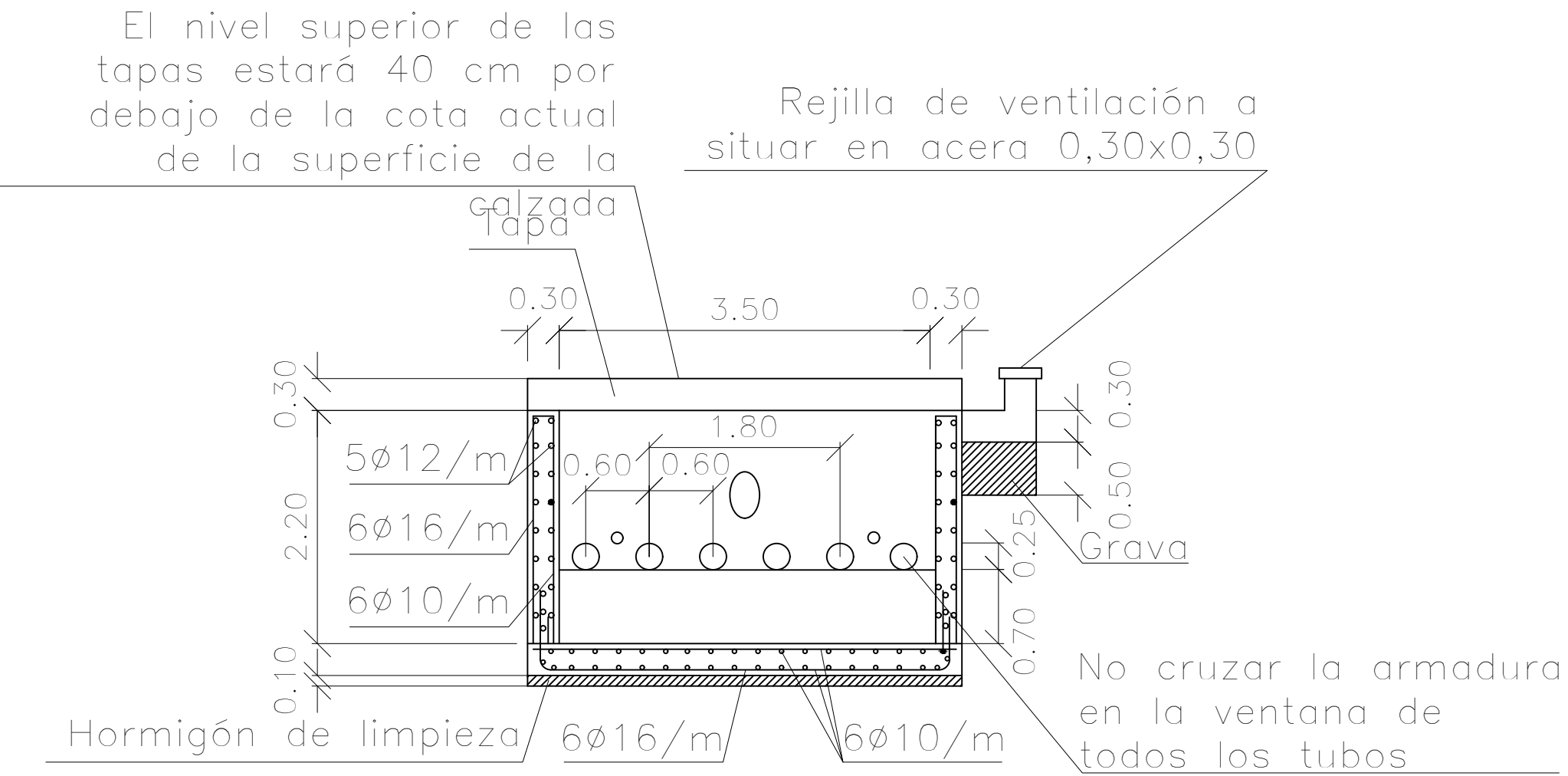


SECCIÓN TERNA

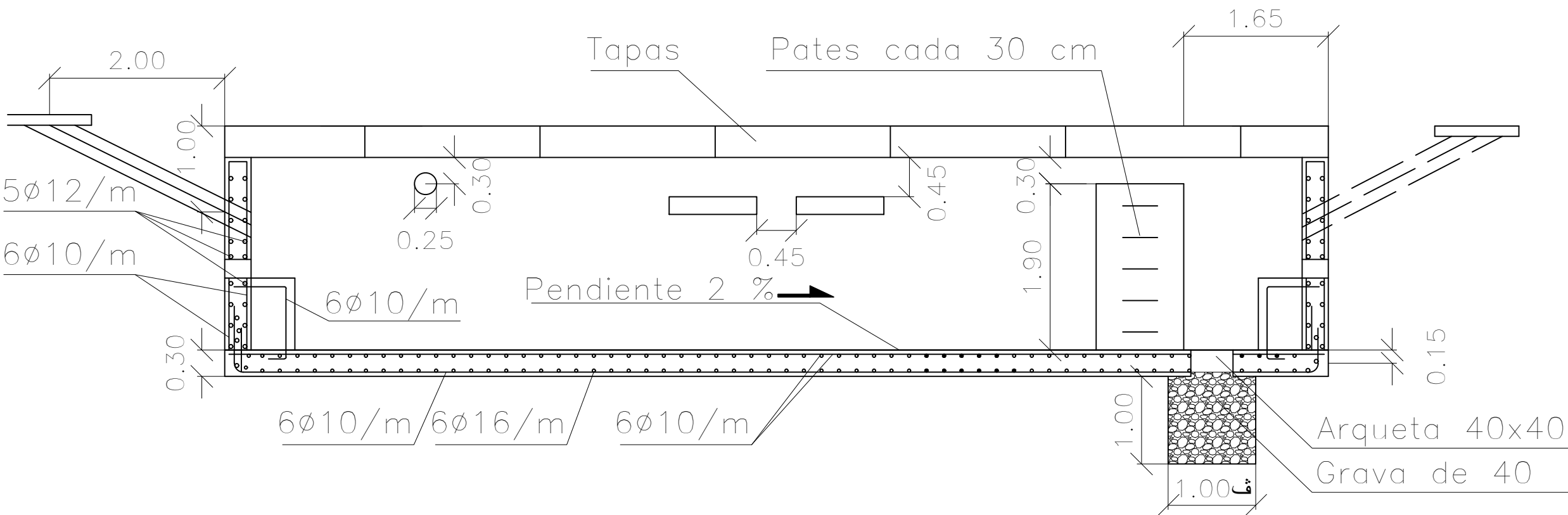
PLANTA



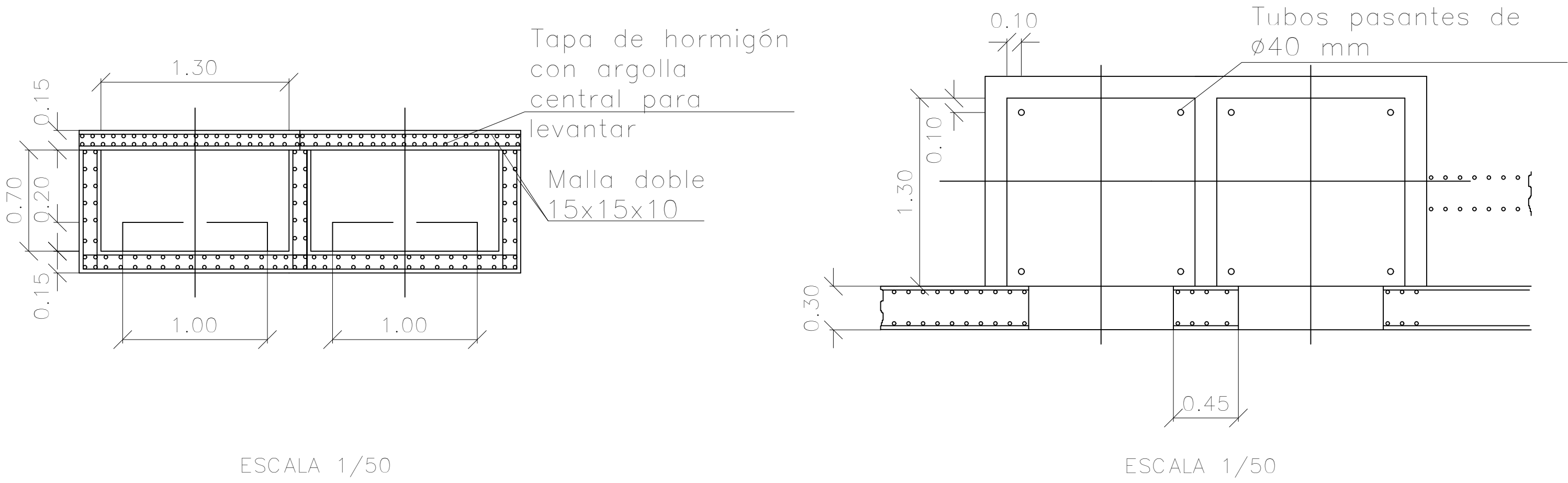
SECCIÓN A-A



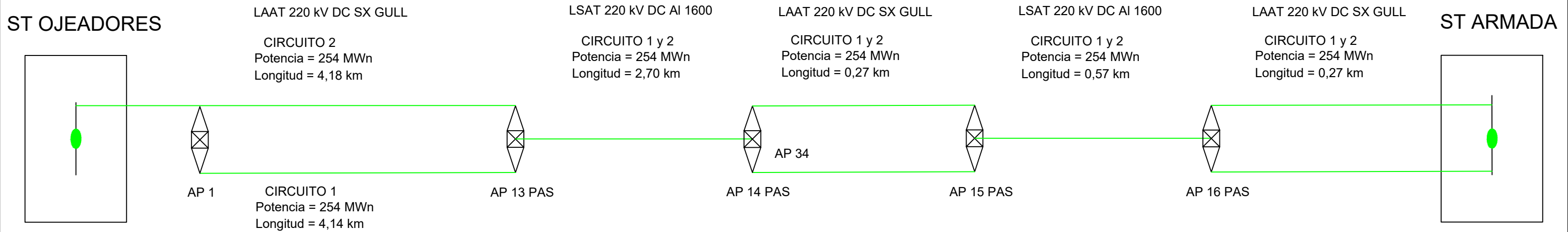
SECCIÓN B-B



DETALLE DE ARQUETA
CROSS-BONDING



Ingeniera Industrial y del ICAI								ESCALA:	S/E	SITUACIÓN:	PROYECTO DE EJECUCIÓN		
								TAMAÑO:	A3	TÍTULO DEL PLANO:	CÁMARA DE EMPALME		
								PROMOTOR:			TÍTULO DEL PROYECTO:		Nº HOJA
								CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)			L/220 KV OJEADORES - ARMADA		1 de 1
											NÚMERO DEL PLANO:		Rev. R0
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924	Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado					10		
	00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG							



Ingenieria Industrial y del ICAI								ESCALA:	S/E	SITUACIÓN: PROYECTO DE EJECUCIÓN							
								TAMAÑO:	A3	TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA DE LÍNEAS							
								PROMOTOR: CLIENTE PRIVADO (Energía renovable)			TÍTULO DEL PROYECTO: L/220 kV OJEADORES - ARMADA			Nº HOJA		Rev.	
	00	Mayo 2023	FVC	DMM	IEG	MIBG								1 de 1		R0	
Dña. M. Inmaculada Blázquez García Colegiada Nº 3694/2924	Rev.	Fecha	Proyectado	Dibujado	Comprobado	Aprobado										NÚMERO DEL PLANO: 11	

Documento N°5

PLIEGO DE CONDICIONES

Documento N°6: PLIEGO DE CONDICIONES

En este documento, que forma parte del proyecto de línea eléctrica aéreo-subterránea de alta tensión ***“L/220kV ST Ojeadores-ST Armada”***, ***se recoge un resumen del Pliego de Condiciones*** del proyecto original entregado a cliente.

El Contratista es el responsable de que todos los trabajos de ejecución del proyecto se hagan siguiendo los criterios fijados en el Pliego de Condiciones.

Puesto que el fin de este proyecto es académico, se ha considerado suficiente y preferible incluir la siguiente versión de pliego de condiciones, más moderada en extensión y en detalle que la versión real del proyecto.

6.1. CONDICIONES PARA LÍNEAS AÉREAS

6.1.1. APOYOS

Accesos a los apoyos

Cuando se pueda, se utilizarán los caminos existentes para llegar hasta los apoyos y transportar la maquinaria pertinente. El contratista será el responsable de mantener en estado óptimo estos caminos y garantizar su vuelta al estado original una vez finalizada la obra.

Los lindes con propiedades han de respetarse según los caminos de acceso que se determinan en el plano “Planta General-Catastral y Accesos” en el Documento N°5 del presente proyecto.

Los desperfectos y perjuicios que puedan causarse a terceros por el transporte de la maquinaria y materiales o cualquier actividad que afecte a otros propietarios por no respetar la planificación de accesos será responsabilidad también del contratista.

Transporte y materiales

La adquisición y transporte de los materiales necesarios para la ejecución del proyecto será tarea del contratista, que también será el responsable de las incidencias que puedan ocurrir hasta que todo ello se haya suministrado al lugar de la obra.

En la carga y descarga de materiales se evitará cualquier tipo de golpe o impacto que pueda alterar las propiedades mecánicas de los mismos, deformarlos o agrietarlos. Los apoyos no deberán ser arrastrados, se deben transportar con vehículos especiales desde las instalaciones del proveedor hasta el pie de apoyo, sin sufrir daños. Si se golpeasen los apoyos, al ser de material metálico, podría dificultarse su posterior armado y/o desprenderse la capa galvanizada protectora.

Componentes como los aisladores, que son más frágiles que el resto, deberán ser apilados con cuidado y siempre bajo los embalajes adecuados para conservarlos en buen estado hasta su instalación.

Las bobinas de conductores se descargan con grúa, nunca dejándolas caer desde el vehículo transporte.

Se deberá hacer inventario de los materiales recibidos en obra y dar cuenta de cualquier anomalía que se produzca.

Trabajos en los cruzamientos

Cuando se trabaje en zonas de cruzamientos, la protección del elemento que cruza antes de comenzar la actividad constructiva en esa zona será llevada a cabo por cuenta del contratista.

También, cuando este lo considere, por tratarse de cruzamientos muy especiales, podrían doblarse las cadenas de aisladores por conductor respecto a lo que inicialmente se ha proyectado.

En cruzamientos de carácter público, se deberá señalizar correctamente el peligro durante el periodo de obras en esa zona.

Los cruzamientos con otras líneas de tensión o dispositivos con tensión de otro tipo requerirán precauciones más estrictas como la puesta a tierra previa o el corte de tensión en la zona. Todas estas órdenes serán responsabilidad del contratista, que debe evitar accidentes y velar por la seguridad del entorno.

Típicamente, para poder cortar la tensión, se debe avisar al cliente con 20 días de antelación y los descargos eléctricos suelen hacerse en días festivos. Este descargo deberá ser lo más breve posible en duración, para perjudicar lo mínimo posible a terceros.

Estudio geotécnico

Antes de realizar cualquier tipo de excavación o apertura de pozo, el contratista deberá realizar un estudio geotécnico por muestreo para entregárselo al director de obra.

Si fuese necesario, porque los resultados contradicen alguna característica de lo proyectado, el director de obra deberá autorizar un redimensionamiento de las cimentaciones. Sin embargo, mientras sea posible, las excavaciones para las cimentaciones deben ceñirse a las indicadas en el proyecto y a las normalizadas por el fabricante en cuestión.

Las excavaciones deberán hacerse bajo condiciones de trabajo óptimas, teniendo en cuenta la presencia de agua, conociendo el comportamiento del hormigón y empleando la maquinaria con los útiles adaptados al terreno.

Cimentaciones

El contratista deberá hacer ciertas comprobaciones para asegurarse de que el plano de planta-perfil del proyecto corresponde con la realidad y si no fuera así, manifestar las diferencias.

La construcción de las cimentaciones seguirá las referencias que se han proyectado en los planos "Apoyos y cimentaciones" en el Documento N°5 del presente proyecto, y conforme a la "Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)", empleándose un hormigón HM - 25 / B / 20 / II.

No se efectuarán movimientos de terreno ni excavaciones de ningún tipo sin la autorización expresa y previa del director de obra. Además, cuando existan, las excavaciones deben estar acotadas y debidamente señalizadas, por seguridad. Por la noche, balizas indicadoras del riesgo, para prevenir caídas.

Armado de apoyos

El armado de los apoyos metálicos de celosía se llevará a cabo sobre una superficie lo más horizontal posible, nivelando la misma si fuera necesario, hasta que todos los elementos y se logra configurar cada uno de los apoyos por completo.

Si se dieran dificultades o defectos de forma en cualquiera de los elementos que impidieran el correcto ensamblaje, deberá notificarse al director de obra. No se utilizarán componentes metálicos doblados ni torcidos, ni tampoco podrán enderezarse sin consentimiento previo del director de obra.

El último apriete de los tornillos se realizará una vez que estén izados los apoyos y tendidos los conductores.

Izado de apoyos

El izado de los apoyos se llevará a cabo “*según la norma técnica de prevención NTP 208: Grúa móvil y la instrucción técnica complementaria MIE-AEM-4 del reglamento de aparatos de elevación y mantenimiento referentes a grúas móviles autopropulsadas*”. (BOE-A-2003-14327 Real Decreto 837/2003)

Las maniobras de izado tendrán que ser lideradas por personal autorizado y cualificado. La grúa, pluma y resto de útiles se seleccionarán por expertos en función de los pesos de las cargas y respetando los límites máximos de elasticidad de cada uno de los materiales. Se requerirá nivelación de cada uno de los apoyos una vez colocados.

Protecciones

Todos los elementos de acero, todos los tornillos y sus accesorios deberán estar galvanizados en caliente según norma UNE 37 507 considerada de obligado cumplimiento según la ITC-LAT 02 del RLEAT.

Numeración

Se debe colocar la numeración correspondiente en cada apoyo, según las indicaciones del director de obra. Típicamente se numeran con color negro y a una distancia que sea legible desde el suelo, a pie. Debe aparecer la referencia del fabricante, la denominación, función y año de fabricación en cada uno de los apoyos, aunque se repitan a lo largo de la línea.

Además, se instalarán las placas de señalización de “riesgo eléctrico”, también a una altura visible, pero que no sea demasiado accesible (para evitar que algún sujeto la pudiera retirar fácilmente).

6.1.2. TENDIDO DE CONDUCTORES

Maquinaria

La maquinaria que se utilice para llevar a cabo el tendido de los conductores deberá ser la adecuada de tal forma que permita el enrollamiento del conductor. Normalmente, con dos tambores. También, contará con un sistema de frenado que mantenga la tensión del cable constante durante el tendido y haga que el cable vaya saliendo a velocidad constante. Se emplearán poleas de material con igual o menor dureza que el cable o conductor para facilitar el tendido y se colgarán directamente de las cadenas de suspensión.

Deben tomarse todas las medidas y precauciones para que los conductores no sufran daños ni rebasen sus límites mecánicos. Todas ellas bajo la aprobación del director de obra.

Empalmes

El tendido de cada conductor se efectuará uniendo los extremos de las bobinas necesarias para conformar la longitud total de la línea de forma provisional. Lo que quiere decir que, hasta que no se haya completado el tendido de los cables, no se procederá a empalmarlos de forma definitiva.

Una vez asegurada la posición final de los conductores y cables de fibra óptica, los empalmes se llevarán a cabo mediante las piezas adecuadas a la sección y material de los mismos. No está permitido unir los conductores mediante soldaduras porque alteran sus propiedades eléctricas y mecánicas. Tampoco está permitido colocar más de un empalme en el mismo vano, se cambiará de bobina de cable solo cuando sea estrictamente necesario por agotamiento de la anterior. Cuando sea necesario cortar el cable saliente de la bobina se empleará típicamente una sierra, ni tijeras, ni cizallas.

Se deben mantener las tensiones estimadas para el tendido a través de los cálculos del proyecto una vez que queden empalmados los cables, y evitar que pudieran llegar a tocar tierra en algún punto por encontrarse poco tensionados. Requiere organización y estructuración de las fases de tendido con atención, sobre todo en líneas de gran longitud.

Deberán tomarse las medidas oportunas para que las secciones de los cables que acabarán estando en contacto no se oxiden ni se deterioren.

Tensado

Para poder tensar correctamente los cables en la instalación, se realizan anclajes a tierra a cierta distancia (más del doble de la altura del apoyo) y se colocan tensores provisionales.

Todas las maniobras serán desarrolladas con movimientos suaves, sin sacudir bruscamente los conductores, realizadas por personal cualificado y bajo supervisión del director de obra.

Regulación de conductores

Se debe comprobar durante el transcurso del tendido de los conductores que se está haciendo correctamente. El director de obra decidirá en qué vanos se mide la flecha y estos son los vanos de “regulación”. Gracias a ello, se puede ir rectificando el tendido y ajustar las flechas y medidas a lo proyectado en las tablas de regulación de los cálculos mecánico de los conductores y fibra óptica. Normalmente los errores de tendido vienen provocados por los rozamientos con las distintas poleas colocadas o por diferencias en las tracciones aplicadas para desplazar los conductores.

Se deberá medir la temperatura del medio como mínimo durante 3 horas y adaptar el tendido a lo establecido para esa temperatura en el proyecto. Las tablas de regulación/montaje se entregarán al contratista como parte del proyecto de ejecución y deben servir de guía para todo este proceso. Los errores máximos admitidos en el tendido están limitados por normativa. No deben superarse.

La colocación de las grapas para las cadenas de suspensión y de amarre deberán hacerse siguiendo las instrucciones del fabricante de aisladores, evitando daños en los conductores y adaptándose a cada tipo de apoyo si fuera necesario.

Colocación de elementos

La información sobre la colocación de elementos como separadores, amortiguadores y contrapesos si forma parte del POE, se entregará al contratista. Si no, determinarla será función del posterior proyecto constructivo.

En general, la colocación de todos estos elementos debe hacerse dentro de los 15 días siguientes al proceso de regulación de conductores, si no, las mediciones podrían considerarse inservibles.

Las características mecánicas y dimensionales de estos elementos están siempre normalizadas por los fabricantes.

Cualquier desperfecto o perjuicio en esta fase, será responsabilidad del contratista.

6.1.3. PUESTA A TIERRA

Los apoyos de la línea deben ser conectados a tierra eficientemente, de acuerdo con lo establecido en los documentos del presente proyecto.

Cuando las puestas de tierra queden configuradas el contratista será responsable de la medición de las tensiones de contacto. Normalmente, el método utilizado para ello es inyectar corriente en los propios apoyos, siguiendo los criterios de medición que se indican en el apdo. 7.3.4.6 de la ITC-LAT 07 del RLEAT.

6.2. CONDICIONES PARA LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

6.2.1. ZANJAS

Apertura de zanjas

La excavación para la apertura de la zanja será gestionada y realizada por expertos que trabajaran bajo planos entregados al contratista.

Mientras se construye la zanja, deberá dejarse espacio suficiente para el movimiento del personal de obra por la zona, evitando que esto pueda ocasionar vertidos de tierra no contemplados a la zanja en proceso. La zanja debe limpiarse para evitar que se dañen los conductores.

La tierra sobrante generada deberá almacenarse sin contaminarse para su posterior reutilización. No se ocupará la vía pública impidiendo el tránsito de peatones y/o vehículos. Las dimensiones de la zanja quedan indicadas en el presente POE.

No se utilizará maquinaria que sobrepase la contaminación acústica permitida y a la hora de atravesar zonas con vegetación o parques, se procurará preservarla en la medida de lo posible. También se tendrán en cuenta las zonas con agua, para adaptar la ejecución de los distintos trabajos con drenajes a los efectos que esta provoque en el terreno.

En caso de deterioro de elementos afectados por la excavación de la zanja, el contratista será responsable de avisar a los propietarios y cubrir las reparaciones que sean necesarias.

Canalización bajo tubo hormigonado

En esta configuración se instala un cable por tubo. Los tubos son de polietileno de alta densidad o polipropileno. El hormigón empleado será del tipo HM-20/B/20, cumpliendo la norma EHE-08 de “Elementos estructurales”. Los tubos se dispondrán siempre en tresbolillo, utilizando separadores de plástico cada 3 m aproximadamente.

Cuando las condiciones del proyecto así lo especifiquen se podrán colocar los tubos con los conductores en disposición en capa.

No se emplearán tubos dañados.

Se ensamblarán unos tubos con otros utilizando manguitos diseñados para ello, teniendo en cuenta en qué sentido va a tirarse el conductor, para evitar fisuras.

Se respetará un radio de 100 mm alrededor de cada uno de los tubos sin presencia de ningún otro elemento y el hormigón ocupará todo el ancho de la zanja en bloque. La parte superior se cubrirá de nuevo con la tierra procedente de la excavación y se ha de compactar al 95%.

Los conductores subterráneos han de quedar debidamente señalados con una cinta señalizadora por terna situada en su eje vertical, normalmente a 15 cm de profundidad.

Transporte y almacenaje de materiales

El transporte de las bobinas de conductores soterrados se llevará a cabo siempre mediante vehículo y se manipulará con grúas.

Nunca se retendrán las bobinas con cuerdas, solo con tacos debidamente colocados. No se dejará caer la bobina al suelo desde el camión o remolque.

Si se desplaza a pie una bobina haciéndola rodar, habrá que fijarse en el sentido para evitar que se afloje. Esto solo se permite para desplazamientos pequeños.

Siempre que se pueda evitar, las bobinas no se almacenarán al aire libre porque pueden dañarse o acumular agua. Tampoco se deben apilar.

Cuando se vaya a almacenar una bobina que ya ha sido parcialmente utilizada, deberán colocarse tapones de protección en el extremo del cable para evitar su deterioro y oxidación.

Tendido subterráneo

Después de limpiar el interior de los tubos y retirar cualquier elemento que pueda dañar los conductores, se puede pasar a mandrilar los tubos por ambos sentidos, bajo supervisión del director de la obra. El suministro de dicho mandril es responsabilidad del contratista.

El mandril debería poder desplazarse sin problema por los tubos hasta recorrerlos por completo y se ayudará con una cuerda guía de nylon para hacerlo. En caso contrario, habría que ejecutar de nuevo todo proceso para el tramo de cableado afectado. Después del mandrilado, se tapan los tubos.

Los radios de curvatura máximos de la instalación subterránea se han tenido en cuenta en el diseño del proyecto y deberían cumplir en la realidad de la instalación.

Antes de realizar estos trabajos, se habrá hecho un estudio de las tracciones necesarias para movilizar los conductores, asegurando que están bajo límites máximos.

Para el guiado del cable se utilizan cables piloto unidos al cable de fase por un manguito normalizado y si hiciera falta se podrían lubricar los conductores para su mejor desplazamiento por el interior de los tubos.

La zanja debe comprobarse en su totalidad antes de proceder a tender los conductores y disponer los tubos.

Cruzamientos

Se respetarán en todo momento los cruzamientos contemplados en la MEMORIA del presente proyecto y en caso de darse varias opciones para resolver ejecución de la línea a través de ellos, será el director de obra el que tome la decisión.

Protecciones

Las líneas eléctricas soterradas se ven expuestas en muchas ocasiones a averías por desplazamientos de tierra, choques o impactos. Deben protegerse mecánicamente para ello y por esa razón se colocan los tubos y /o el hormigón.

Puestas a tierra

Para *Single-Point* y *Cross Bonding*, como es en el caso de esta LAT, el extremo queda puesto a tierra está protegido por una cubierta típicamente metálica

para evitar contactos no deseados y aislarla correctamente. Las cajas de puesta a tierra suelen fijarse en arquetas construidas para ello.

En las cámaras de empalme se utilizará un anillo de cobre desnudo para unir los elementos que se quieren conectar a tierra. Este anillo luego queda unido al electrodo de puesta a tierra enterrado. Todas las picas serán de acero-cobre y se empleará soldadura para unir todos los elementos que vayan enterrados.

6.3. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

Control de calidad

El proceso de comprobación de las calidades de los elementos y materiales suministrados tiene como objetivo asegurar que se cumplen los requisitos establecidos en la fase de diseño.

Este proceso debería existir en la fase de recepción en fábrica y en la de recepción en campo. Es decir, en fábrica deberían llevarse a cabo los ensayos de control de calidad especificados por norma y, en campo, se repiten los ensayos normalizados en presencia del contratista. Estos ensayos quedan recogidos y explicados en la ITC-LAT-MIE RLEAT y son de obligatorio cumplimiento.

A mayores, el contratista tiene el derecho a realizar cualquier tipo de ensayo adicional para asegurarse de la calidad de los suministros para ejecutar la instalación.

6.4. CONDICIONES GENERALES MEDIOAMBIENTALES Y DE SEGURIDAD

Medioambientales

A la hora de ejecutar el proyecto se respetará y cumplirá las normativas medioambientales vigentes y la instalación cumplirá todos los requisitos en lo referente a protección ambiental. Para entonces, se habrán desarrollado los Estudios y Declaraciones de Impacto Ambiental pertinentes.

Si se produjese cualquier avería o accidente con impacto ambiental, el contratista asumirá la responsabilidad y se encargará de rectificar y tomar las medidas necesarias para revertir la situación.

Se respetarán también, los límites de contaminación sonora permitidos por legislación vigente, que pueda ser ocasionada por los movimientos y trabajos de las maquinarias o por el personal de obra.

Seguridad y salud

La planificación para garantizar la seguridad en la ejecución del proyecto se ceñirá al Estudio de Seguridad y Salud correspondiente. El contratista será el responsable de proporcionar todas las unidades y medidas de seguridad fijadas por el estudio.

Cualquier subcontratación para la ejecución de la obra deberá ser aprobada por el director de obra y someterse al mismo plan de seguridad previsto.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

ANEXO 2: Catálogo IMEDEXA de los apoyos de la línea.

ANEXO 3: Ficha técnica del conductor subterráneo.

ANEXO 4: Resultados del Tramo 2 subterráneo por INFIPRO.

ANEXO 6: Resultados del Tramo 4 subterráneo por INFIPRO.

ANEXO 7: Resultados de la perforación dirigida por INFIPRO.

ANEXO 8: Tablas de hipótesis del cálculo mecánico de apoyos según ITC.

ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Entre los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se alinean en mayor medida con los de este proyecto se encuentran los siguientes:

- **Objetivo 7:** “Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.”
- **Objetivo 9:** “Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.”
- **Objetivo 15:** “Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad.”
- **Objetivo 12:** “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.”

Este proyecto cumple con los objetivos de minimizar el impacto para el medio ambiente, fomentando la utilización de las técnicas y materiales más novedosos y cumpliendo con la normativa



vigente que garantiza la seguridad de terceros y del medio. Pero también, maximizará la eficiencia de la instalación para garantizar un transporte de la energía de manera responsable y resiliente y dotar las zonas de consumo de la energía eléctrica demandada.

La sostenibilidad no solo se mantiene en el proyecto de la línea en sí, sino en la propia naturaleza de la energía que transporta, desde su generación hasta su consumo. La descarbonización de las infraestructuras eléctricas es otro de los objetivos que se persiguen en paralelo a este proyecto.

TIPO CÓNDOR

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Son torres tronco piramidales de sección cuadrada construidas con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

Estas torres han sido especialmente diseñadas para líneas de 132 y 220 KV., por lo que las alturas de cabezas y longitudes de crucetas cumplen las distancias entre conductores y distancia conductor-apoyo más usuales en este tipo de líneas.

La cabeza es recta de 1,5 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

El modelo CÓNDOR puede ser ampliado a otros esfuerzos o necesidades concretas del cliente. El Departamento Técnico de IMEDEXSA facilitará toda la información adicional que se requiera.

2. ESFUERZOS

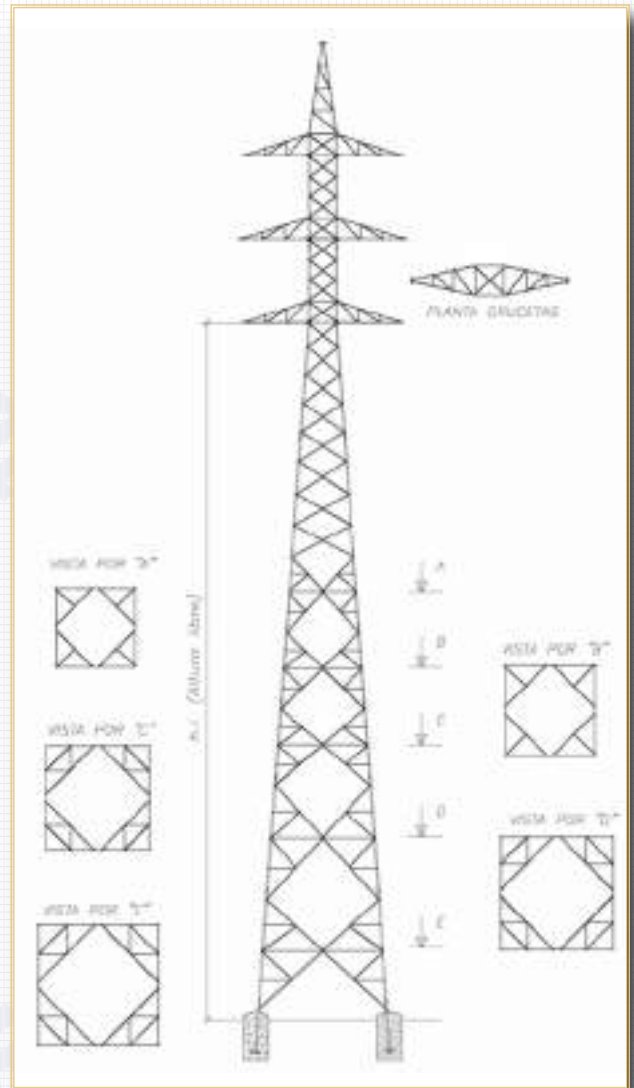
La tabla indica los esfuerzos horizontales útiles (en Kgf), centrados en la cruceta intermedia, que pueden soportar estas torres en función del armado e hipótesis de reglamento.

TIPO	3.000	5.000	7.000	9.000	12.000	15.000	18.000	27.000	33.000
Esfuerzo útil con Viento 120 km/h (C.S. = 1,5)	3.810	5.535	8.305	9.350	12.070	15.220	18.685	27.115	32.145
Esfuerzo útil con Viento 60 km/h (C.S. = 1,5)	4.345	6.070	9.035	10.525	12.560	15.985	18.975	28.265	32.690
Esfuerzo útil sin Viento (C.S. = 1,5)	4.520	6.250	9.235	10.825	12.775	16.235	19.280	28.655	33.425
Desequilibrio	5.940	8.140	11.780	13.935	16.380	20.585	25.635	36.525	42.620
Torsión (C.S. = 1,2)	2.485			4.810				6.170	6.940
Rotura Protección (C.S. = 1,2)	1.890	2.450	3.000	3.230	3.900	4.400	5.000	8.000	8.000
Carga Vertical por Fase	1.200			2.000					

- Esfuerzo útil con viento 120 km /h (C.S. = 1,5): esfuerzo horizontal máximo que puede soportar la torre a 4,4 m por encima de la cruceta inferior, con viento de 120 km/h y coeficiente de seguridad 1,5 (Hipótesis 1º del Reglamento)
- Esfuerzo útil con viento 60 km /h (C.S. = 1,5) : ídem anterior con viento de 60 km/h. (Hipótesis 2ª para líneas de categoría especial)
- Esfuerzo útil sin viento (C.S. = 1,5) : ídem anterior sin viento (Hipótesis 2ª).
- Desequilibrio (C.S. = 1,2): ídem anterior con coeficiente de seguridad 1,2 (Hipótesis 3ª).
- Torsión (C.S. = 1,2): esfuerzo máximo por rotura de conductor, aplicado en un brazo de 4,3 m. de longitud con coeficiente de seguridad 1,2 (Hipótesis 4ª).
- Rotura de protección (C.S. = 1,2): esfuerzo máximo por rotura de cable de protección, aplicado en una cúpula de 5,9 m. sobre cabeza de b =4,4 m. con coeficiente de seguridad de 1,2 (Hipótesis 4ª).

3. ALTURAS Y PESOS DE FUSTES

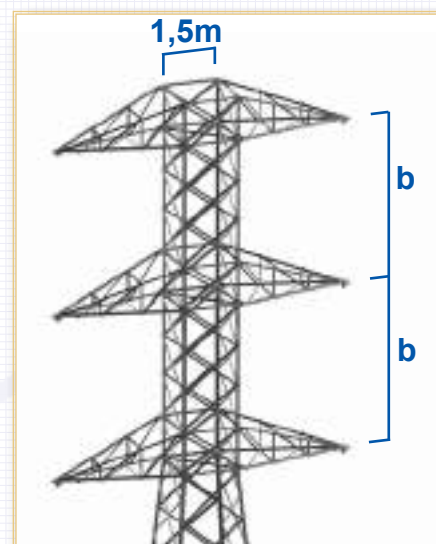
Altura nominal		ESFUERZOS								
		3.000	5.000	7.000	9.000	12.000	15.000	18.000	27.000	33.000
12	Altura libre (H)	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
	Peso (kg)	1.043	1.146	1.319	1.686	1.837	2.063	2.321	3.223	3.654
15	Altura libre (m)	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2	15,2
	Peso (kg)	1.418	1.546	1.791	2.160	2.403	2.709	2.973	3.856	4.400
18	Altura libre (m)	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
	Peso (kg)	1.788	1.932	2.181	2.743	3.024	3.339	3.744	4.723	5.403
21	Altura libre (m)	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2
	Peso (kg)	2.113	2.312	2.590	3.168	3.583	3.861	4.295	5.620	6.286
24	Altura libre (m)	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,0	24,0
	Peso (kg)	2.524	2.762	3.082	3.794	4.262	4.695	5.162	6.325	7.246
27	Altura libre (m)	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,2	27,0	27,0
	Peso (kg)	3.004	3.313	3.628	4.447	4.969	5.512	6.060	7.584	8.464
30	Altura libre (m)	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,2	30,2
	Peso (kg)	3.433	3.794	4.191	5.079	5.668	6.215	6.993	8.423	9.436
33	Altura libre (m)	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2	33,2
	Peso (kg)	3.931	4.363	4.842	5.862	6.456	7.231	8.072	9.845	10.951
36	Altura libre (m)	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2
	Peso (kg)	4.443	4.877	5.402	6.736	7.199	7.916	8.844	11.256	12.397
39	Altura libre (m)	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	36,2	36,2
	Peso (kg)	5.210	5.718	6.339	7.879	8.337	9.150	10.321	12.177	13.377



4. ARMADOS

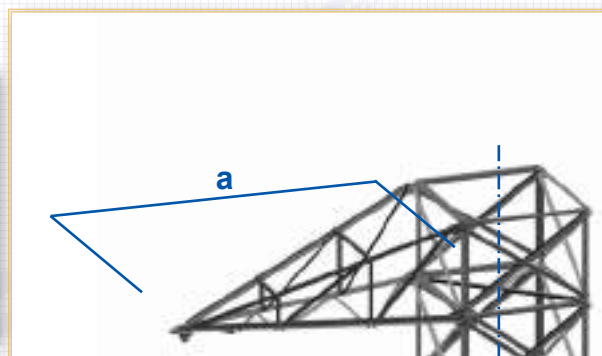
Cabezas

CÓNDOR	PESO CABEZAS (Kg)		
	b (m)		
	3,3	4,4	5,5
3000	688	804	935
5000	688	827	963
7000	731	879	1.071
9000	986	1.181	1.415
12000	1.025	1.243	1.415
15000	1.042	1.289	1.543
18000	1.082	1.358	1.696
27000	1.387	1.657	2.029
33000	1.431	1.829	2.224



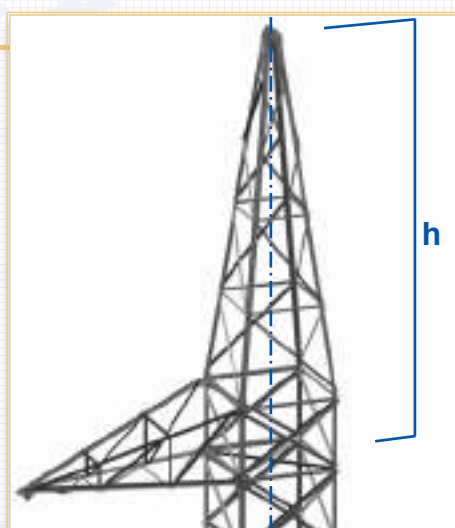
Crucetas

CÓNDOR	PESO CRUCETAS (kg)							
	a (m)							
	3,0	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9
3/5/7.000	65	69	95	99	105	109	123	137
9/12/15/18.000	96	98	121	125	140	146	170	179
27/33.000	142	148	170	176	192	198	232	243



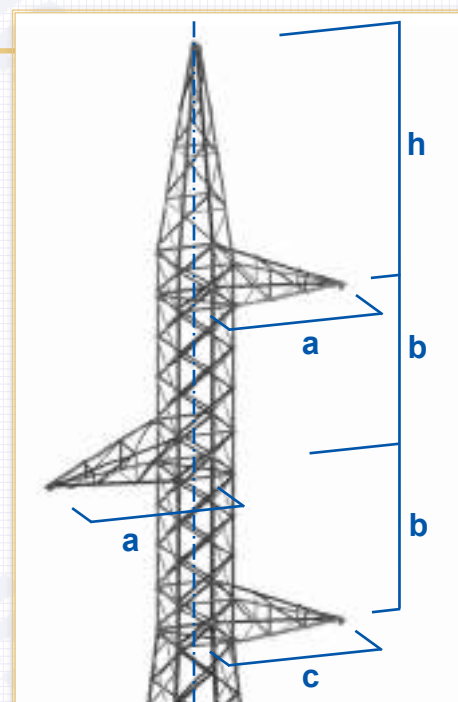
Cúpulas

CÓNDOR	PESO CÚPULAS (kg)			
	h (m)			
	4,3	5,2	5,9	6,6
3/5/7.000	117	148	165	203
9/12/15/18.000	121	169	206	227
27/33.000	151	207	256	313

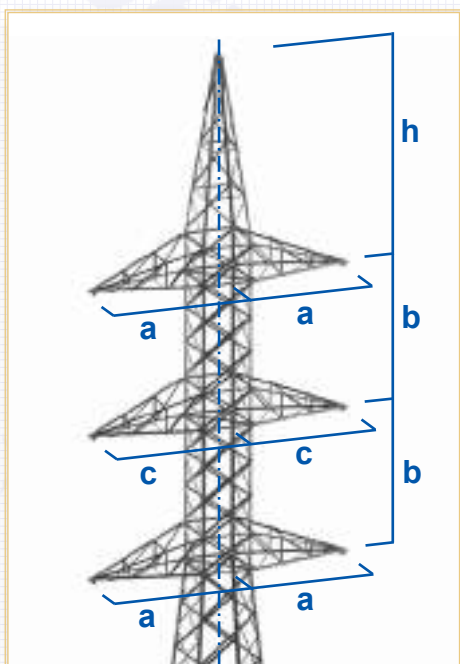


Tipo "S"

CÓNDOR		TIPO "S"					
		S3	S4	S5	S3C	S4C	S5C
Dimensiones (m)	a	3,0	4,1	4,1	3,0	4,1	4,1
	b	3,3	4,4	5,5	3,3	4,4	5,5
	c	3,2	4,3	3,3	3,2	4,3	3,3
	h	...	...	...	4,3	5,9	5,9
Pesos (kg)	3.000	890	1.125	1.256	1.007	1.290	1.421
	5.000	890	1.149	1.284	1.007	1.314	1.449
	7.000	932	1.200	1.392	1.050	1.365	1.557
	9.000	1.278	1.609	1.843	1.400	1.815	2.049
	12.000	1.317	1.671	1.843	1.439	1.877	2.049
	15.000	1.332	1.715	1.969	1.453	1.828	2.175
	18.000	1.374	1.786	2.124	1.496	1.992	2.330
	27.000	1.820	2.239	2.612	1.971	2.495	2.868
	33.000	1.863	2.412	2.806	2.015	2.668	3.063



Tipo "N"



CÓNDOR		TIPO "N"					
Dimensiones (m)		S3	S4	S5	S3C	S4C	S5C
	a	3,0	4,1	4,1	3,0	4,1	4,1
	b	3,3	4,4	5,5	3,3	4,4	5,5
	c	3,2	4,3	3,3	3,2	4,3	3,3
	h	—	—	—	4,3	5,9	5,9
Pesos (kg)	1.000	1.091	1.446	1.578	1.209	1.611	1.743
	5.000	1.091	1.470	1.605	1.209	1.635	1.770
	7.000	1.133	1.521	1.713	1.251	1.686	1.878
	9.000	1.570	2.037	2.270	1.691	2.243	2.477
	12.000	1.609	2.099	2.270	1.731	2.305	2.477
	15.000	1.622	2.141	2.395	1.743	2.347	2.601
	18.000	1.666	2.214	2.551	1.788	2.420	2.758
	27.000	2.252	2.822	3.194	2.403	3.078	3.450
	33.000	2.296	2.995	3.389	2.447	3.251	3.645

Cuando las dimensiones necesarias del armado no se ajusten a los modelos anteriores, la denominación de éstos se determinará mediante un código compuesto de una letra (S o N si es tresbolillo o doble circuito, respectivamente) seguida de cuatro dígitos (que seguirán el siguiente orden: "bach") que tomaremos de la tabla siguiente.

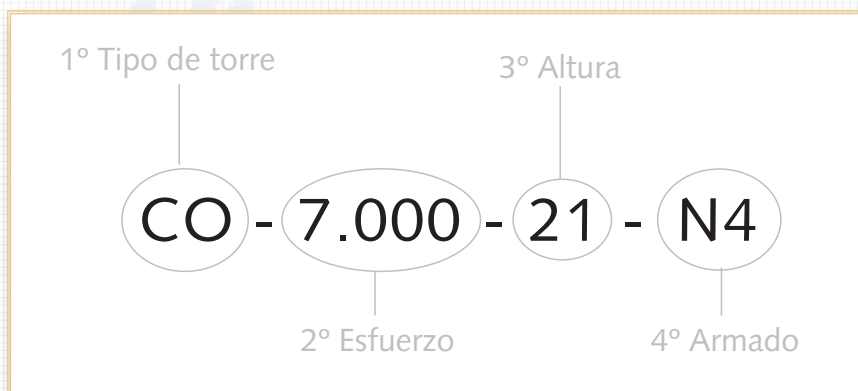
Ejemplo: Simple Circuito; b= 4,4 m.; a= 3 m.; c= 3,2 m.; sin cúpula. Su denominación será: **S2120**

COTAS	CÓDIGOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
b (m)	3,3	4,4	5,5	—	—	—	—	—
a / c (m)	3,0	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9
h (m)	4,3	5,2	5,9	6,6	—	—	—	—

5. DESIGNACIÓN

A este tipo de torre se le designa con las letras "CO", seguidas del esfuerzo, altura y armado.

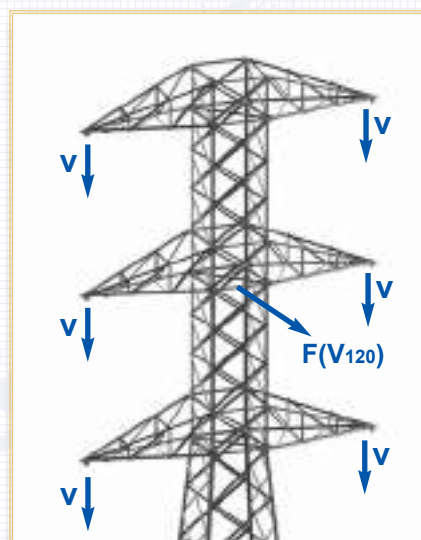
Para realizar el pedido de un CÓNDOR de 7.000 Kg. de esfuerzo y 21 m., con armado N4, se designará:



6. ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES POR TORRE CON ARMADO SIN CÚPULA [Kgf]

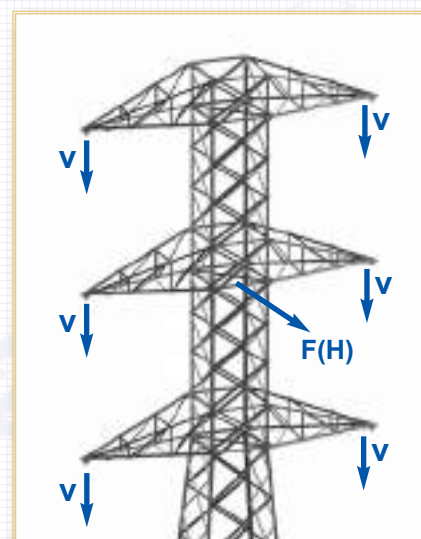
1ª Hipótesis

1ª HIPÓTESIS VIENTO C.S. = 1.5 V = 120 Km/h	Separación vertical entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.250	3.810	3.380	1.200
Cóndor 5.000	6.145	5.535	4.975	
Cóndor 7.000	8.770	8.305	7.700	
Cóndor 9.000	9.855	9.350	8.855	2.000
Cóndor 12.000	13.375	12.070	10.870	
Cóndor 15.000	16.540	15.220	13.945	
Cóndor 18.000	19.280	18.685	17.745	
Cóndor 27.000	28.470	27.115	24.645	
Cóndor 33.000	34.090	32.145	30.425	

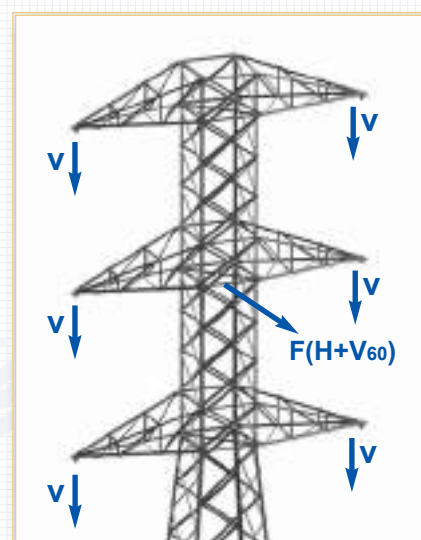


2ª Hipótesis

2ª HIPÓTESIS HIELO C.S. = 1.5 SIN VIENTO	Separación vertical entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.910	4.520	4.185	1.200
Cóndor 5.000	6.795	6.250	5.790	
Cóndor 7.000	9.500	9.235	8.405	
Cóndor 9.000	11.310	10.825	9.880	2.000
Cóndor 12.000	14.110	12.775	11.660	
Cóndor 15.000	17.475	16.235	14.930	
Cóndor 18.000	19.900	19.280	19.220	
Cóndor 27.000	29.885	28.655	25.620	
Cóndor 33.000	35.320	33.425	31.570	



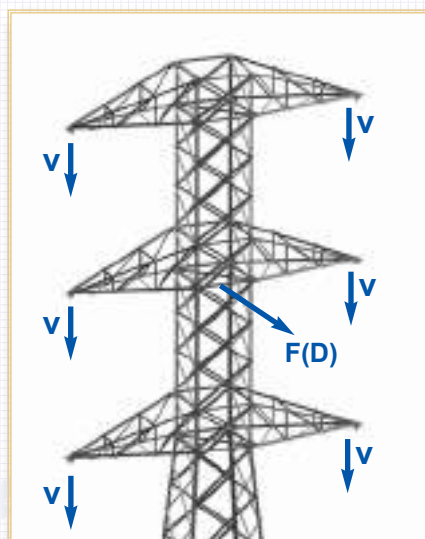
2ª HIPÓTESIS HIELO+VIENTO C.S. = 1.5 V = 60 Km/h	Separación vertical entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	4.755	4.345	3.980	1.200
Cóndor 5.000	6.635	6.070	5.590	
Cóndor 7.000	9.300	9.035	8.250	
Cóndor 9.000	10.960	10.525	9.640	2.000
Cóndor 12.000	13.925	12.560	11.410	
Cóndor 15.000	17.255	15.985	14.690	
Cóndor 18.000	19.745	18.975	18.940	
Cóndor 27.000	29.535	28.265	25.370	
Cóndor 33.000	35.015	32.690	31.310	





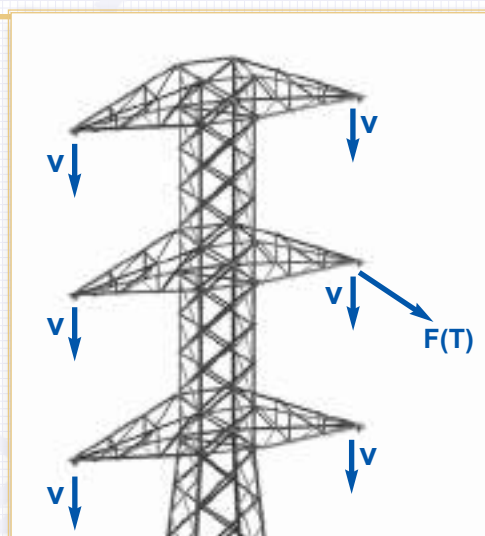
3ª Hipótesis

3ª HIPÓTESIS DESEQUILIBRIO C.S. = 1.2 SIN VIENTO	Separación vertical entre crucetas			Carga Vertical por Fase
	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	6.490	5.940	5.470	1.200
Cóndor 5.000	8.780	8.140	7.500	
Cóndor 7.000	12.490	11.780	10.810	
Cóndor 9.000	14.600	13.935	12.730	2.000
Cóndor 12.000	18.085	16.380	14.955	
Cóndor 15.000	22.075	20.585	18.935	
Cóndor 18.000	26.760	25.635	24.415	
Cóndor 27.000	38.150	36.525	34.430	
Cóndor 33.000	44.880	42.620	40.275	

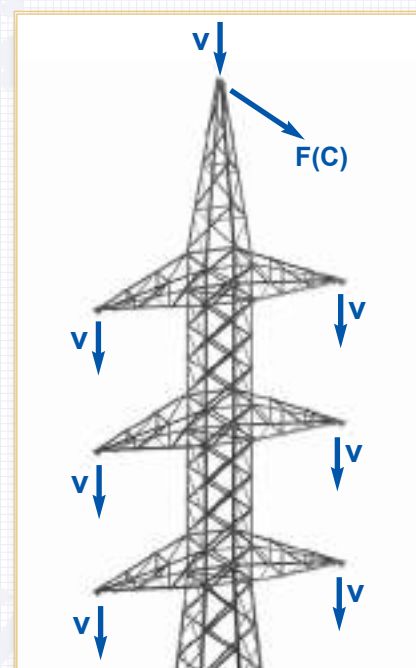


4ª Hipótesis

4ª HIPÓTESIS TORSIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	LONGITUD DE SEMICRUCETA (c)								Carga Vertical por Fase
	3	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9	
Cóndor 3i5/7.000	3.295	3.140	2.865	2.745	2.585	2.485	2.370	2.170	1.200
Cóndor 9/12/15/18.000	6.260	5.965	5.305	5.085	4.965	4.810	4.580	4.355	
Cóndor 27.000	7.990	7.645	7.010	6.785	6.395	6.170	5.860	5.580	2.000
Cóndor 33.000	9.080	8.675	7.970	7.655	7.205	6.940	6.600	6.270	



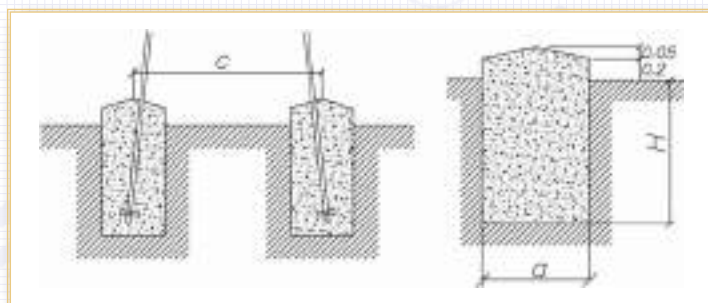
4ª HIPÓTESIS ROTURA DE PROTECCIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	ALTURA DE CÚPULA "h" (m)												Carga Vertical por Fase
	4,3			5,2			5,8			6,6			
	CABEZA "b" (m)												
	3,3	4,4	5,5	3,3	4,4	5,5	3,3	4,4	5,6	3,3	4,4	5,5	
Cóndor 3.000	2.700	2.200	2.435	2.320	2.015	2.215	2.150	1.890	2.070	1.950	1.745	1.945	1.200
Cóndor 5.000	2.700	2.885	2.435	2.320	2.625	2.215	2.150	2.450	2.070	1.950	2.305	1.945	
Cóndor 7.000	3.800	3.800	3.800	3.300	3.300	3.300	3.000	3.000	3.000	2.650	2.650	2.650	
Cóndor 9000	4.500	3.800	4.000	4.000	3.450	3.800	3.700	3.230	3.550	3.400	3.030	3.330	2.000
Cóndor 12.000	4.500	4.000	4.000	4.500	4.000	3.800	4.500	3.900	3.550	4.280	3.700	3.330	
Cóndor 15.000	5.000	4.500	4.500	5.000	4.500	4.500	4.500	4.400	4.400	4.280	4.000	4.000	
Cóndor 18.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	4.280	4.280	4.280	
Cóndor 27.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	
Cóndor 33.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	



10. CIMENTACIONES

Sección Cuadrada Recta

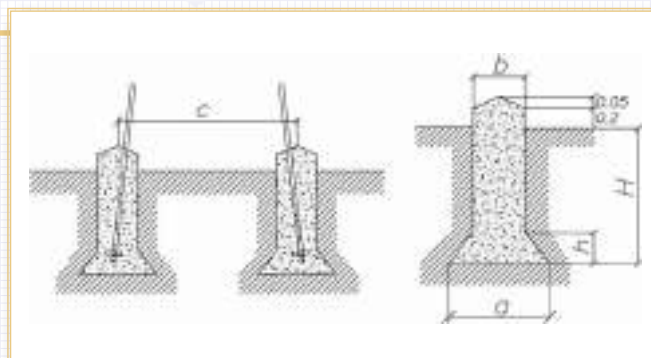
Las cimentaciones de estas torres son de macizos independientes para las cuatro patas. En la siguiente tabla se indican las principales dimensiones del macizo, la distancia entre hoyos y los volúmenes aproximados de excavación por patas para cimentaciones de sección cuadrada recta.



		TERRENO BLANDO (2 kg/cm², 20°)										TERRENO NORMAL (3 kg/cm², 30°)										TERRENO DURO (4 kg/cm², 35°)									
		3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000			
12	a	1,15	1,20	1,35	1,40	1,65	1,80	2,00	2,40	2,70	0,90	0,90	1,05	1,05	1,25	1,35	1,50	1,75	1,95	0,90	0,90	0,90	0,90	1,05	1,15	1,25	1,45	1,65			
	c	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80			
	H	2,20	2,40	2,70	2,60	2,80	3,15	3,20	3,45	3,70	2,00	2,20	2,50	2,45	2,65	3,00	3,15	3,45	3,70	1,80	2,00	2,35	2,40	2,65	2,90	3,15	3,45	3,70			
	V	2,91	3,46	4,92	5,10	7,62	10,21	12,80	19,87	26,97	1,62	1,78	2,76	2,70	4,14	5,47	7,09	10,57	14,07	1,46	1,62	1,90	1,94	2,92	3,84	4,92	7,25	10,07			
15	a	1,25	1,25	1,40	1,45	1,65	1,85	2,05	2,45	2,75	0,90	0,90	1,05	1,10	1,25	1,40	1,50	1,80	2,00	0,90	0,90	0,90	0,95	1,05	1,15	1,25	1,50	1,65			
	c	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32			
	H	2,15	2,40	2,75	2,65	2,90	3,15	3,20	3,50	3,70	2,05	2,25	2,55	2,45	2,75	3,00	3,20	3,50	3,70	1,85	2,10	2,40	2,45	2,75	2,90	3,20	3,50	3,70			
	V	3,36	3,75	5,39	5,57	7,90	10,78	13,45	21,01	27,98	1,66	1,82	2,81	2,96	4,30	5,88	7,20	11,34	14,80	1,50	1,70	1,94	2,21	3,03	3,84	5,00	7,88	10,07			
18	a	1,10	1,25	1,45	1,50	1,70	1,90	2,05	2,50	2,80	0,90	0,95	1,10	1,10	1,30	1,40	1,55	1,85	2,05	0,90	0,90	0,90	0,95	1,10	1,20	1,30	1,55	1,70			
	c	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85			
	H	2,35	2,50	2,80	2,65	2,90	3,15	3,25	3,55	3,75	2,10	2,25	2,55	2,50	2,75	3,00	3,20	3,55	3,75	1,95	2,15	2,45	2,50	2,75	2,90	3,20	3,55	3,75			
	V	2,84	3,91	5,89	5,96	8,38	11,37	13,66	22,19	29,40	1,70	2,03	3,09	3,03	4,65	5,88	7,69	12,15	15,76	1,58	1,74	1,98	2,26	3,33	4,18	5,41	8,53	10,84			
21	a	1,15	1,25	1,45	1,50	1,75	1,90	2,10	2,55	2,80	0,90	0,95	1,10	1,15	1,30	1,45	1,55	1,90	2,05	0,90	0,90	0,95	0,95	1,10	1,20	1,30	1,55	1,70			
	c	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35			
	H	2,35	2,55	2,85	2,70	2,90	3,20	3,20	3,55	3,75	2,15	2,35	2,60	2,55	2,80	3,00	3,20	3,55	3,75	1,95	2,15	2,45	2,55	2,80	3,00	3,20	3,55	3,75			
	V	3,11	3,98	5,99	6,08	8,88	11,55	14,11	23,08	29,40	1,74	2,12	3,15	3,37	4,73	6,31	7,69	12,82	15,76	1,58	1,74	2,21	2,30	3,39	4,32	5,41	8,53	10,84			
24	a	1,15	1,30	1,50	1,55	1,75	1,95	2,10	2,60	2,85	0,90	0,95	1,15	1,15	1,35	1,45	1,60	1,90	2,10	0,90	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,60	1,75			
	c	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92			
	H	2,40	2,55	2,80	2,75	2,95	3,20	3,25	3,55	3,75	2,15	2,35	2,60	2,60	2,85	3,05	3,20	3,55	3,75	2,05	2,25	2,60	2,60	2,85	3,05	3,20	3,55	3,75			
	V	3,17	4,31	6,30	6,61	9,03	12,17	14,33	24,00	30,46	1,74	2,12	3,44	3,44	5,19	6,41	8,19	12,82	16,54	1,66	1,82	2,35	2,60	3,45	4,39	5,41	9,09	11,48			
27	a	1,20	1,30	1,50	1,55	1,80	2,00	2,15	2,60	2,90	0,90	1,00	1,15	1,20	1,35	1,50	1,60	1,95	2,10	0,90	0,90	0,95	1,00	1,15	1,25	1,35	1,60	1,75			
	c	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40			
	H	2,40	2,60	2,85	2,75	2,95	3,20	3,25	3,60	3,80	2,20	2,40	2,65	2,50	2,90	3,05	3,25	3,60	3,80	2,05	2,30	2,50	2,50	2,90	3,05	3,25	3,60	3,80			
	V	3,46	4,39	6,41	6,61	9,56	12,80	15,02	24,34	31,96	1,78	2,40	3,50	3,60	5,29	6,86	8,32	13,69	16,76	1,66	1,86	2,25	2,50	3,84	4,77	5,92	9,22	11,64			
30	a	1,20	1,35	1,55	1,60	1,80	2,00	2,15	2,65	2,90	0,90	1,00	1,15	1,20	1,35	1,50	1,60	1,95	2,15	0,90	0,90	1,00	1,00	1,15	1,25	1,35	1,60	1,75			
	c	6,20	6,20	6,20	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,20	6,20	6,20	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,20	6,20	6,20	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95			
	H	2,45	2,60	2,90	2,70	2,95	3,25	3,25	3,60	3,80	2,25	2,40	2,70	2,60	2,90	3,05	3,15	3,60	3,80	2,05	2,30	2,70	2,60	2,90	3,05	3,10	3,60	3,80			
	V	3,53	4,74	6,97	6,91	9,56	13,00	15,02	25,28	31,96	1,82	2,40	3,57	3,74	5,29	6,86	8,06	13,69	17,57	1,66	1,86	2,70	2,60	3,84	4,77	5,65	9,22	11,64			
33	a	1,20	1,35	1,55	1,60	1,85	2,05	2,20	2,65	2,95	0,90	1,00	1,20	1,20	1,40	1,50	1,65	1,95	2,15	0,90	0,90	1,00	1,00	1,15	1,25	1,35	1,65	1,80			
	c	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43			
	H	2,50	2,65	2,90	2,75	2,95	3,20	3,25	3,60	3,80	2,25	2,40	2,70	2,65	2,90	3,10	3,25	3,60	3,80	2,10	2,35	2,70	2,65	2,90	3,10	3,25	3,60	3,80			
	V	3,60	4,83	6,97	7,04	10,10	13,45	15,73	25,28	33,07	1,82	2,40	3,89	3,82	5,68	6,98	8,85	13,69	17,57	1,70	1,90	2,70	2,65	3,84	4,84	5,92	9,80	12,31			
36	a	1,25	1,45	1,65	1,65	1,85	2,05	2,25	2,70	2,95	0,95	1,10	1,20	1,25	1,40	1,55	1,70	2,00	2,15	0,90	0,90	1,05	1,05	1,15	1,30	1,40	1,65	1,80			
	c	7,06	7,06	7,06	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,06	7,06	7,06	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,06	7,06	7,06	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97	7,97			
	H	2,55	2,75	2,95	2,80	3,05	3,20	3,30	3,70	3,80	2,30	2,55	2,85	2,70	3,00	3,10	3,30	3,70	3,80	2,15	2,50	2,80	2,70	3,00	3,10	3,20	3,70	3,80			
	V	3,98	5,78	8,03	7,62	10,44	13,45	16,71	26,97	33,07	2,08	3,09	4,10	4,22	5,88	7,45	9,54	14,80	17,57	1,74	2,03	3,09	2,98	3,97	5,24	6,27	10,07	12,31			
39	a	1,30	1,45	1,70	1,70	1,95	2,10	2,30	2,75	3,00	0,95	1,10	1,25	1,25	1,45	1,55	1,70	2,00	2,20	0,90	0,95	1,05	1,05	1,20	1,30	1,40	1,65	1,80			
	c	7,51	7,51	7,51	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	7,51	7,51	7,51	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	7,51	7,51	7,51	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50	8,50			
	H	2,55	2,80	2,95	2,85	3,05	3,20	3,40	3,70	3,80	2,35	2,60	2,85	2,80	3,05	3,10	3,40	3,70	3,80	2,20	2,50	2,85	2,75	3,05	3,10	3,40	3,70	3,80			
	V	4,31	5,89	8,53	8,24	11,60	14,11	17,99	27,98	34,20	2,12	3,15	4,45	4,38	6,41	7,45	9,83	14,80	18,39	1,78	2,26	3,14	3,03	4,39	5,24	6,66	10,07	12,31			

Sección Circular con cueva

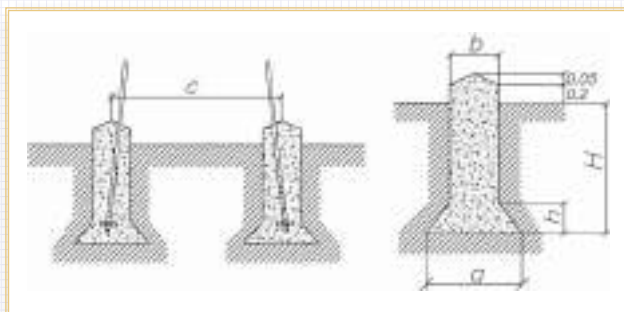
En la siguiente tabla se indican las principales dimensiones del macizo, la distancia entre hoyos y los volúmenes aproximados de excavación por patas para cimentaciones de sección circular.



		TERRENO BLANDO (2 kg/cm²; 20°)									TERRENO NORMAL (3 kg/cm²; 30°)									TERRENO DURO (4 kg/cm²; 35°)								
		3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000
12	a	1,45	1,55	1,80	1,65	1,90	2,20	2,25	2,75	3,00	1,20	1,20	1,30	1,20	1,45	1,70	1,65	2,15	2,40	1,20	1,20	1,25	1,15	1,35	1,50	1,45	1,90	2,00
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30
	H	2,20	2,40	2,70	2,80	3,05	3,30	3,55	3,80	4,05	2,00	2,20	2,55	2,60	2,85	3,10	3,35	3,60	3,85	1,80	2,00	2,35	2,40	2,65	2,95	3,20	3,45	3,75
	h	0,45	0,55	0,75	0,65	0,75	0,90	0,95	1,25	1,40	0,25	0,25	0,35	0,25	0,40	0,50	0,45	0,80	0,90	0,25	0,25	0,30	0,25	0,30	0,35	0,30	0,60	0,60
	V	1,61	1,84	2,35	2,22	3,08	4,28	4,65	6,91	8,86	1,33	1,46	1,74	1,71	2,40	3,25	3,43	4,98	6,41	1,20	1,33	1,58	1,58	2,17	2,94	3,14	4,37	5,48
15	a	1,60	1,60	1,80	1,70	1,90	2,25	2,30	2,80	3,05	1,35	1,25	1,40	1,25	1,40	1,75	1,70	2,15	2,40	1,30	1,15	1,25	1,15	1,30	1,55	1,50	1,85	2,05
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30
	H	2,15	2,45	2,75	2,85	3,15	3,30	3,55	3,80	4,05	1,95	2,25	2,55	2,65	2,95	3,10	3,35	3,65	3,85	1,80	2,10	2,40	2,45	2,75	2,95	3,20	3,50	3,75
	h	0,60	0,60	0,75	0,65	0,75	0,95	1,00	1,30	1,45	0,40	0,30	0,45	0,30	0,35	0,55	0,50	0,80	0,90	0,35	0,25	0,30	0,25	0,25	0,40	0,35	0,55	0,65
	V	1,74	1,93	2,39	2,29	3,16	4,41	4,79	7,13	9,13	1,39	1,52	1,81	1,77	2,44	3,32	3,49	5,03	6,41	1,26	1,38	1,61	1,61	2,22	2,98	3,18	4,36	5,57
18	a	1,45	1,60	1,85	1,70	1,95	2,30	2,35	2,75	3,00	1,10	1,25	1,40	1,25	1,45	1,80	1,75	2,10	2,35	1,10	1,15	1,25	1,15	1,30	1,55	1,50	1,80	2,00
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30
	H	2,35	2,50	2,80	2,90	3,15	3,30	3,55	3,90	4,10	2,15	2,30	2,60	2,70	2,95	3,10	3,35	3,70	3,90	1,95	2,15	2,45	2,50	2,75	2,95	3,20	3,55	3,75
	h	0,45	0,60	0,80	0,65	0,80	1,00	1,05	1,20	1,40	0,20	0,30	0,45	0,30	0,40	0,60	0,55	0,65	0,85	0,20	0,25	0,30	0,25	0,25	0,40	0,35	0,45	0,60
	V	1,71	1,96	2,51	2,32	3,26	4,55	4,94	7,61	8,93	1,40	1,55	1,84	1,80	2,48	3,39	3,55	5,55	6,33	1,27	1,42	1,64	1,64	2,22	2,98	3,18	4,97	5,48
21	a	1,50	1,65	1,85	1,75	1,95	2,30	2,35	2,80	3,05	1,20	1,25	1,40	1,30	1,45	1,70	1,75	2,15	2,35	1,20	1,20	1,35	1,10	1,30	1,55	1,50	1,90	1,95
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35
	H	2,35	2,50	2,85	2,90	3,20	3,40	3,55	3,90	4,10	2,15	2,35	2,65	2,70	3,00	3,20	3,35	3,70	3,90	1,95	2,15	2,45	2,55	2,80	3,00	3,20	3,55	3,80
	h	0,50	0,65	0,80	0,70	0,80	1,00	1,05	1,25	1,40	0,25	0,30	0,45	0,35	0,40	0,50	0,55	0,70	0,85	0,25	0,25	0,40	0,20	0,25	0,40	0,35	0,50	0,50
	V	1,75	2,03	2,54	2,40	3,30	4,64	4,94	7,83	9,45	1,43	1,58	1,87	1,83	2,52	3,35	3,55	5,65	6,71	1,30	1,43	1,71	1,65	2,26	3,03	3,18	5,07	5,80
24	a	1,45	1,60	1,80	1,75	2,05	2,30	2,40	2,85	3,10	1,10	1,20	1,30	1,30	1,50	1,70	1,80	2,20	2,35	1,10	1,10	1,15	1,10	1,30	1,55	1,55	1,90	1,95
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35
	H	2,45	2,65	3,00	2,95	3,20	3,45	3,55	3,90	4,05	2,25	2,45	2,80	2,75	3,00	3,25	3,35	3,70	3,90	2,05	2,25	2,60	2,60	2,85	3,05	3,20	3,55	3,80
	h	0,45	0,60	0,75	0,70	0,85	1,00	1,05	1,25	1,45	0,20	0,25	0,35	0,35	0,45	0,50	0,60	0,75	0,85	0,20	0,20	0,25	0,20	0,25	0,40	0,40	0,50	0,50
	V	1,77	2,06	2,54	2,43	3,46	4,69	5,02	7,94	9,65	1,46	1,62	1,89	1,86	2,56	3,39	3,62	5,76	6,71	1,33	1,46	1,70	1,68	2,30	3,08	3,22	5,07	5,80
27	a	1,55	1,60	1,95	1,90	2,00	2,30	2,40	2,85	3,15	1,20	1,20	1,55	1,45	1,50	1,75	1,80	2,15	2,35	1,10	1,10	1,20	1,10	1,30	1,55	1,50	1,85	2,00
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40
	H	2,40	2,65	2,85	2,85	3,25	3,45	3,60	3,95	4,05	2,20	2,45	2,65	2,65	3,05	3,25	3,40	3,75	3,95	2,05	2,30	2,60	2,55	2,90	3,05	3,25	3,60	3,80
	h	0,55	0,60	0,85	0,85	0,85	1,00	1,05	1,25	1,45	0,25	0,25	0,55	0,45	0,45	0,55	0,60	0,70	0,80	0,20	0,20	0,25	0,25	0,25	0,40	0,35	0,45	0,50
	V	1,84	2,06	2,69	2,64	3,44	4,69	5,07	8,01	10,19	1,46	1,62	2,00	1,90	2,60	3,46	3,67	5,72	7,11	1,33	1,49	1,71	1,68	2,33	3,08	3,22	5,07	6,23
30	a	1,65	1,70	1,80	1,85	2,05	2,35	2,60	2,90	3,15	1,20	1,30	1,30	1,35	1,50	1,80	2,00	2,20	2,40	1,10	1,15	1,15	1,20	1,30	1,60	1,55	1,95	2,00
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40
	H	2,35	2,65	3,10	2,95	3,25	3,45	3,45	3,90	4,10	2,25	2,45	2,90	2,75	3,05	3,25	3,25	3,75	3,90	2,10	2,30	2,70	2,60	2,90	3,05	3,25	3,60	3,80
	h	0,65	0,65	0,75	0,80	0,85	1,05	1,25	1,30	1,45	0,25	0,35	0,35	0,40	0,45	0,60	0,75	0,75	0,85	0,20	0,25	0,25	0,25	0,25	0,45	0,40	0,45	0,50
	V	1,94	2,16	2,61	2,60	3,50	4,84	5,63	8,17	10,26	1,49	1,67	1,96	1,90	2,60	3,53	3,83	5,83	7,16	1,37	1,51	1,77	1,71	2,34	3,12	3,27	5,07	6,23
33	a	1,60	1,65	1,90	1,85	2,10	2,35	2,45	2,90	3,20	1,15	1,25	1,35	1,35	1,55	1,75	1,85	2,25	2,40	1,15	1,10	1,15	1,15	1,35	1,60	1,55	1,90	2,05
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40
	H	2,50	2,70	3,00	3,00	3,25	3,50	3,60	3,95	4,05	2,30	2,50	2,85	2,80	3,05	3,30	3,40	3,75	3,95	2,10	2,35	2,70	2,65	2,90	3,10	3,25	3,60	3,80
	h	0,55	0,65	0,85	0,80	0,90	1,05	1,10	1,30	1,45	0,25	0,30	0,40	0,40	0,45	0,55	0,65	0,80	0,85	0,25	0,20	0,25	0,25	0,30	0,45	0,40	0,50	0,55
	V	1,90	2,16	2,73	2,63	3,62	4,89	5,23	8,24	10,33	1,51	1,67	1,96	1,93	2,63	3,51	3,75	5,94	7,24	1,38	1,53	1,77	1,73	2,37	3,17	3,27	5,13	6,30
36	a	1,60	1,70	1,85	1,85	2,10	2,35	2,50	2,95	3,25	1,25	1,25	1,35	1,40	1,55	1,80	1,85	2,20	2,45	1,20	1,20	1,15	1,20	1,30	1,60	1,60	1,85	2,05
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,40
	H	2,55	2,95	3,15	3,05	3,35	3,																					

Sección Cuadrada con cueva

Las cimentaciones de estas torres son de macizos independientes para las cuatro patas. En la siguiente tabla se indican las principales dimensiones del macizo, la distancia entre hoyos y los volúmenes aproximados de excavación por patas para cimentaciones de sección cuadrada.

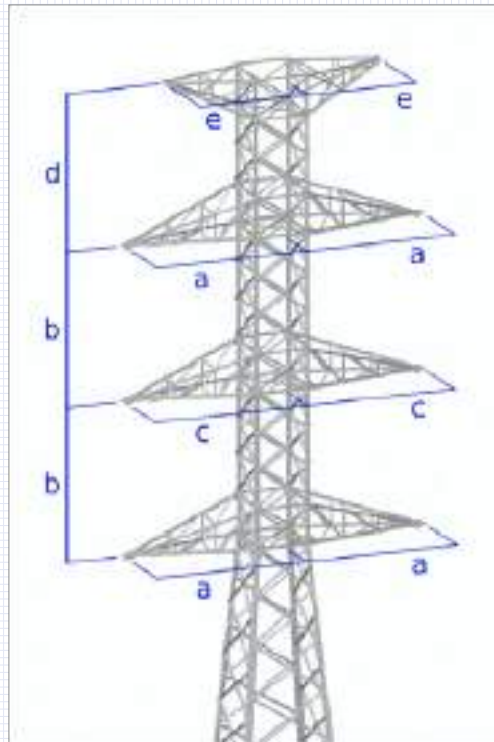


		TERRENO BLANDO (2 kg/cm², 20")									TERRENO NORMAL (3 kg/cm², 30")									TERRENO DURO (4 kg/cm², 35")									
		3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	3000	5000	7000	9000	12000	15000	18000	27000	33000	
12	a	1,45	1,45	1,45	1,40	1,75	1,80	1,95	2,30	2,60	1,20	1,15	1,30	1,15	1,30	1,50	1,55	1,80	2,05	0,90	0,90	0,90	0,90	1,05	1,15	1,25	1,45	1,60	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	
	H	1,90	2,20	2,70	2,70	2,80	3,30	3,40	3,75	4,00	1,75	2,00	2,30	2,35	2,65	2,90	3,10	3,50	3,70	1,80	2,00	2,35	2,40	2,65	2,90	3,15	3,45	3,70	
	h	0,45	0,45	0,45	0,45	0,65	0,60	0,70	0,90	1,05	0,25	0,25	0,35	0,25	0,25	0,35	0,40	0,50	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,15	0,25	0,25	
	V	1,81	2,05	2,46	2,43	3,41	4,55	4,94	6,95	9,13	1,49	1,68	2,01	1,96	2,73	3,68	3,98	5,46	7,01	1,46	1,62	1,90	1,94	2,65	3,51	3,84	5,05	6,36	
15	c	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,49	3,49	3,49	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80	3,80
	a	1,50	1,30	1,50	1,45	1,65	1,85	1,95	2,35	2,65	1,30	1,10	1,15	1,15	1,25	1,55	1,50	1,80	2,05	1,05	0,90	0,90	0,95	1,05	1,15	1,25	1,50	1,65	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,20	1,30	
	H	1,95	2,45	2,75	2,75	3,00	3,30	3,45	3,75	3,90	1,75	2,10	2,45	2,45	2,75	2,90	3,20	3,55	3,70	1,75	2,10	2,40	2,45	2,75	2,90	3,20	3,50	3,70	
	h	0,50	0,35	0,50	0,45	0,55	0,65	0,70	0,95	1,10	0,35	0,20	0,25	0,25	0,25	0,40	0,35	0,50	0,65	0,15	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,15	0,25	0,30	
18	V	1,91	2,13	2,56	2,50	3,43	4,65	5,00	7,13	9,19	1,56	1,74	2,05	2,05	2,82	3,73	4,04	5,53	7,01	1,44	1,70	1,94	1,99	2,75	3,51	3,90	5,14	6,40	
	c	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	3,93	3,93	3,93	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	4,32	
	a	1,30	1,30	1,50	1,45	1,65	1,90	2,00	2,40	2,65	1,05	1,10	1,20	1,15	1,30	1,60	1,50	1,80	2,00	0,90	0,90	0,90	0,95	1,10	1,15	1,30	1,55	1,65	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	
	H	2,20	2,50	2,80	2,80	3,10	3,30	3,45	3,70	3,90	1,95	2,15	2,50	2,50	2,75	2,90	3,25	3,55	3,80	1,95	2,15	2,45	2,50	2,75	2,90	3,20	3,55	3,75	
21	h	0,35	0,35	0,50	0,45	0,55	0,65	0,75	0,90	1,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,45	0,35	0,45	0,60	0,00	0,00	0,00	0,05	0,10	0,05	0,20	0,25	0,30	
	V	1,93	2,17	2,60	2,54	3,53	4,70	5,12	7,90	9,19	1,60	1,78	2,10	2,09	2,83	3,79	4,11	6,33	7,07	1,58	1,74	1,98	2,03	2,76	3,51	3,92	6,09	6,49	
	c	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,38	4,38	4,38	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	4,85	
	a	1,25	1,30	1,50	1,45	1,70	1,85	2,00	2,45	2,70	1,15	1,20	1,30	1,15	1,30	1,50	1,55	1,85	2,00	0,90	0,90	0,95	0,95	1,10	1,20	1,30	1,55	1,70	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	
24	H	2,30	2,55	2,85	2,85	3,10	3,40	3,45	3,75	3,90	1,95	2,15	2,45	2,55	2,80	3,00	3,25	3,60	3,80	1,95	2,15	2,45	2,55	2,80	3,00	3,20	3,55	3,75	
	h	0,30	0,35	0,50	0,45	0,60	0,65	0,75	0,95	1,15	0,25	0,25	0,35	0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,60	0,00	0,00	0,05	0,05	0,10	0,10	0,20	0,25	0,35	
	V	1,97	2,21	2,64	2,58	3,62	4,77	5,12	8,18	9,44	1,64	1,82	2,13	2,13	2,88	3,80	4,16	6,45	7,07	1,58	1,74	1,99	2,07	2,81	3,64	3,92	6,09	6,54	
	c	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	4,83	4,83	4,83	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	
	a	1,25	1,25	1,60	1,50	1,70	1,90	2,05	2,50	2,70	1,05	1,10	1,15	1,15	1,30	1,50	1,55	1,85	2,05	0,90	0,90	0,95	1,00	1,10	1,20	1,30	1,55	1,70	
27	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,30	
	H	2,35	2,65	2,80	2,85	3,15	3,40	3,45	3,75	3,90	2,05	2,25	2,60	2,60	2,85	3,05	3,25	3,60	3,80	2,05	2,25	2,60	2,60	2,85	3,05	3,20	3,55	3,75	
	h	0,30	0,30	0,60	0,50	0,60	0,65	0,80	1,00	1,15	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25	0,35	0,40	0,45	0,65	0,00	0,00	0,05	0,10	0,10	0,10	0,20	0,25	0,35	
	V	2,01	2,25	2,74	2,64	3,67	4,82	5,25	8,38	9,44	1,68	1,86	2,17	2,17	2,93	3,86	4,16	6,45	7,18	1,66	1,82	2,11	2,12	2,86	3,70	3,92	6,09	6,54	
	c	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,30	5,30	5,30	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	
30	a	1,25	1,30	1,60	1,60	1,75	1,95	2,10	2,50	2,75	1,10	1,05	1,40	1,25	1,35	1,55	1,55	1,90	2,05	0,90	0,90	1,05	1,00	1,15	1,25	1,35	1,60	1,70	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	
	H	2,40	2,65	2,85	2,75	3,15	3,40	3,45	3,80	3,90	2,05	2,30	2,45	2,50	2,90	3,05	3,30	3,65	3,80	2,05	2,30	2,45	2,50	2,90	3,05	3,25	3,60	3,80	
	h	0,30	0,35	0,60	0,60	0,65	0,70	0,85	1,00	1,15	0,20	0,15	0,45	0,30	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60	0,00	0,00	0,15	0,10	0,15	0,15	0,25	0,25	0,30	
	V	2,05	2,29	2,78	2,70	3,76	4,94	5,39	8,46	10,03	1,70	1,88	2,22	2,13	3,02	3,92	4,22	6,62	7,59	1,66	1,86	2,01	2,03	2,92	3,72	4,01	6,19	7,08	
33	c	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	5,72	5,72	5,72	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	6,40	
	a	1,30	1,35	1,50	1,55	1,75	1,95	2,10	2,55	2,75	1,15	1,05	1,15	1,20	1,35	1,55	1,65	1,90	2,10	0,90	0,90	1,00	1,00	1,15	1,25	1,35	1,60	1,75	
	b	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	0,90	0,90	0,90	0,90	1,00	1,10	1,10	1,30	1,35	
	H	2,50	2,70	3,00	2,90	3,15	3,45	3,50	3,80	3,90	2,10	2,35	2,70	2,65	2,95	3,10	3,30	3,65	3,85	2,10	2,35	2,70	2,65	2,90	3,10	3,25	3,60	3,80	
	h	0,30	0,40	0,55	0,55	0,65	0,70	0,85	1,05	1,20	0,20	0,20	0,25	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50	0,65	0,00	0,00	0,10	0,10	0,15	0,15	0,25	0,25	0,35	
36	V	2,13	2,38	2,83	2,75	3,81	5,00	5,45	8,68	10,30	1,74	1,94	2,25	2,22	3,07	3,98	4,28	6,62	7,80	1,70	1,90	2,20	2,16	2,92	3,78	4,01	6,19	7,13	
	c	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	6,61	6,61	6,61	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	
	a	1,30	1,																										

1. GEOMETRÍA Y PESOS

CÓNDOR	
d	e
3,3	3
4,4	3
5,5	3

CÓNDOR	PESO CÚPULAS		
	d-e (m)		
	3,3-3	4,4-3	5,5-3
3/5/7000	270	326	387
9/12/15/18000	362	441	538
27/33000	437	539	661



2. DESIGNACIÓN

Los apoyos tipo Cóndor con doble cúpula poseen una geometría y dimensiones que no se ajustan a los modelos de cúpula única, por lo que la denominación de los mismos se determinará mediante un código compuesto de una letra (S o N si es tresbolillo o doble circuito, respectivamente) seguida de cuatro dígitos (que seguirán el siguiente orden: "/b/a/c/d-e/") que tomaremos de la tabla siguiente.

Ejemplo: simple circuito; b=4,4 m.; a=3 m.; c=3,2 m; cúpula doble, d=4,4 m., e=3m. Su denominación será: S2126

COTAS	CÓDIGOS CÓNDOR							
	1	2	3	4	5	6	7	8
b (m)	3,3	4,4	5,5					
a / c (m)	3,0	3,2	3,6	3,8	4,1	4,3	4,6	4,9
h / d-e (m)	4,3	5,2	5,9	6,6	3,3-3	4,4-3	5,5-3	...

TIPO GRAN CÓNDOR

1. INTRODUCCIÓN

Son torres tronco-piramidales de sección cuadrada construídas con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

Estas torres han sido especialmente diseñadas para líneas de dobles circuitos de 220 KV., por lo que las alturas de cabezas y longitudes de crucetas se han estudiado teniendo en cuenta las distancias entre conductores y distancia conductor-apoyo más usuales en este tipo de líneas.

La cabeza es recta de 2 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

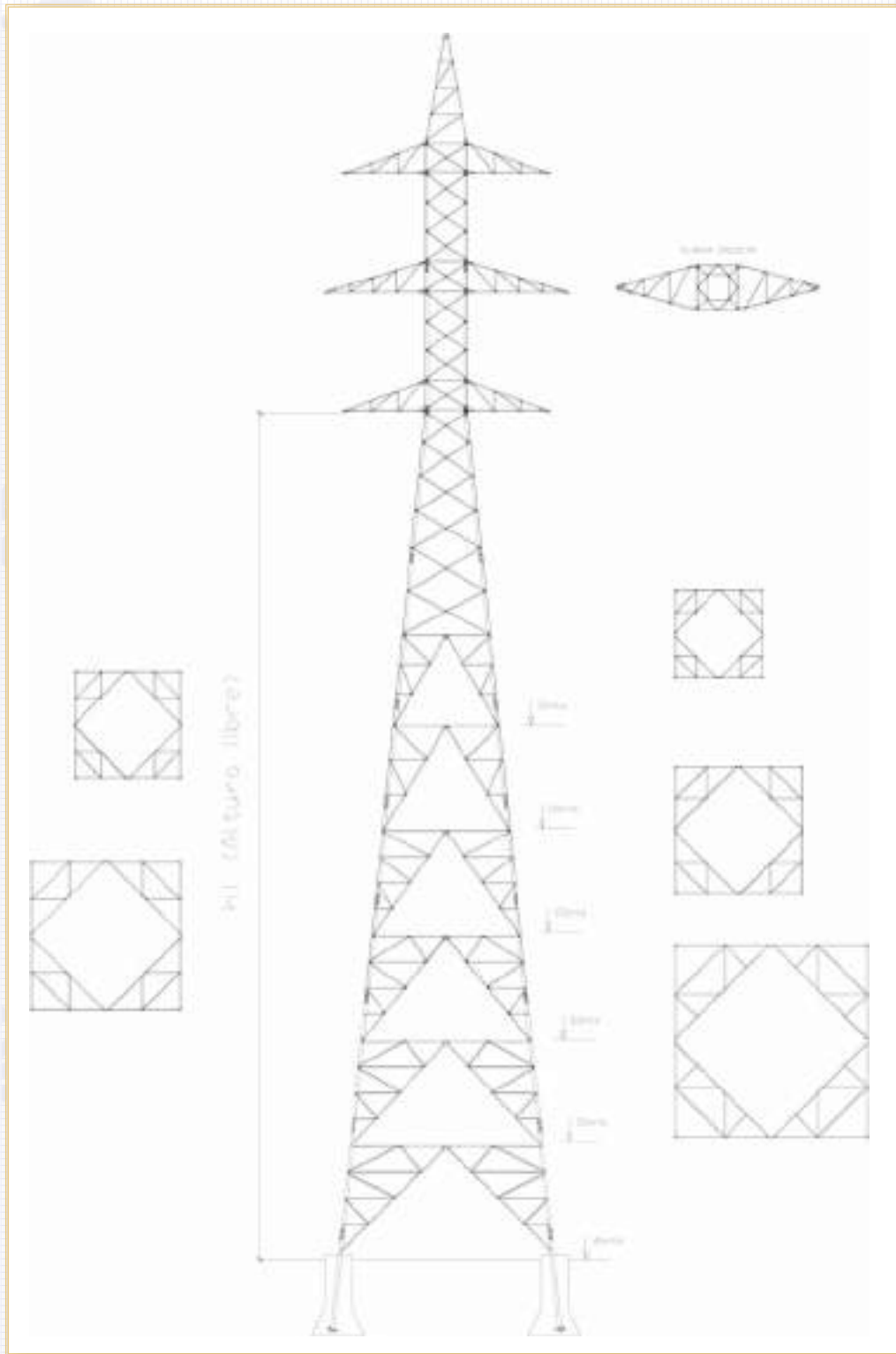
El modelo GRAN CÓNDOR puede ser ampliado a otros esfuerzos o necesidades concretas del cliente. El Departamento Técnico de IMEDEXSA facilitará toda la información adicional que se requiera.

2. ESFUERZOS

La tabla indica los esfuerzos horizontales útiles (en Kgf), centrados en la cruceta intermedia, que pueden soportar estas torres en función del armado e hipótesis de reglamento.

Gran Condor	1ª Hipótesis Viento 120 km/h (C.S. = 1,5)	2ª Hipótesis		3ª Hipótesis (C.S. = 1,2)	4ª Hipótesis Cruceta 5,6 m (C.S. = 1,5)	4ª Hipótesis Cúpula 6,5 m (C.S. = 1,2)	Carga Vertical por Fase
		Viento 60 km/h (C.S. = 1,5)	Sin Viento (C.S. = 1,5)				
40.000	40.115	41.490	41.955	53.115	6.195	9.000	3.000

3. ALTURAS Y PESOS

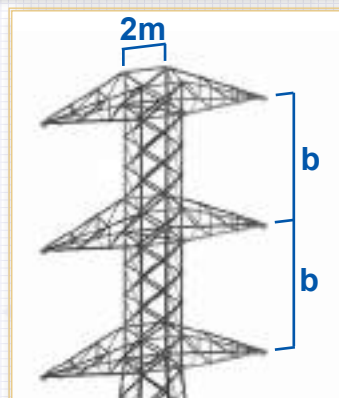


Altura libre (Hl)	15		20		25		30		35		40	
ESFUERZO	Altura útil (HU)	Peso (Kg)	Altura útil (HU)	Peso (Kg)	Altura útil (HU)	Peso (Kg)	Altura útil (HU)	Peso (Kg)	Altura útil (HU)	Peso (Kg)	Altura útil (HU)	APeso (Kg)
40.000	15	4786	20	6503	25	8370	30	10568	35	13213	40	16002

4. ARMADOS

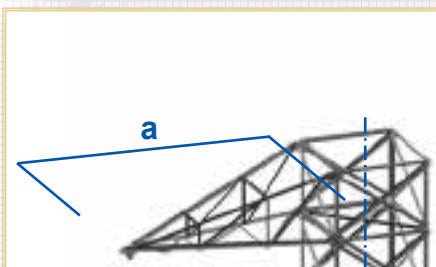
Cabezas

GRAN CÓNDOR	PESO CABEZAS (Kg)
	b = 5,6
	2975



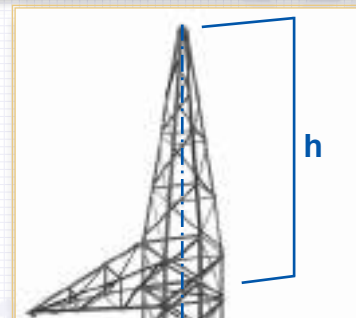
Semicrucetas

GRAN CÓNDOR	PESO SEMICRUCETAS (Kg)		
	a		
	4,7	5,6	6
	268	313	341



Cúpulas

GRAN CÓNDOR	PESO CÚPULAS (Kg)	
	h	
	6,5	7,65
	310	402

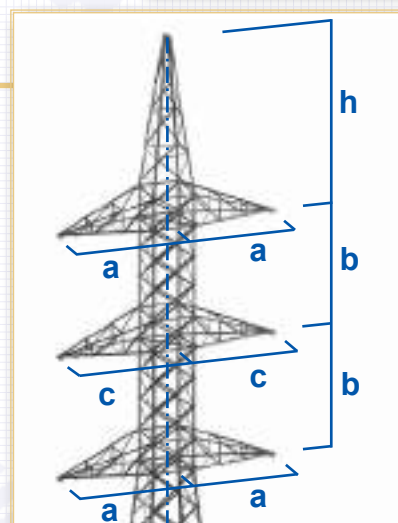


Armados

TIPO "N"		GRAN CÓNDOR	
		N1	N2
Dimensiones (m)	a	4,7	5,6
	b	5,6	5,6
	c	5,6	6
	h	6,5	7,65
Pesos (Kg)		4983	5311

Cuando las dimensiones necesarias del armado no se ajusten a los modelos anteriores, la denominación de éstos se determinará mediante un código compuesto de una letra (S o N, si es tresbolillo o doble circuito, respectivamente) seguida de cuatro números que siguen la forma "bach", tomados de la tabla siguiente.

Ejemplo: Doble Circuito; b = 5,6 m.; a = 4,7 m.; c = 5,6 m.; h = 6,5 m. Su denominación será: **N1121**

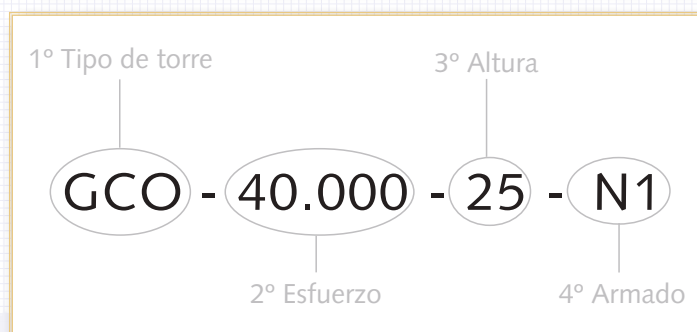


COTAS	CÓDIGOS		
	1	2	3
b (m)	5,6	...	...
a / c (m)	4,7	5,6	6
h (m)	6,5	7,65	...

5. DESIGNACIÓN

Este tipo de torre se designa con las letras "GCO", que deberán ir seguidas del esfuerzo, altura y armado requerido.

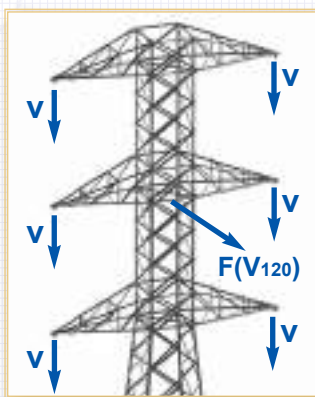
Un ejemplo de pedido de una torre de 40.000 Kg. de esfuerzo, 25 m. y armado N1 será:



6. ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES POR TORRE CON ARMADO SIN CÚPULA [Kgf]

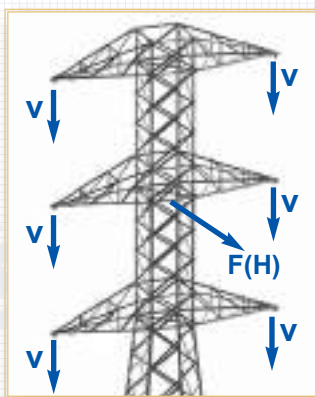
1ª Hipótesis

1ª HIPÓTESIS VIENTO C.S.=1.5 V = 120 Km / h	Separación vertical entre crucetas
	b=5,6
GCO 40.000	40.115
Carga Vertical por Fase	3.000



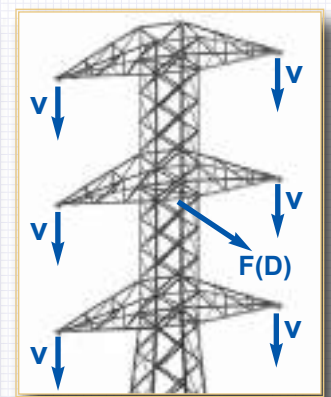
2ª Hipótesis

2ª HIPÓTESIS C.S. = 1.5	Separación vertical entre crucetas
	b = 5,6
HIELO SIN VIENTO C.S.=1.5	41.955
HIELO+VIENTO 60 Km / h C.S.=1.5	41.490
Carga Vertical por carga	3.000



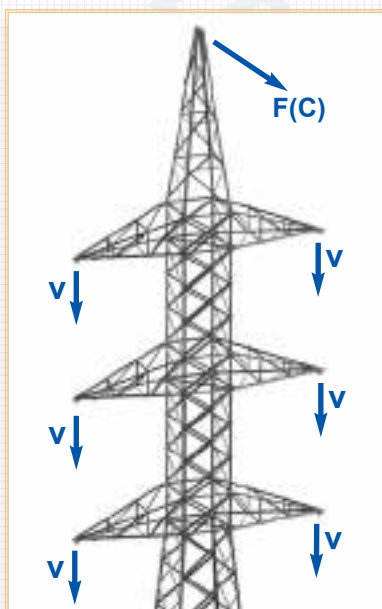
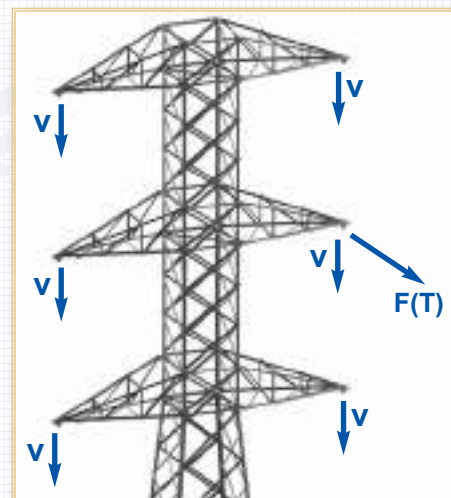
3ª Hipótesis

3ª HIPÓTESIS DESEQUILIBRIO C.S.=1.2 SIN VIENTO	Separación vertical entre crucetas
	b=5,6
GCO 40.000	53.115
Carga Vertical por Fase	3.000



4ª Hipótesis

4ª HIPÓTESIS TORSIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	LONGITUD DE SEMICRUCETA (c)		
	4,7	5,6	6
	7.030	6.195	5.735
Carga Vertical por Fase	3.000		



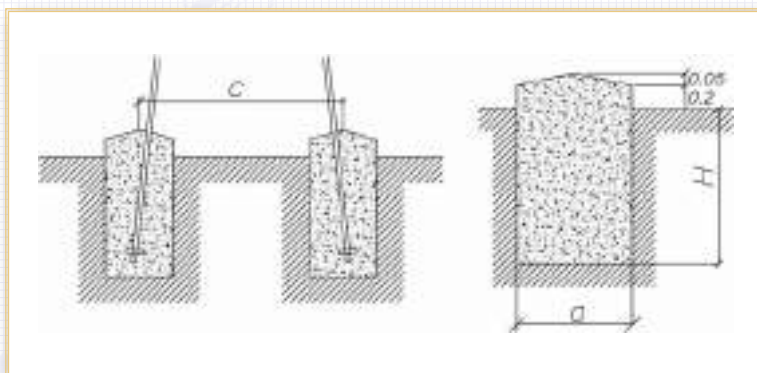
4ª HIPÓTESIS ROTURA DE PROTECCIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	Cúpula 6,5	Cúpula 7,65
	9.000	8.000
Carga Vertical por Fase	3.000	

9. CIMENTACIONES

Las cimentaciones de estas torres son de macizos independientes para las cuatro patas.

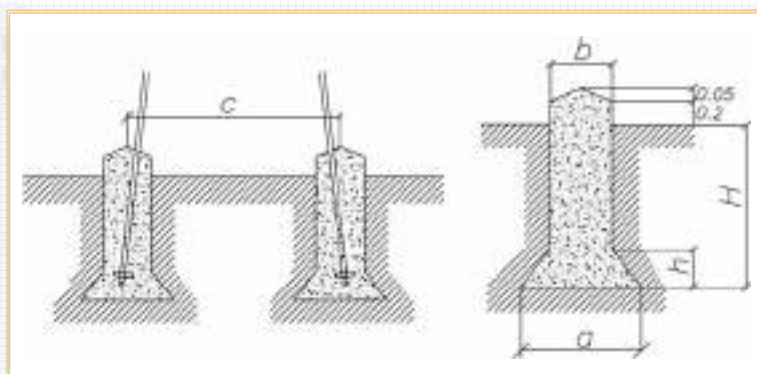
En la siguiente tabla se indican las principales dimensiones del macizo en metros, la distancia entre hoyos en metros, y los volúmenes aproximados de excavación por patas para cimentaciones de sección cuadrada y circular en metros cúbicos.

Cimentación cuadrada recta



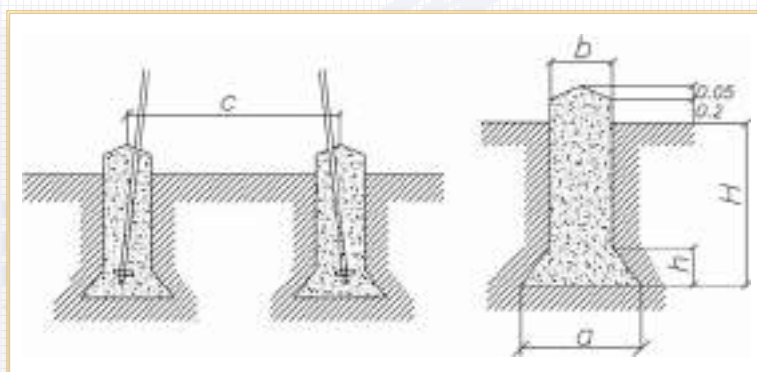
Cimentaciones	s=2 kg/cm ² a= 20°				s=3 kg/cm ² a= 30°				s=4 kg/cm ² a= 35°			
GCO	a	H	V	c	a	H	V	c	a	H	V	c
15	2,80	3,55	27,83	5,27	2,05	3,60	15,13	5,27	1,70	3,55	10,26	5,27
20	2,85	3,60	29,24	6,28	2,10	3,60	15,88	6,28	1,75	3,60	11,03	6,28
25	2,90	3,60	30,28	7,30	2,15	3,60	16,64	7,30	1,80	3,60	11,66	7,30
30	2,95	3,60	31,33	8,32	2,20	3,60	17,42	8,32	1,80	3,60	11,66	8,32
35	2,95	3,60	31,33	9,37	2,20	3,60	17,42	9,37	1,80	3,60	11,66	9,37
40	3,00	3,60	32,40	10,39	2,20	3,65	17,67	10,39	1,85	3,60	12,32	10,39

Cimentación circular con cueva



Cimentaciones	s=2 kg/cm ² a=20°						s=3 kg/cm ² a=30°						s=4 kg/cm ² a=35°					
	a	b	H	h	V	c	a	b	H	h	V	c	a	b	H	h	V	c
15	2,75	1,30	3,85	1,20	9,61	5,27	2,25	1,30	3,55	0,80	7,23	5,27	1,75	1,30	3,55	0,40	6,26	5,27
20	2,75	1,30	3,90	1,20	9,69	6,28	2,20	1,30	3,60	0,75	7,16	6,28	1,75	1,30	3,60	0,40	6,35	6,28
25	2,80	1,30	3,90	1,25	9,97	7,30	2,25	1,30	3,60	0,80	7,31	7,30	1,75	1,30	3,60	0,40	6,35	7,30
30	2,85	1,30	3,90	1,25	10,11	8,32	2,30	1,30	3,60	0,85	7,47	8,32	1,80	1,30	3,60	0,45	6,41	8,32
35	2,85	1,30	3,90	1,25	10,11	9,37	2,35	1,30	3,60	0,85	7,56	9,37	1,80	1,30	3,60	0,45	6,41	9,37
40	2,90	1,30	3,90	1,30	10,40	10,39	2,35	1,30	3,60	0,85	7,56	10,39	1,85	1,30	3,60	0,45	6,45	10,39

Cimentación Cuadrada con cueva



Cimentaciones	s=2 kg/cm ² a=20°						s=3 kg/cm ² a=30°						s=4 kg/cm ² a=35°					
	a	b	H	h	V	c	a	b	H	h	V	c	a	b	H	h	V	c
15	3,30	1,30	3,85	1,65	10,21	5,27	2,70	1,30	3,65	1,15	7,08	5,27	1,95	1,30	3,80	0,55	5,47	5,27
20	3,20	1,30	4,00	1,55	9,78	6,28	2,55	1,30	3,80	1,05	6,81	6,28	1,95	1,30	3,85	0,55	5,54	6,28
25	3,25	1,30	4,00	1,60	10,09	7,30	2,60	1,30	3,80	1,05	6,90	7,30	2,00	1,30	3,85	0,60	5,62	7,30
30	3,30	1,30	4,00	1,65	10,41	8,32	2,65	1,30	3,80	1,10	7,08	8,32	2,00	1,30	3,90	0,60	5,68	8,32
35	3,35	1,30	4,00	1,65	10,58	9,37	2,65	1,30	3,80	1,10	7,08	9,37	2,05	1,30	3,85	0,65	5,70	9,37
40	3,35	1,30	4,00	1,65	10,58	10,39	2,70	1,30	3,80	1,15	7,28	10,39	2,05	1,30	3,90	0,65	5,77	10,39

TIPO ÍCARO

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Son torres tronco-piramidales de sección cuadrada construidas con perfiles de angulares galvanizados unidos mediante tornillos. Los montantes del fuste son de doble angular y las celosías dobles en toda la torre, incluida la cabeza, arriostrándose las del fuste con celosías auxiliares.

Estas torres han sido especialmente diseñadas para líneas de 220 y 400 kV, por lo que sus dimensiones generales se adaptan a las distancias entre conductores y entre éstos y la torre usuales en estas líneas.

Los modelos creados soportan aproximadamente 55.000 y 70.000 Kg de esfuerzo útil en 1ª Hipótesis con C.S. de 1,5.

La cabeza es recta de 2,5 m de ancho. El fuste tronco-piramidal se ancla en el terreno con cimentaciones independientes de sección cuadrada o circular.

Debido a la longitud de sus crucetas, existe la opción de disponer de doble cúpula para el cable de tierra.

El Departamento Técnico de IMEDEXSA facilitará toda la información adicional que se requiera y le asesorará en la elección de los apoyos más adecuados a sus necesidades.

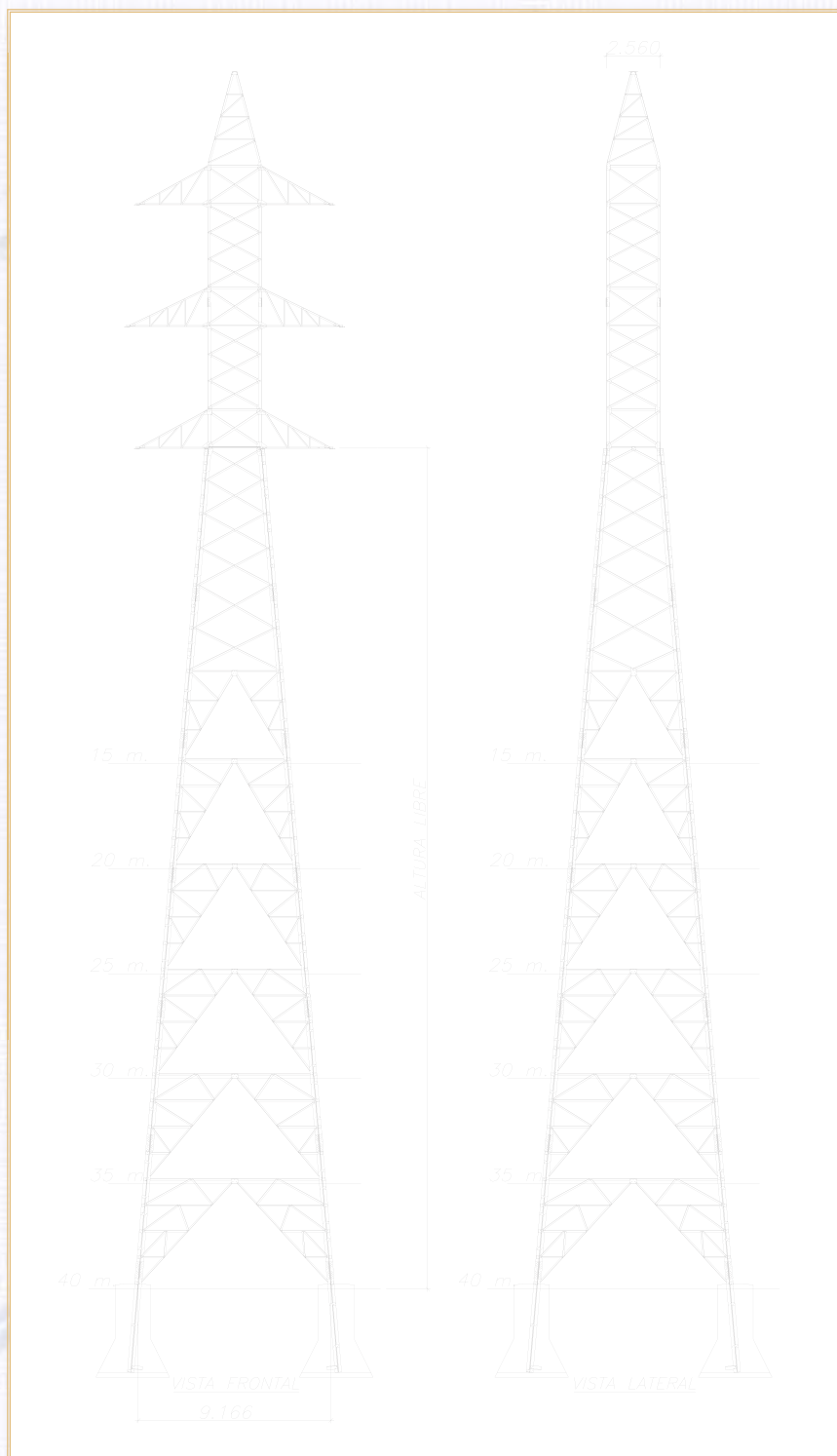
2. ESFUERZOS

La tabla indica los esfuerzos horizontales útiles (en Kgf), centrados en la cruceta intermedia, que pueden soportar estas torres en función del armado e hipótesis de reglamento.

ÍCARO	1ª Hipótesis Viento 120 km/h (C.S. = 1,5)	2ª Hipótesis		3ª Hipótesis (C.S. = 1,2)	4ª Hipótesis Cruceta 5m (C.S. = 1,5)	4ª Hipótesis Cúpula 7,2m (C.S. = 1,2)	Carga Vertical por Fase
		Viento 60 km/h (C.S. = 1,5)	Sin Viento (C.S. = 1,5)				
55.000	56.040	58.460	59.090	73.130	12.000	16.000	5.000
70.000	69.835	71.950	72.450	90.575	12.060	19.000	5.000

3. ALTURAS Y PESOS DE FUSTES

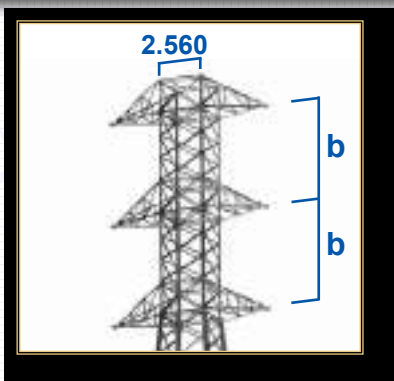
Altura nominal	ESFUERZOS		
		55.000	70.000
15	Altura Libre (Hl)	15	15
	Peso (kg)	6919	7958
20	Altura Libre (Hl)	20	20
	Peso (kg)	9200	11381
25	Altura Libre (Hl)	25	25
	Peso (kg)	11644	14500
30	Altura Libre (Hl)	30	30
	Peso (kg)	14713	17799
35	Altura Libre (Hl)	35	35
	Peso (kg)	17656	21166
40	Altura Libre (Hl)	40	40
	Peso (kg)	21203	25074



4. ARMADOS

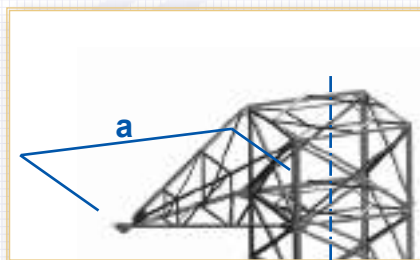
Cabezas

ÍCARO	PESO CABEZAS (Kg)
	b
	5,8
55.000	4423
70.000	4809



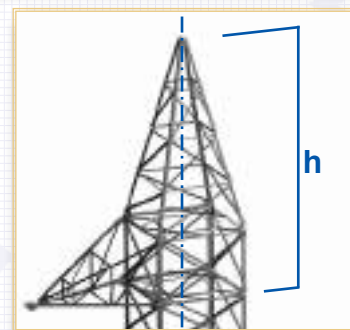
Crucetas

ÍCARO	PESO CRUCETAS (Kg)			
	a			
	4,5	5,0	6,0	6,5
55.000	362	400	450	490
70.000	389	436	508	568



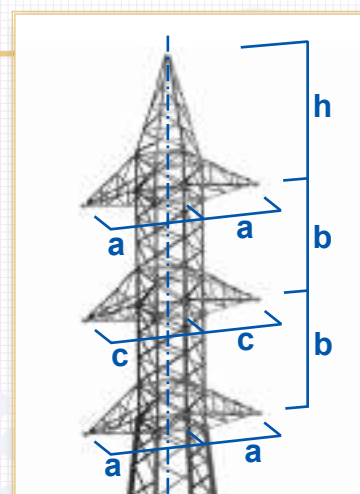
Cúpulas

ÍCARO	PESO CÚPULAS (Kg)	
	h	
	7,2	8,6
55.000	460	561
70.000	462	606



Armados

ARMADOS		DENOMINACIÓN		
		N1	N2	N3
Dimensiones (m)	a	4,5	5,0	6,0
	b	5,8	5,8	5,8
	c	5,0	6,0	6,5
	h	7,2	7,2	8,6
Pesos (Kg)	55.000	7131	7383	7764
	70.000	7699	8031	8583



Cuando las dimensiones necesarias del armamento no se ajusten a los modelos anteriores, la denominación de éstos se determinará mediante un código compuesto por una letra (S o N, si es tresbolillo o doble circuito, respectivamente), seguida de cuatro cifras (ordenadas tal que siguen la forma "bach") que tomamos de la siguiente tabla.

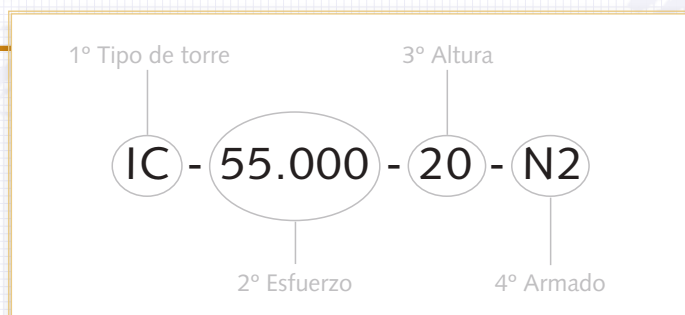
Ejemplo: Simple Circuito; b = 5,8 m.; a = 5 m.; c = 6 m.; h = 7,2 m. Su denominación será: S1231

COTAS	CÓDIGOS			
	1	2	3	4
b (m)	5,8	...	...	...
a / c (m)	4,5	5	6	6,5
h (m)	7,2	8,6	...	...

5. DESIGNACIÓN

Este tipo de torre es designada con las letras "IC", seguidas del esfuerzo, altura y armamento.

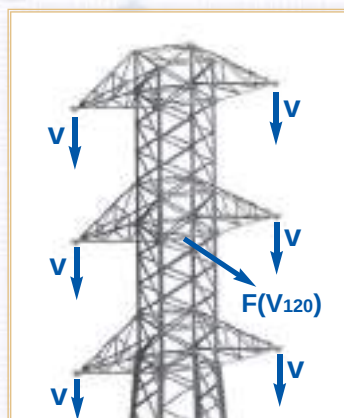
Para realizar un pedido de un ÍCARO de 55.000 Kg de esfuerzo, 20 m. de altura y con armamento tipo N2, se designará:



6. ESFUERZOS ÚTILES EQUIVALENTES POR TORRE CON ARMADO SIN CÚPULA [Kgf]

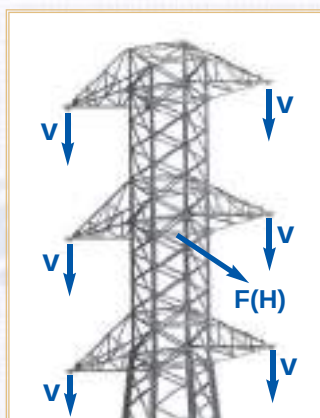
1ª Hipótesis

1ª HIPÓTESIS VIENTO C.S. = 1.5 V = 120 Km / h	Separación Vertical entre crucetas b = 5,8
IC-55.000	56.040
IC-70.000	69.835
Carga Vertical por Fase	5.000



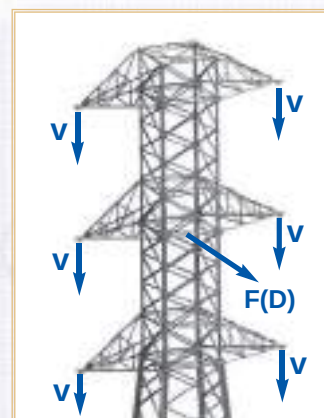
2ª Hipótesis

2ª HIPÓTESIS C.S. = 1.5	Separación Vertical entre crucetas b = 5,8	
HIELO SIN VIENTO	IC-55.000	59.090
	IC-7.000	72.450
HIELO+VIENTO 60 Km / h	IC-55.000	58.460
	IC-70.000	71.950
Carga Vertical por Fase	5.000	



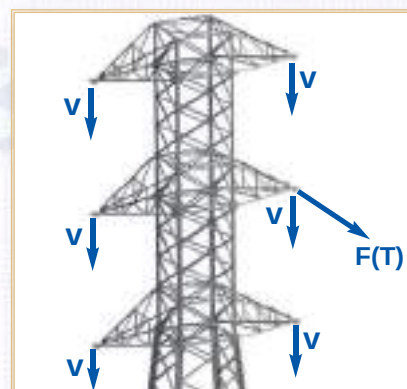
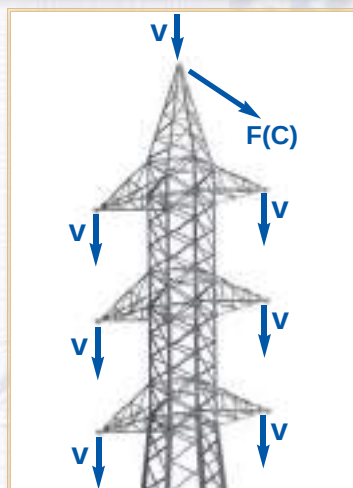
3ª Hipótesis

3ª HIPÓTESIS DESEQUILIBRIO C.S. = 1.2 SIN VIENTO	Separación Vertical entre crucetas b = 5,8
IC-55.000	73.130
IC-70.000	90.575
Carga Vertical por Fase	5.000



4ª Hipótesis

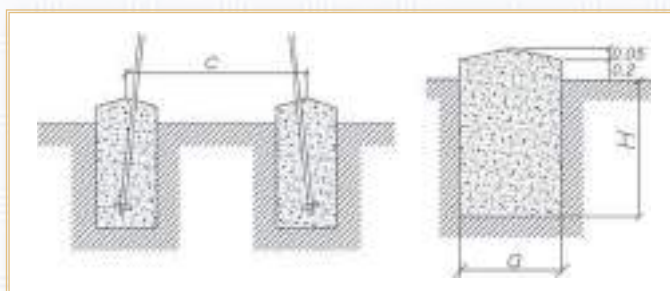
4ª HIPÓTESIS TORSIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	LONGITUD DE SEMICRUCETA (c)			
	4,5	5,0	6,0	6,5
IC- 55.000	12.860	12.000	10.580	10.040
IC- 70.000	12.880	12.060	10.660	10.090
Carga Vertical por Fase	5.000			



4ª HIPÓTESIS ROTURA DE PROTECCIÓN C.S. = 1.2 SIN VIENTO	ALTURA DE CÚPULA "h" (m)	
	7.2	8.6
IC- 55.000	16.000	14.500
IC- 70.000	19.000	17.500
Carga Vertical por Fase	5.000	

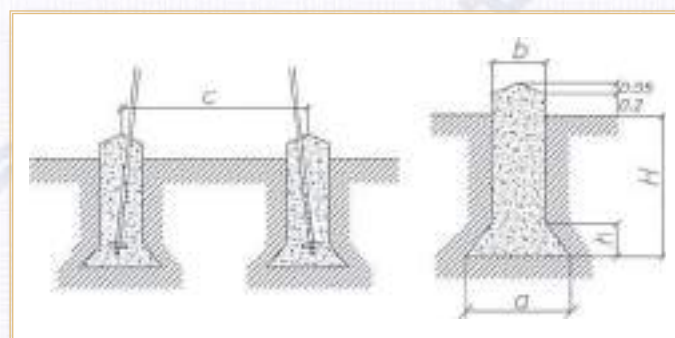
10. CIMENTACIONES

Las cimentaciones de estas torres son de macizos independientes para las cuatro patas. En la siguiente tabla se indican las principales dimensiones del macizo, la distancia entre hoyos y los volúmenes aproximados de excavación por patas, para cimentaciones de sección cuadrada y circular.



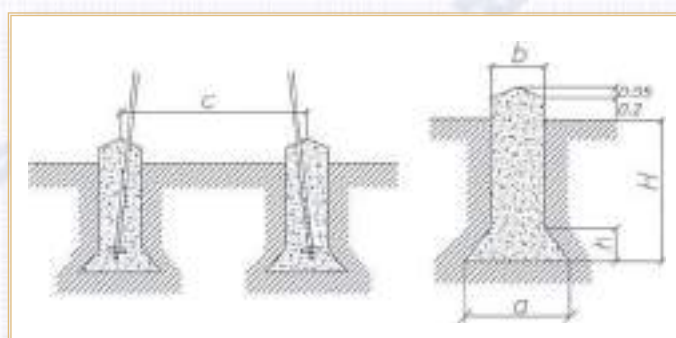
Cimentación cuadrada recta

ÍCARO		s=2 kg/cm ² α=20°		s=3 kg/cm ² α=30°		s=4 kg/cm ² α=35°	
		55000	70000	55000	70000	55000	70000
15	a	3,45	3,95	2,55	2,85	2,10	2,35
	c	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
	H	3,85	4,05	3,85	4,10	3,90	4,15
	V	45,82	63,19	25,03	33,30	17,20	22,92
20	a	3,60	4,10	2,60	2,95	2,15	2,40
	c	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
	H	3,90	4,10	3,95	4,15	3,95	4,25
	V	50,54	68,92	26,70	36,12	18,26	24,48
25	a	3,70	4,20	2,70	3,00	2,20	2,45
	c	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
	H	3,95	4,15	3,95	4,20	4,00	4,25
	V	54,08	73,21	28,80	37,80	19,36	25,51
30	a	3,80	4,30	2,75	3,10	2,25	2,55
	c	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
	H	3,95	4,15	4,00	4,20	4,05	4,30
	V	57,04	76,73	30,25	40,36	20,50	27,96
35	a	3,85	4,35	2,80	3,15	2,30	2,60
	c	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
	H	4,00	4,15	4,00	4,25	4,05	4,30
	V	59,29	78,53	31,36	42,17	21,42	29,07
40	a	3,95	4,45	2,85	3,20	2,35	2,60
	c	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47
	H	4,00	4,20	4,00	4,25	4,00	4,35
	V	62,41	83,17	32,49	43,52	22,09	29,41



Cimentación circular con cueva

ÍCARO		s=2 kg/cm ² α=20°		s=3 kg/cm ² α=30°		s=4 kg/cm ² α=35°	
		55000	70000	55000	70000	55000	70000
15	a	3,80	4,30	2,90	3,30	2,35	2,75
	b	1,40	1,50	1,40	1,50	1,40	1,50
	H	4,05	4,25	4,05	4,25	4,05	4,25
	h	2,40	2,80	1,50	1,80	0,95	1,25
	V	16,19	22,49	9,59	12,85	7,45	9,86
	c	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30
20	a	3,95	4,40	3,05	3,45	2,45	2,85
	b	1,45	1,50	1,45	1,50	1,45	1,55
	H	4,10	4,30	4,10	4,30	4,10	4,30
	h	2,50	2,90	1,60	1,95	1,00	1,30
	V	17,98	23,89	10,76	14,02	8,17	10,75
	c	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
25	a	4,05	4,50	3,10	3,55	2,55	2,95
	b	1,45	1,55	1,45	1,55	1,45	1,55
	H	4,15	4,35	4,15	4,35	4,15	4,35
	h	2,60	2,95	1,65	2,00	1,10	1,40
	V	19,15	25,52	11,13	15,17	8,58	11,31
	c	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
30	a	4,15	4,60	3,20	3,65	2,65	3,05
	b	1,45	1,60	1,45	1,60	1,45	1,60
	H	4,15	4,35	4,15	4,35	4,15	4,35
	h	2,70	3,00	1,75	2,05	1,20	1,45
	V	20,31	27,12	11,74	16,28	8,95	12,19
	c	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
35	a	4,20	4,70	3,25	3,75	2,65	3,15
	b	1,50	1,70	1,50	1,70	1,50	1,70
	H	4,20	4,35	4,20	4,35	4,20	4,35
	h	2,70	3,00	1,75	2,05	1,15	1,45
	V	21,16	28,96	12,43	17,74	9,38	13,48
	c	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
40	a	4,25	4,75	3,30	3,75	2,75	3,15
	b	1,60	1,70	1,60	1,70	1,60	1,70
	H	4,20	4,40	4,20	4,40	4,20	4,40
	h	2,65	3,05	1,70	2,05	1,15	1,45
	V	22,14	29,84	13,36	17,85	10,50	13,59
	c	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47



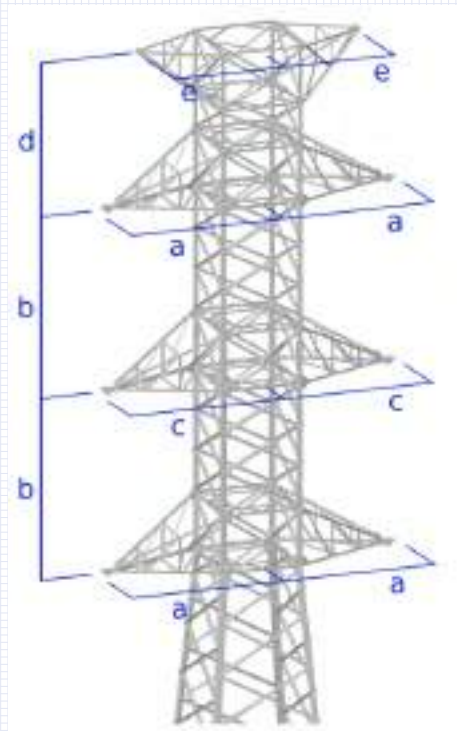
Cimentación cuadrada con cueva

ÍCARO		$s=2 \text{ kg/cm}^2$	$\alpha=20^\circ$	$s=3 \text{ kg/cm}^2$	$\alpha=30^\circ$	$s=4 \text{ kg/cm}^2$	$\alpha=35^\circ$
		55000	70000	55000	70000	55000	70000
15	a	3,30	3,70	2,45	2,80	2,05	2,30
	b	1,40	1,50	1,40	1,50	1,40	1,50
	H	4,05	4,20	4,05	4,25	4,00	4,25
	h	1,90	2,20	1,05	1,30	0,65	0,80
	V	15,28	20,26	9,87	12,83	8,52	10,69
	c	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
20	a	3,45	3,85	2,55	3,00	2,10	2,40
	b	1,40	1,50	1,40	1,50	1,40	1,50
	H	4,05	4,25	4,10	4,25	4,05	4,30
	h	2,05	2,35	1,15	1,50	0,70	0,90
	V	16,69	22,17	10,39	14,06	8,74	11,13
	c	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14	6,14
25	a	3,50	3,95	2,60	3,05	2,20	2,50
	b	1,40	1,50	1,40	1,50	1,40	1,50
	H	4,10	4,30	4,15	4,30	4,10	4,30
	h	2,10	2,45	1,20	1,55	0,80	1,00
	V	17,30	23,58	10,73	14,52	9,10	11,51
	c	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97	6,97
30	a	3,60	4,05	2,70	3,15	2,20	2,60
	b	1,40	1,60	1,40	1,60	1,40	1,60
	H	4,10	4,30	4,15	4,30	4,15	4,30
	h	2,20	2,45	1,30	1,55	0,80	1,00
	V	18,36	25,51	11,23	16,09	9,20	12,94
	c	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
35	a	3,65	4,10	2,75	3,15	2,25	2,60
	b	1,50	1,70	1,50	1,70	1,50	1,70
	H	4,15	4,30	4,20	4,35	4,15	4,35
	h	2,15	2,40	1,25	1,45	0,75	0,90
	V	19,58	26,83	12,44	17,16	10,32	14,19
	c	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
40	a	3,70	4,15	2,80	3,15	2,30	2,60
	b	1,50	1,70	1,50	1,70	1,50	1,70
	H	4,15	4,30	4,20	4,40	4,20	4,40
	h	2,20	2,45	1,30	1,45	0,80	0,90
	V	20,15	27,53	12,72	17,31	10,58	14,34
	c	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47	9,47

1. GEOMETRÍA Y PESOS

ÍCARO	
d	e
4,9	3,5
6,2	3,5

ÍCARO	PESO CÚPULAS	
	d-e (m)	
	4,9-3,5	6,2-3,5
55/70000	746	885



2. DESIGNACIÓN

Los apoyos tipo ÍCARO con doble cúpula poseen una geometría y dimensiones que no se ajustan a los modelos de cúpula única, por lo que la denominación de los mismos se determinará mediante un código compuesto de una letra (S o N si es tresbolillo o doble circuito, respectivamente) seguida de cuatro dígitos (que seguirán el siguiente orden: "/b/a/c/d-e/") que tomaremos de la tabla siguiente.

Ejemplo: simple circuito; b=5,8 m.; a=5 m.; c=6 m; cúpula doble, d=6,2 m., e=3,5m. Su denominación será: S1234

COTAS	CÓDIGOS ÍCARO			
	1	2	3	4
b (m)	5,8	...	...	...
a / c (m)	4,5	5,0	6,0	6,5
h / d-e (m)	7,2	8,6	4,9-3,5	6,2-3,5

APOYOS FIN DE LÍNEA PARA PASOS AÉREO-SUBTERRÁNEO

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Son torres de fuste tronco piramidal y cabeza de sección recta construidas con perfiles galvanizados, unidos mediante tomillería.

Estas torres han sido especialmente diseñadas para pasos aéreo-subterráneo de 132 kV. y 220 kV., por lo que las alturas de las cabezas y las longitudes de crucetas cumplen las distancias entre conductores y distancia conductor-apoyo más usuales en estos niveles de tensión. La geometría de partida para fuste, cabeza, crucetas y cúpula es análoga a la empleada en la serie CÓNDOR.

Se distinguen dos tipos de armado, con cuatro configuraciones cada uno:

- **SIMPLE CIRCUITO:** Los conductores de fase están dispuestos en horizontal. Los aparatos, terminales y autoválvulas, están soportados por crucetas rectas que se localizan en la unión entre fuste y cabeza.
- **DOBLE CIRCUITO:** Las crucetas intermedias e inferiores son rectas, al igual que las instaladas en el fuste, para soportar los aparatos del paso aéreo-subterráneo.

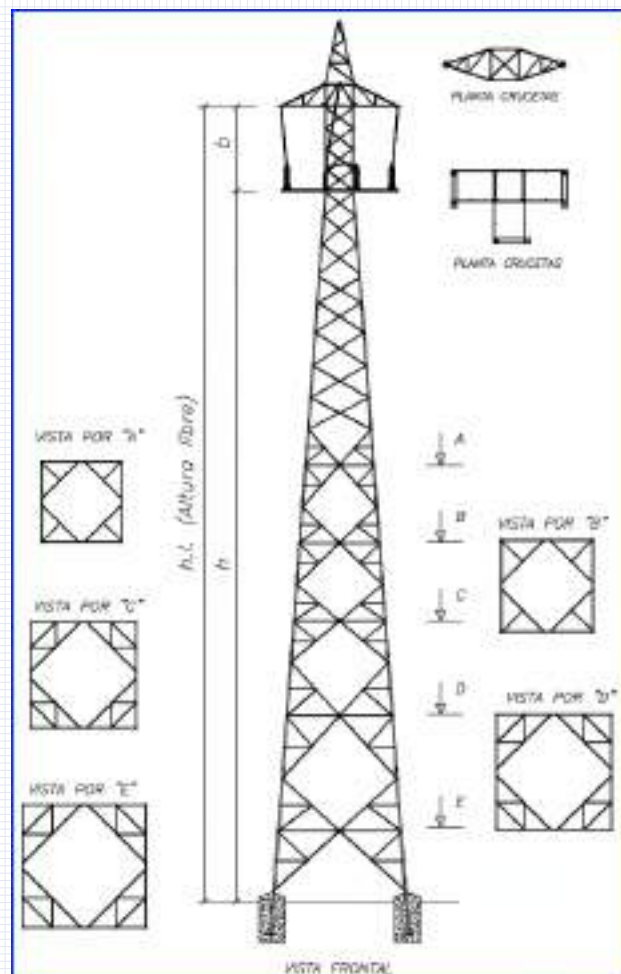
El modelo CÓNDOR PAS puede ser ampliado a otros esfuerzos o necesidades concretas del cliente. El Departamento Técnico de IMEDEXSA facilitará toda la información adicional que se requiera.

2. ALTURAS Y PESOS

Las diferentes alturas se consiguen a base de unir la cabeza con diferentes tramos del fuste, más el anclaje correspondiente. Dada la peculiaridad de los pasos aéreo-subterráneo, las alturas útiles varían en función del armado, como se muestra en las figuras y tablas siguientes.

2.1. ALTURAS Y PESOS FUSTES EN SIMPLE CIRCUITO

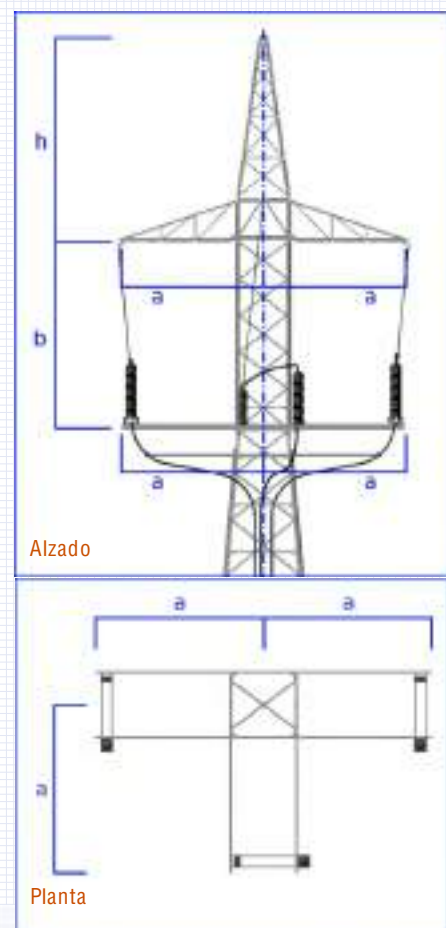
Altura nominal fuste	SC	ESFUERZOS		
		12000	18000	27000
12	Altura libre (h)	12.2+b	12.2+b	12.2+b
	Peso (kg)	1847	2347	3243
15	Altura libre (h)	15.2+b	15.2+b	15.2+b
	Peso (kg)	2413	2997	3876
18	Altura libre (h)	18.2+b	18.2+b	18.2+b
	Peso (kg)	3034	3769	4743
21	Altura libre (h)	21.2+b	21.2+b	21.2+b
	Peso (kg)	3593	4320	5641
24	Altura libre (h)	24.4+b	24.4+b	24.4+b
	Peso (kg)	4273	5187	6345
27	Altura libre (h)	27.2+b	27.2+b	27.2+b
	Peso (kg)	4980	6085	7604
30	Altura libre (h)	30.4+b	30.4+b	30.4+b
	Peso (kg)	5619	7018	8443
33	Altura libre (h)	33.2+b	33.2+b	33.2+b
	Peso (kg)	6466	8097	9867



2.2. PESOS ARMADOS EN SIMPLE CIRCUITO

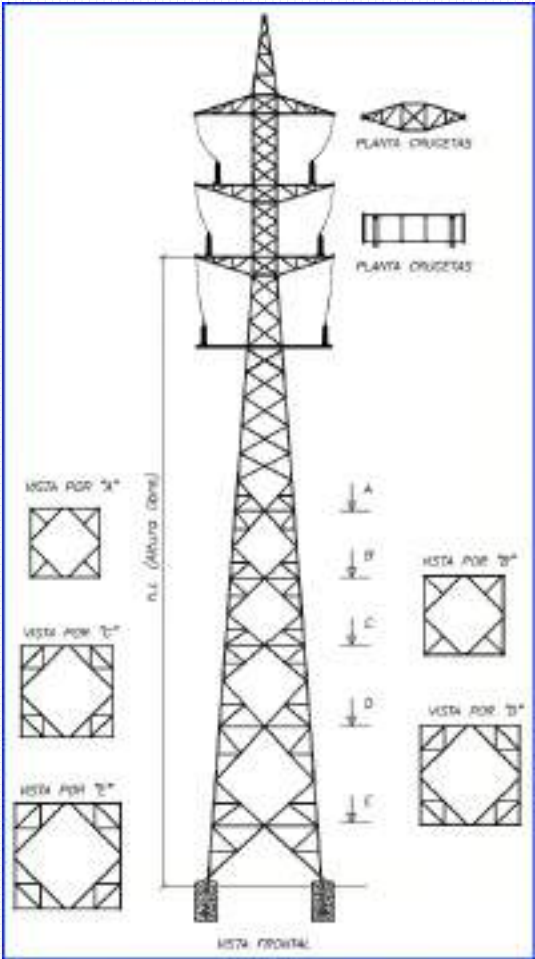
El peso de los armados incluye cabeza, crucetas de los conductores de fase, crucetas de soporte de aparatos y cúpula. No se incluyen los soportes y guías de los conductores, pues se adecuarán a las necesidades concretas del cliente.

ARMADOS		DENOMINACIÓN			
		SC1	SC2	SC3	SC4
Dimensiones	a	3,0	3,0	4,1	4,1
	b	3,3	4,4	4,4	5,5
	h	4,3	4,3	5,9	6,9
Pesos (kg)	CO-PAS-12.000	1544	1670	1999	2145
	CO-PAS-18.000	1679	1903	2291	2461
	CO-PAS-27.000	1981	2216	2564	2822

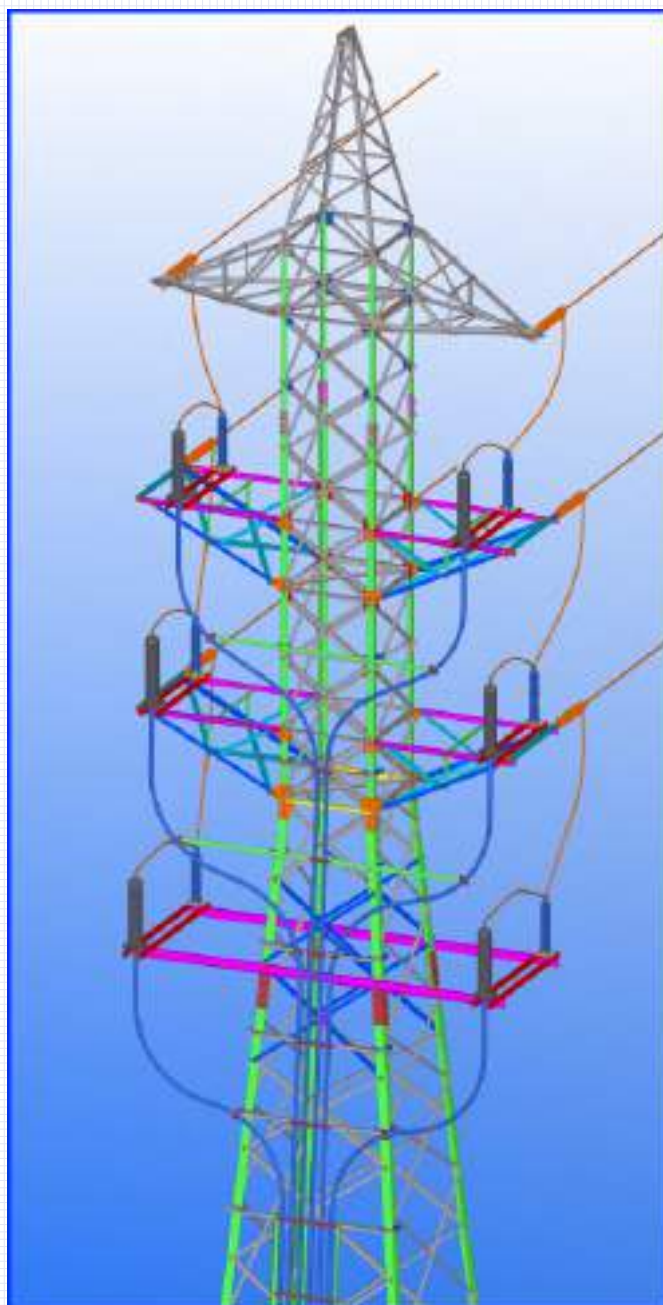


2.4. ALTURAS Y PESOS FUSTES EN DOBLE CIRCUITO

Altura nominal fuste	DC	ESFUERZOS		
		18000	27000	33000
12	Altura libre (hl)	13.3	13.3	13.3
	Peso (kg)	2372	3322	3694
15	Altura libre (hl)	16.3	16.3	16.3
	Peso (kg)	3023	3954	4440
18	Altura libre (hl)	19.3	19.3	19.3
	Peso (kg)	3795	4821	5444
21	Altura libre (hl)	22.3	22.3	22.3
	Peso (kg)	4346	5719	6326
24	Altura libre (hl)	25.5	25.5	25.5
	Peso (kg)	5212	6423	7287
27	Altura libre (hl)	28.3	28.3	28.3
	Peso (kg)	6110	7682	8505
30	Altura libre (hl)	31.5	31.5	31.5
	Peso (kg)	7044	8522	9477
33	Altura libre (hl)	34.3	34.3	34.3
	Peso (kg)	8123	9944	10992



2.6. ESQUEMA TIPO DOBLE CIRCUITO



3. DESIGNACIÓN

A este tipo de torre se le designa con las letras "CO-PAS", seguidas del esfuerzo, altura y armado.
Para realizar el pedido de un CÓNDR-PAS de 12.000 kg. de esfuerzo y 21 m., con armado SC4, se designará:



Características del cable RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250

Tensión asignada U_0/U	KV	127 / 220
Tensión más elevada del sistema U_m	KV	245
Tensión soportada a impulsos tipo rayo U_p	KV	1.050
Norma de referencia / Especificación		IEC 62067 /
Conductor:	Material	Aluminio
	Sección	mm ² 1.600
	Diámetro d_c	mm 49,50
	Clase	Clase 2, circular segmentado - Milliken -
	Nº de segmentos	6
	Obturación longitudinal al agua	Sí
	Resistencia cc @ 20°C	Ω/Km 0,0186
	Factor de la imperfección de los contactos térmicos k_s	0,25
	Factor de la imperfección de los contactos térmicos k_p	0,15
	Constante inductancia K_i	0,05
	Calor específico volumétrico σ_c	J/K.m ³ 2500000
	Resistividad eléctrica ρ_{20}	Ω.m 2,8264E-8
	Inversa del coef. variación de resistencia con la temp. a 0°C β	K 228
	Coef. de var. de la resistividad elec. con la temp. a 20°C α_{20}	K ⁻¹ 0,00403
	Constante que depende del material K	A.s ^{1/2} /mm ² 148,11
	Coeficiente función de la construcción del conductor α	0,779
	Factor de la imperfección de los contactos térmicos F	0,7
	Resistividad térmica ρ_{cr}	K·m/W 0,0049
Pantalla sobre conductor:	Material	Capa extruida de material semiconductor
	Espesor	mm 2
	Diámetro	mm 53,5
Aislamiento:	Material	Polietileno reticulado (XLPE)
	Espesor nominal	mm 21
	Diámetro	mm 95,5
	Factor de pérdidas tg δ	0,001
	Permitividad relativa ϵ	2,5
	Maxima temperatura de servicio	°C 90
	Temperatura de cortocircuito $t \leq 5s$	°C 250
	Temperatura de emergencia	°C 100
	Calor específico volumétrico σ_c	J/K.m ³ 2.400.000
	Resistividad térmica ρ_{cr}	K·m/W 3,5
Pantalla sobre aislamiento:	Material	Capa extruida de material semiconductor
	Espesor	mm 1,5
	Diámetro	mm 98,5
Asiento/Cintas bajo pantalla:	Material	Cinta semiconductor de bloqueo al agua (materiales fibrosos)
	Espesor	mm 0,8
	Diámetro	mm 100,1
Pantalla/Cubierta metálica:	Tipo	Pantalla compuesta: Alambres y Láminas unidas a la cubierta exterior
	Espesor	mm 0,8
	Diámetro	mm 100,1
	Material	Parte 1 Cobre
	Número de alambres	115
	Diámetro de los alambres	mm 1,67
	Paso de cableado	mm 10
	Diámetro	mm 103,44



	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250	INFIPRO-131 Fecha: 18/10/2022 Página: 2/2
--	--	--

	Diámetro medio	mm	101,77
	Sección	mm ²	251,9
	Resistencia cc @ 20°C	Ω/Km	0,07187
Asiento / Cintas:	Material	Asiento semiconductor hélice abierta -hinchable al agua	
	Espesor	mm	0,4
	Diámetro	mm	104,24
Pantalla/Cubierta metálica:	Material	Parte 2	Aluminio
	Número de flejes		1
	Ancho	mm	332,48
	Espesor	mm	0,2
	Diámetro	mm	104,64
	Diámetro medio	mm	104,44
	Sección	mm ²	66,5
	Resistencia cc @ 20°C	Ω/Km	0,42707
Componentes conectados en paralelo: Resistencia cc @ 20°C		Ω/Km	0,06152
Cintas sobre pantalla:	Material	No hay protección / Cintas	
	Espesor	mm	0
	Diámetro	mm	104,64
Cubierta exterior:	Material	Poliétileno (PE) ST7	
	Espesor	mm	4,7
	Calor específico volumétrico σ_c	J/K.m ³	2.400.000
	Resistividad térmica ρ_{cr}	K·m/W	3,5
	Coeficiente de absorción rayos solares σ		0,4
Recubrimiento semiconductor:	Material	Capa semiconductor: recubrimiento extruido	
	Espesor	mm	0,3
	Diámetro	mm	114,64
Cable con cubierta metálica?:		Sin cubierta metálica	
	Maxima temperatura de servicio	°C	90
	Peso aprox	Kg/m	13,739
	Temperatura de cortocircuito $t \leq 5s$	Parte 1	°C 250
	Temperatura de cortocircuito $t \leq 5s$	Parte 2	°C 150

Datos adicionales:

Diámetro	mm	114,64
Peso aprox	Kg/m	13,739
Gradiente sobre conductor E_i	kV/mm	8,19
Gradiente sobre aislamiento E_o	kV/mm	4,59
Capacidad del cable C	F/m	2,3969E-10
Capacidad del cable C	μF/km	0,2397
Pérdidas dieléctricas W_d (50 Hz)	W/m	1,2145
Corriente de carga I (50 Hz)	A/km	9,5633
Capacidad de carga sistema trifásico a U_0	kVAr/km	3.643,629
Resistencia térmica $T1$	K.m/W	0,3923
Resistencia térmica $T2$	K.m/W	0,0000
Resistencia térmica $T3$	K.m/W	0,0479
Capacidad térmica- Conductor Qc	J/m.K	4.811,05
Capacidad térmica- Aislamiento Qi	J/m.K	13.669,70
Capacidad térmica- Pantalla/Cubierta metálica Qs	J/m.K	2.006,12
Capacidad térmica- Armadura Qa	J/m.K	0,00
Capacidad térmica- Cubierta exterior Qj	J/m.K	3.874,70
Capacidad térmica Q	J/m.K	24.361,57
Constante de tiempo del cable	h	2,98
Tensión máxima de tiro recomendable	daN	4.800

Corto-Circuito:
Conductor

Duración de corto-circuito t	s	0,5
Temperatura inicial de cortocircuito θ_i	°C	90
Temperatura final de corto-circuito θ_f	°C	250
Material		Al
Sección S	mm ²	1.600
Inversa del coef. variación de resistencia con la temp. a 0°C β	K	228
Constante que depende del material K	A.s ^{1/2} /mm ²	148,11
Intensidad de cortocircuito en hipótesis adiabática I_{AD}	kA	213,949
Factor de la imperfección de los contactos térmicos F		0,70
Calor específico volumétrico del componente conductor σ_c	J/K.m ³	2,5E+6
Resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes $\uparrow \rho_{cr}$	K.m/W	2,5
Resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes $\downarrow \rho_{cr}$	K.m/W	
Calor específico volumétrico de los mat. no metál. adyacentes $\uparrow \sigma_i$	J/K.m ³	2,4E+6
Calor específico volumétrico de los mat. no metál. adyacentes $\downarrow \sigma_i$	J/K.m ³	
C_1	mm/m	2464
C_2	K.m.mm ² /J	1,22
Constante A	(mm ² /s) ^{1/2}	0,9657
Constante B	(mm ² /s)	0,4685
Factor M	s ^{-1/2}	
Factor no adiabático ε		1,0060
Intensidad de cortocircuito admisible I	kA	215,231

Pantalla 1
Pantalla 2

Duración de corto-circuito t	s	0,5	0,5
Temperatura inicial de cortocircuito θ_i	°C	80	80
Temperatura final de corto-circuito θ_f	°C	250	150
Material		Cu	Al
Sección S	mm ²	251,9	66,5
Inversa del coef. variación de resistencia con la temp. a 0°C β	K	234,5	228
Constante que depende del material K	A.s ^{1/2} /mm ²	225,67	147,75
Intensidad de cortocircuito en hipótesis adiabática I_{AD}	kA	52,847	6,288
Intensidad resultante en el componente paralelo I_{AD}	kA	8,851	37,547
Factor de la imperfección de los contactos térmicos F		0,70	0,90
Calor específico volumétrico del componente conductor σ_c	J/K.m ³	3,45E+6	2,5E+6
Resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes $\uparrow \rho_{cr}$	K.m/W	6	3,5
Resistividad térmica de los materiales no metálicos adyacentes $\downarrow \rho_{cr}$	K.m/W	6	6
Calor específico volumétrico de los mat. no metál. adyacentes $\uparrow \sigma_i$	J/K.m ³	0,0E+0	2,4E+6
Calor específico volumétrico de los mat. no metál. adyacentes $\downarrow \sigma_i$	J/K.m ³	2,0E+6	0,0E+0
C_1	mm/m	2464	2464
C_2	K.m.mm ² /J	1,22	1,22
Constante A	(mm ² /s) ^{1/2}		
Constante B	(mm ² /s)		
Factor M	s ^{-1/2}	0,0351	0,7453
Factor no adiabático ε		1,0151	1,3029
Intensidad de cortocircuito admisible I	kA	53,645	8,193
Intensidad resultante en el componente paralelo I	kA	8,984	48,921
Resistencia cc @ 20°C	Ω/Km	0,07187	0,42707
Resistencia en ca @ 80°C / 80°C	Ω/Km	0,08882	0,53034

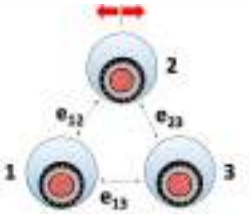
Componentes conectados en paralelo

Intensidad de cortocircuito en hipótesis adiabática I_{AD}	kA	43,835
Intensidad de cortocircuito admisible I	kA	57,114

Circuito: 1

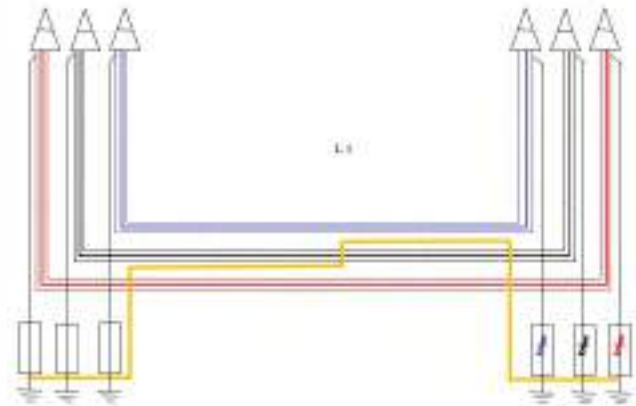
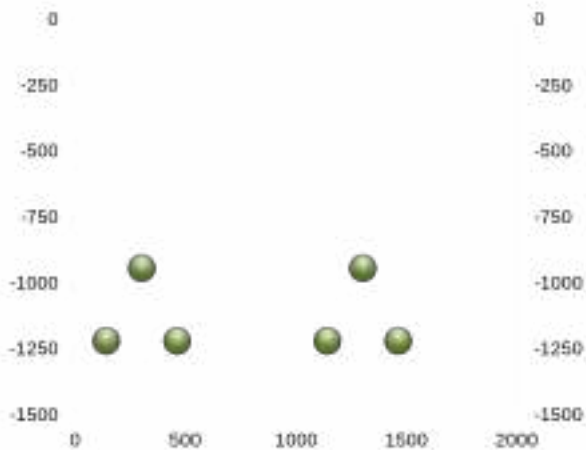
Características de la conexión			
Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250		
Frecuencia f	Hz		50
U _o	kV		127
U	kV		220
U _m	kV		245
U _p	kV		1.050
cos φ			0,958
Factor de carga	%		100
Longitud de la ruta	m		573,078
Conexión de pantallas			Single Point
L1 m 573			

Características de la instalación			
Circuitos			2
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba		
Tipo de cable	Cables desigualmente cargados y de construcción diferente		
Terreno	No existe desecación del suelo		
Temperatura del terreno θ _a	°C		25
Resistividad térmica del terreno ρ _T	K.m/W		1,5

Condiciones de instalación				Cables en zanja	
Profundidad Zanja P		mm			1.450
Ancho Zanja W		mm			1.800
				Tubular	
Material					PE
Ø _{EXT}		mm			250
Ø _{INT}		mm			220
Centro X					
Centro Y					
Nº de cables dentro					1
				Sí	
Prisma hormigón					
Profundidad P		mm			1.450
Alto H		mm			825
Ancho W		mm			1.800
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c		K.m/W			0,85
Nº de cables en el bloque					6
	e12	mm	70	Cable 1 X	mm 140,0
	e23	mm	70	Cable 2 X	mm 300,0
	e13	mm	70,00	Cable 3 X	mm 460,0
	S12	mm	320,0	Cable 1 Y	mm 1225,0
	S23	mm	320,0	Cable 2 Y	mm 947,9
	S13	mm	320,0	Cable 3 Y	mm 1225,0
	GMD	mm	320,00	Centro X	mm 300,0
				Centro Y	mm 1132,6
Transposición	Cables sin transposición a)				

Circuito: 1

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	---	1,87
Constante V		---	---	0,312
Constante V		---	---	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	---	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	51,4	50,9	52,6
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	47,5	46,9	48,6
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	47,0	46,4	48,1
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	43,8	43,3	45,0
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	---	---	---
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	13,77	13,61	14,94
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000020954	0,000020913	0,000021043
X_s		1,22445	1,22565	1,22185
Factor de efecto pelicular γ_s		0,01160	0,01164	0,01150
X_p		0,94846	0,94938	0,94644
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00043	0,00043	0,00043
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000021206	0,000021166	0,000021295
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000068245	0,000068114	0,000068534
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 1

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000114146	0,000114146	0,000114146
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00000	0,00000	0,00000
λ_0		0,00035	0,00035	0,00035
Δ_1		0,01464	0,01464	0,01465
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		111,87	111,98	111,63
g_s		1,00019	1,00019	1,00019
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,00792	0,00795	0,00785
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,00792	0,00795	0,00785
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,29054	0,29159	0,28834
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,07121	0,07121	0,07121
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	---	---	---
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	---	---	---
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40218	0,36725	0,40218
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	0,74607	0,74607	0,74607
Nº de cables en el bloque		6	6	6
L_G	mm	1.037,50	1.037,50	1.037,50
r_b	mm	572,05	572,05	572,05
u		1,8136	1,8136	1,8136
Resistencia térmica externa T_4		0,76446	0,73055	0,76204
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_c	W/m	9,42239	9,40444	9,46168
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,07463	0,07478	0,07432
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_l	W/m	9,49702	9,47921	9,53600
Totales W_T	W/m	10,71157	10,69376	10,75054
Totales Circuito W_T	W/m		32,15587	
Longitud de la ruta L	m	573,078	573,078	573,078
Totales Circuito W_T	W		18.427,82	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,36334	0,36334	0,36334
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,11415	0,11415	0,11415
Inductancia del conductor L	mH/km	0,56190	0,56190	0,56190
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,17653	0,17653	0,17653
Reactancia capacitiva X_C	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08034	0,08034	0,08033
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08194	0,08194	0,08194
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 1

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos ϕ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	81,9005	81,8558	81,9983
Longitud de la ruta L	m	573,078	573,078	573,078
Caída de tensión V_d	V	46,93535	46,90974	46,99141

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,06825 + j 0,11415	0,06811 + j 0,11415	0,06853 + j 0,11415
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,13299	0,13292	0,13314
Impedancia de onda $ Z_{sl} $	Ω/km	48,417	48,417	48,417
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02121 + j 0,17653	0,02117 + j 0,17653	0,02129 + j 0,17653
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0212 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765	0,0213 - j 0,1765
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,17779	0,17779	0,17781
Admitancia Y	S/km	0,6708 + j -5,5843	0,6696 + j -5,5846	0,6736 + j -5,5836
Admitancia $ Y $	S/km	5,62446	5,62461	5,62412
Conductancia G	S/km	0,67084	0,66960	0,67356
Susceptancia B	S/km	-5,58431	-5,58461	-5,58364
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10087	0,10087	0,10087
Admitancia Y	S/km	7,8961 + j -5,9950	7,8961 + j -5,9949	7,8962 + j -5,9952
Admitancia $ Y $	S/km	9,91410	9,91403	9,91424
Conductancia G	S/km	7,89614	7,89612	7,89619
Susceptancia B	S/km	-5,99502	-5,99494	-5,99519
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10215	0,10215	0,10215
Admitancia Y	S/km	7,8961 + j -5,9950	7,8961 + j -5,9949	7,8962 + j -5,9952
Admitancia $ Y $	S/km	9,78971	9,78964	9,78985
Conductancia G	S/km	7,85291	7,85289	7,85296
Susceptancia B	S/km	-5,84552	-5,84544	-5,84569

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 1
Tensiones inducidas
Corrientes de cortocircuito

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla
Cable 1
Cable 2
Cable 3

Corriente circulante en la pantalla I_s	A	0,00	0,00	0,00
Regimen permanente	V/m	0,0761	0,0761	0,0761
Fallo trifásico simétrico	V/m	4,56585	4,56585	4,56585
Fallo fase-fase	V/m	4,56585	4,56585	0,00000
Fallo fase-tierra	V/m	15,06661	10,64383	10,64383
Fallos internos a la conexión	V/m	16,69849	16,69849	16,69849

Sobretensión pantalla @ 573m
Max

Regimen permanente	V	43,598
Fallo trifásico simétrico	V	2.616,230
Fallo fase-fase	V	2.616,230
Fallo fase-tierra	V	8.633,165
Fallos internos a la conexión	V	9.568,234
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	≥ kV	9,568

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 2

Características de la conexión

Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250		
Frecuencia f	Hz	50	
U _o	kV	127	
U	kV	220	
U _m	kV	245	
U _p	kV	1.050	
cos φ		0,958	
Factor de carga	%	100	
Longitud de la ruta	m	573,078	
Conexión de pantallas	Single Point		
L1 m 573			

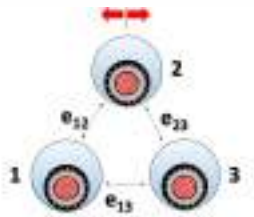
Características de la instalación

Circuitos	2
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba
Tipo de cable	Cables desigualmente cargados y de construcción diferente
Terreno	No existe desecación del suelo
Temperatura del terreno θ _a	°C 25
Resistividad térmica del terreno ρ _T	K.m/W 1,5

Condiciones de instalación	Cables en zanja	
Profundidad Zanja P	mm	1.450
Ancho Zanja W	mm	1.800

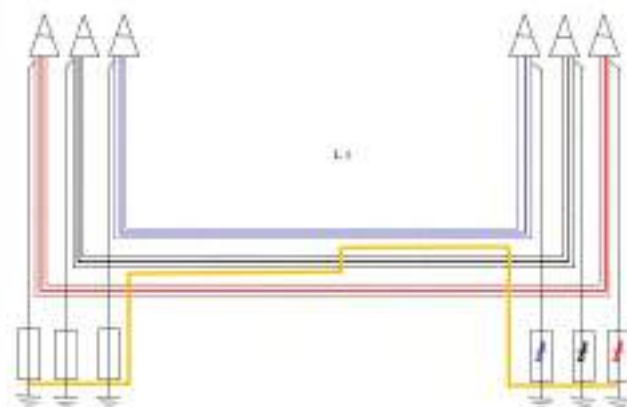
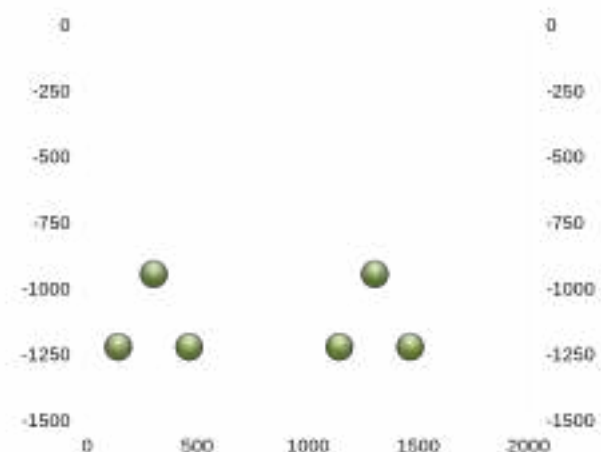
Material	Tubular PE	
Ø _{EXT}	mm	250
Ø _{INT}	mm	220
Centro X		
Centro Y		
Nº de cables dentro	1	

Prisma hormigón	Sí	
Profundidad P	mm	1.450
Alto H	mm	825
Ancho W	mm	1.800
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c	K.m/W	0,85
Nº de cables en el bloque	6	

	e12	mm	70	Cable 1 X	mm	1140,0
	e23	mm	70	Cable 2 X	mm	1300,0
	e13	mm	70,00	Cable 3 X	mm	1460,0
	S12	mm	320,0	Cable 1 Y	mm	1225,0
	S23	mm	320,0	Cable 2 Y	mm	947,9
	S13	mm	320,0	Cable 3 Y	mm	1225,0
	GMD	mm	320,00	Centro X	mm	1300,0
				Centro Y	mm	1132,6
	Transposición	Cables sin transposición a)				

Circuito: 2

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	---	1,87
Constante V		---	---	0,312
Constante V		---	---	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	---	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	52,6	50,9	51,4
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	48,6	46,9	47,5
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	48,1	46,4	47,0
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	45,0	43,3	43,8
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	---	---	---
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	14,94	13,61	13,77
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000021044	0,000020913	0,000020954
X_s		1,22184	1,22565	1,22446
Factor de efecto pelicular γ_s		0,01150	0,01164	0,01160
X_p		0,94643	0,94938	0,94846
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00043	0,00043	0,00043
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000021295	0,000021166	0,000021206
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000068535	0,000068114	0,000068245
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 2

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000114146	0,000114146	0,000114146
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00000	0,00000	0,00000
λ_0		0,00035	0,00035	0,00035
Δ_1		0,01465	0,01464	0,01464
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		111,63	111,98	111,87
g_s		1,00019	1,00019	1,00019
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,00785	0,00795	0,00792
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,00785	0,00795	0,00792
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,28828	0,29159	0,29056
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,07121	0,07121	0,07121
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	---	---	---
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	---	---	---
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40218	0,36725	0,40218
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	0,74607	0,74607	0,74607
Nº de cables en el bloque		6	6	6
L_G	mm	1.037,50	1.037,50	1.037,50
r_b	mm	572,05	572,05	572,05
u		1,8136	1,8136	1,8136
Resistencia térmica externa T_4		0,76225	0,73055	0,76425
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_c	W/m	9,46176	9,40444	9,42231
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,07432	0,07478	0,07463
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_l	W/m	9,53608	9,47921	9,49695
Totales W_T	W/m	10,75062	10,69376	10,71149
Totales Circuito W_T	W/m		32,15586	
Longitud de la ruta L	m	573,078	573,078	573,078
Totales Circuito W_T	W		18.427,82	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,36334	0,36334	0,36334
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,11415	0,11415	0,11415
Inductancia del conductor L	mH/km	0,56190	0,56190	0,56190
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,17653	0,17653	0,17653
Reactancia capacitiva X_c	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08033	0,08034	0,08034
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08194	0,08194	0,08194
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 2

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos ϕ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	81,9985	81,8558	81,9003
Longitud de la ruta L	m	573,078	573,078	573,078
Caída de tensión V_d	V	46,99152	46,90974	46,93524

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,06853 + j 0,11415	0,06811 + j 0,11415	0,06824 + j 0,11415
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,13314	0,13292	0,13299
Impedancia de onda $ Z_{sl} $	Ω/km	48,417	48,417	48,417
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02129 + j 0,17653	0,02117 + j 0,17653	0,02121 + j 0,17653
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0213 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,17781	0,17779	0,17779
Admitancia Y	S/km	0,6736 + j -5,5836	0,6696 + j -5,5846	0,6708 + j -5,5843
Admitancia $ Y $	S/km	5,62412	5,62461	5,62446
Conductancia G	S/km	0,67357	0,66960	0,67084
Susceptancia B	S/km	-5,58364	-5,58461	-5,58431
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10087	0,10087	0,10087
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9952	7,8961 + j -5,9949	7,8961 + j -5,9950
Admitancia $ Y $	S/km	9,91424	9,91403	9,91410
Conductancia G	S/km	7,89619	7,89612	7,89614
Susceptancia B	S/km	-5,99519	-5,99494	-5,99502
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10215	0,10215	0,10215
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9952	7,8961 + j -5,9949	7,8961 + j -5,9950
Admitancia $ Y $	S/km	9,78985	9,78964	9,78971
Conductancia G	S/km	7,85296	7,85289	7,85291
Susceptancia B	S/km	-5,84569	-5,84544	-5,84552

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 2
Tensiones inducidas
Corrientes de cortocircuito

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla
Cable 1
Cable 2
Cable 3

Corriente circulante en la pantalla I_s	A	0,00	0,00	0,00
Regimen permanente	V/m	0,0761	0,0761	0,0761
Fallo trifásico simétrico	V/m	4,56585	4,56585	4,56585
Fallo fase-fase	V/m	4,56585	4,56585	0,00000
Fallo fase-tierra	V/m	15,06661	10,64383	10,64383
Fallos internos a la conexión	V/m	16,69849	16,69849	16,69849

Sobretensión pantalla @ 573m
Max

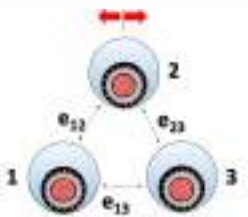
Regimen permanente	V	43,598
Fallo trifásico simétrico	V	2.616,230
Fallo fase-fase	V	2.616,230
Fallo fase-tierra	V	8.633,165
Fallos internos a la conexión	V	9.568,234
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	$\geq$ kV	9,568

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 1

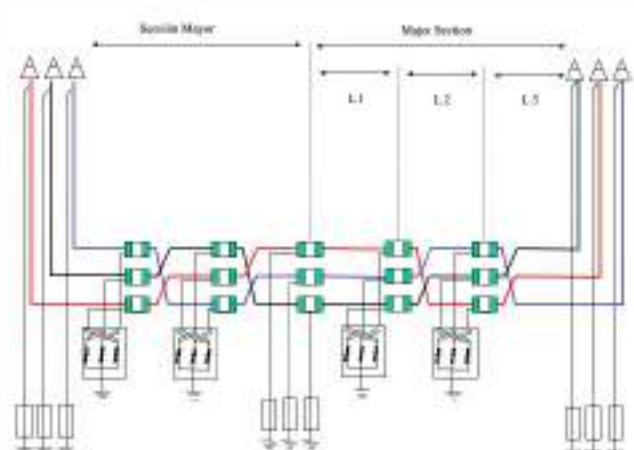
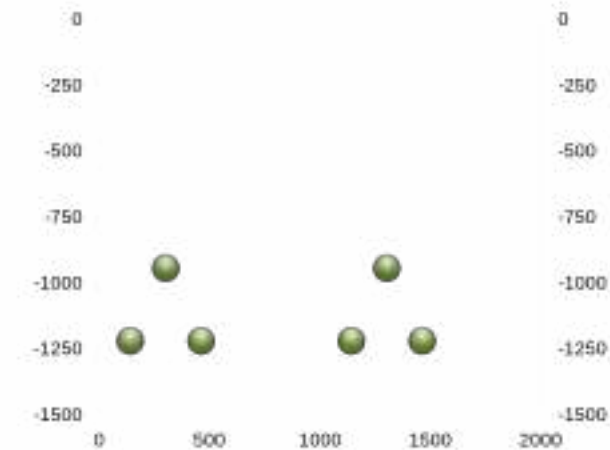
Características de la conexión			
Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250		
Frecuencia f	Hz		50
U _o	kV		127
U	kV		220
U _m	kV		245
U _p	kV		1.050
cos φ			0,958
Factor de carga	%		100
Longitud de la ruta	m		2.625,409
Conexión de pantallas	Cross bonded - Secciones desequilibradas desconocidas -		
	L1	m	438

Características de la instalación			
Circuitos			2
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba		
Tipo de cable	Cables desigualmente cargados y de construcción diferente		
Terreno	No existe desecación del suelo		
Temperatura del terreno θ _a	°C		25
Resistividad térmica del terreno ρ _T	K.m/W		1,5

Condiciones de instalación				Cables en zanja		
Profundidad Zanja P				mm	1.450	
Ancho Zanja W				mm	1.800	
				Tubular		
Material				PE		
Ø _{EXT}				mm	250	
Ø _{INT}				mm	220	
Centro X						
Centro Y						
Nº de cables dentro				1		
Prisma hormigón				Sí		
Profundidad P				mm	1.450	
Alto H				mm	825	
Ancho W				mm	1.800	
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c				K.m/W	0,85	
Nº de cables en el bloque				6		
	e12	mm	70	Cable 1 X	mm	140,0
	e23	mm	70	Cable 2 X	mm	300,0
	e13	mm	70,00	Cable 3 X	mm	460,0
	S12	mm	320,0	Cable 1 Y	mm	1225,0
	S23	mm	320,0	Cable 2 Y	mm	947,9
	S13	mm	320,0	Cable 3 Y	mm	1225,0
	GMD	mm	320,00	Centro X	mm	300,0
				Centro Y	mm	1132,6
Transposición	Cables sin transposición a)					

Circuito: 1

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	---	1,87
Constante V		---	---	0,312
Constante V		---	---	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	---	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	51,6	51,0	52,8
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	47,6	47,1	48,8
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	47,1	46,6	48,3
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	44,0	43,4	45,1
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	---	---	---
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	13,85	13,69	15,03
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000020966	0,000020925	0,000021056
X_s		1,22411	1,22531	1,22148
Factor de efecto pelicular γ_s		0,01159	0,01163	0,01149
X_p		0,94819	0,94912	0,94615
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00043	0,00043	0,00043
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000021218	0,000021177	0,000021307
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000068284	0,000068151	0,000068575
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 1

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000114146	0,000114146	0,000114146
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00948	0,00949	0,00946
λ_0		0,00035	0,00035	0,00035
Δ_1		0,01464	0,01464	0,01465
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		111,84	111,95	111,60
g_s		1,00019	1,00019	1,00019
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,00791	0,00794	0,00785
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,01739	0,01743	0,01730
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,29030	0,29135	0,28808
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,07121	0,07121	0,07121
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	---	---	---
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	---	---	---
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40218	0,36725	0,40218
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	0,74607	0,74607	0,74607
Nº de cables en el bloque		6	6	6
L_G	mm	1.037,50	1.037,50	1.037,50
r_b	mm	572,05	572,05	572,05
u		1,8136	1,8136	1,8136
Resistencia térmica externa T_4		0,76422	0,73032	0,76178
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_c	W/m	9,42760	9,40949	9,46724
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,16397	0,16403	0,16383
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_l	W/m	9,59157	9,57352	9,63107
Totales W_T	W/m	10,80611	10,78806	10,84561
Totales Circuito W_T	W/m		32,43978	
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Totales Circuito W_T	W		85.167,69	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,36334	0,36334	0,36334
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,11415	0,11415	0,11415
Inductancia del conductor L	mH/km	0,56190	0,56190	0,56190
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,17653	0,17653	0,17653
Reactancia capacitiva X_c	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08034	0,08034	0,08033
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08194	0,08194	0,08194
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 1

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos ϕ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	81,9134	81,8683	82,0121
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Caída de tensión V_d	V	215,05627	214,93789	215,31531

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,06828 + j 0,11415	0,06815 + j 0,11415	0,06857 + j 0,11415
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,13301	0,13294	0,13316
Impedancia de onda $ Z_{sl} $	Ω/km	48,417	48,417	48,417
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02122 + j 0,17653	0,02118 + j 0,17653	0,02131 + j 0,17653
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0212 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765	0,0213 - j 0,1765
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,17780	0,17779	0,17781
Admitancia Y	S/km	0,6712 + j -5,5842	0,6700 + j -5,5845	0,6739 + j -5,5835
Admitancia $ Y $	S/km	5,62441	5,62456	5,62407
Conductancia G	S/km	0,67120	0,66995	0,67395
Susceptancia B	S/km	-5,58422	-5,58452	-5,58355
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10087	0,10087	0,10086
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9950	7,8961 + j -5,9950	7,8962 + j -5,9952
Admitancia $ Y $	S/km	9,91412	9,91405	9,91426
Conductancia G	S/km	7,89615	7,89613	7,89620
Susceptancia B	S/km	-5,99504	-5,99496	-5,99521
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10215	0,10215	0,10215
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9950	7,8961 + j -5,9950	7,8962 + j -5,9952
Admitancia $ Y $	S/km	9,78973	9,78966	9,78987
Conductancia G	S/km	7,85292	7,85289	7,85297
Susceptancia B	S/km	-5,84555	-5,84547	-5,84572

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 1
Tensiones inducidas
Corrientes de cortocircuito

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Corriente circulante en la pantalla I_s	A	49,00	49,06	48,88
Regimen permanente	V/m	0,0761	0,0761	0,0761
Fallo trifásico simétrico	V/m	4,56585	4,56585	4,56585
Fallo fase-fase	$\leq$ V/m	4,56585	4,56585	0,00000
Fallo fase-tierra	$V_{12} / V_{23} / V_{31}$ V/m	4,56585	0,00000	-4,56585
Fallos internos a la conexión	$\leq$ V/m	4,56585	0,00000	-4,56585

Sobretensión pantalla @ 438m
Max

Regimen permanente	V	33,326
Fallo trifásico simétrico	V	1.999,841
Fallo fase-fase	V	1.999,841
Fallo fase-tierra	V	1.999,841
Fallos internos a la conexión	V	1.999,841
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	$\geq$ kV	2,000

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 2
Características de la conexión

Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250		
Frecuencia f	Hz	50	
U _o	kV	127	
U	kV	220	
U _m	kV	245	
U _p	kV	1.050	
cos φ		0,958	
Factor de carga	%	100	
Longitud de la ruta	m	2.625,409	
Conexión de pantallas	Cross bonded - Secciones desequilibradas desconocidas -		
	L1	m	438

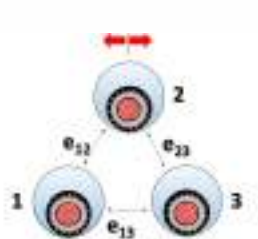

Características de la instalación

Circuitos		2
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba	
Tipo de cable	Cables desigualmente cargados y de construcción diferente	
Terreno	No existe desecación del suelo	
Temperatura del terreno θ_a	°C	25
Resistividad térmica del terreno ρ_T	K.m/W	1,5

Condiciones de instalación	Cables en zanja	
Profundidad Zanja P	mm	1.450
Ancho Zanja W	mm	1.800

Material	Tubular	
	PE	
Ø _{EXT}	mm	250
Ø _{INT}	mm	220
Centro X		
Centro Y		
Nº de cables dentro		1

Prisma hormigón	Sí	
Profundidad P	mm	1.450
Alto H	mm	825
Ancho W	mm	1.800
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c	K.m/W	0,85
Nº de cables en el bloque		6



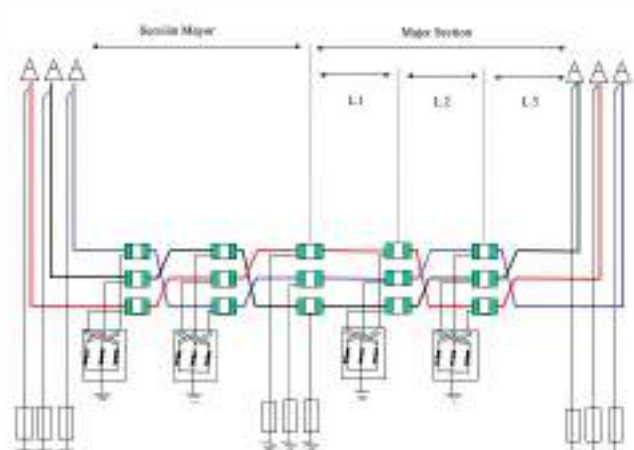
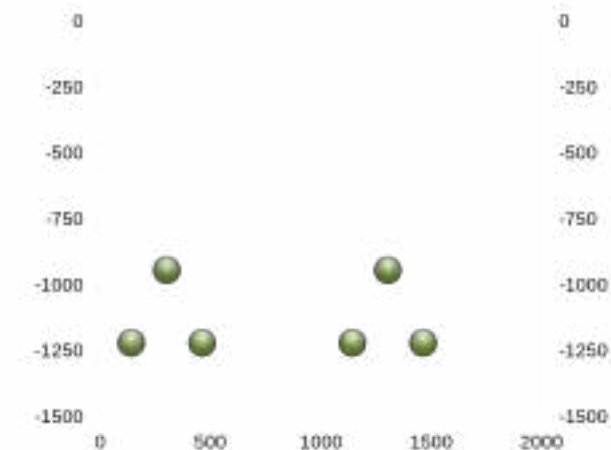
e12	mm	70
e23	mm	70
e13	mm	70,00
S12	mm	320,0
S23	mm	320,0
S13	mm	320,0
GMD	mm	320,00

Cable 1 X	mm	1140,0
Cable 2 X	mm	1300,0
Cable 3 X	mm	1460,0
Cable 1 Y	mm	1225,0
Cable 2 Y	mm	947,9
Cable 3 Y	mm	1225,0
Centro X	mm	1300,0
Centro Y	mm	1132,6

Transposición Cables sin transposición a)

Circuito: 2

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	---	1,87
Constante V		---	---	0,312
Constante V		---	---	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	---	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	52,8	51,0	51,6
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	48,8	47,1	47,6
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	48,3	46,6	47,1
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	45,2	43,4	44,0
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	---	---	---
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	15,03	13,69	13,85
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000021056	0,000020925	0,000020966
X_s		1,22147	1,22531	1,22411
Factor de efecto pelicular γ_s		0,01149	0,01163	0,01159
X_p		0,94615	0,94912	0,94819
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00043	0,00043	0,00043
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000021307	0,000021177	0,000021218
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000068575	0,000068151	0,000068283
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 2

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000114146	0,000114146	0,000114146
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00946	0,00949	0,00948
λ_0		0,00035	0,00035	0,00035
Δ_1		0,01465	0,01464	0,01464
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		111,60	111,95	111,84
g_s		1,00019	1,00019	1,00019
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,00785	0,00794	0,00791
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,01730	0,01743	0,01739
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,28802	0,29135	0,29032
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,07121	0,07121	0,07121
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	---	---	---
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	---	---	---
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40218	0,36725	0,40218
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	0,74607	0,74607	0,74607
Nº de cables en el bloque		6	6	6
L_G	mm	1.037,50	1.037,50	1.037,50
r_b	mm	572,05	572,05	572,05
u		1,8136	1,8136	1,8136
Resistencia térmica externa T_4		0,76199	0,73032	0,76401
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_c	W/m	9,46732	9,40949	9,42752
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,16383	0,16403	0,16397
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_I	W/m	9,63114	9,57352	9,59149
Totales W_T	W/m	10,84569	10,78806	10,80603
Totales Circuito W_T	W/m		32,43978	
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Totales Circuito W_T	W		85.167,69	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,36334	0,36334	0,36334
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,11415	0,11415	0,11415
Inductancia del conductor L	mH/km	0,56190	0,56190	0,56190
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,17653	0,17653	0,17653
Reactancia capacitiva X_C	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08033	0,08034	0,08034
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08194	0,08194	0,08194
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 2

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos φ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	82,0123	81,8683	81,9132
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Caída de tensión V_d	V	215,31581	214,93789	215,05575

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,06858 + j 0,11415	0,06815 + j 0,11415	0,06828 + j 0,11415
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,13316	0,13294	0,13301
Impedancia de onda $ Z_{sl} $	Ω/km	48,417	48,417	48,417
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02131 + j 0,17653	0,02118 + j 0,17653	0,02122 + j 0,17653
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0213 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765	0,0212 - j 0,1765
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,17781	0,17779	0,17780
Admitancia Y	S/km	0,6740 + j -5,5835	0,6700 + j -5,5845	0,6712 + j -5,5842
Admitancia $ Y $	S/km	5,62407	5,62456	5,62441
Conductancia G	S/km	0,67395	0,66995	0,67120
Susceptancia B	S/km	-5,58355	-5,58452	-5,58422
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10086	0,10087	0,10087
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9952	7,8961 + j -5,9950	7,8962 + j -5,9950
Admitancia $ Y $	S/km	9,91426	9,91405	9,91412
Conductancia G	S/km	7,89620	7,89613	7,89615
Susceptancia B	S/km	-5,99521	-5,99496	-5,99504
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10215	0,10215	0,10215
Admitancia Y	S/km	7,8962 + j -5,9952	7,8961 + j -5,9950	7,8962 + j -5,9950
Admitancia $ Y $	S/km	9,78987	9,78966	9,78973
Conductancia G	S/km	7,85297	7,85289	7,85292
Susceptancia B	S/km	-5,84572	-5,84547	-5,84555

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 2
Tensiones inducidas
Corrientes de cortocircuito

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla
Cable 1
Cable 2
Cable 3

Corriente circulante en la pantalla I_s	A	48,88	49,06	49,00
Regimen permanente	V/m	0,0761	0,0761	0,0761
Fallo trifásico simétrico	V/m	4,56585	4,56585	4,56585
Fallo fase-fase	$\leq$ V/m	4,56585	4,56585	0,00000
Fallo fase-tierra	$V_{12} / V_{23} / V_{31}$ V/m	4,56585	0,00000	-4,56585
Fallos internos a la conexión	$\leq$ V/m	4,56585	0,00000	-4,56585

Sobretensión pantalla @ 438m
Max

Regimen permanente	V	33,326
Fallo trifásico simétrico	V	1.999,841
Fallo fase-fase	V	1.999,841
Fallo fase-tierra	V	1.999,841
Fallos internos a la conexión	V	1.999,841
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	$\geq$ kV	2,000

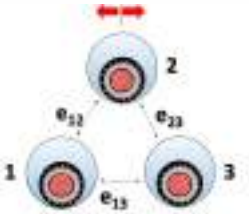
Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 1

Características de la conexión				
Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250			
Frecuencia f		Hz		50
U _o		kV		127
U		kV		220
U _m		kV		245
U _p		kV		1.050
cos φ				0,958
Factor de carga		%		100
Longitud de la ruta		m		2.625,409
Conexión de pantallas	Cross bonded - Secciones desequilibradas desconocidas -			
	L1	m	438	
	L2	m		
	L3	m		

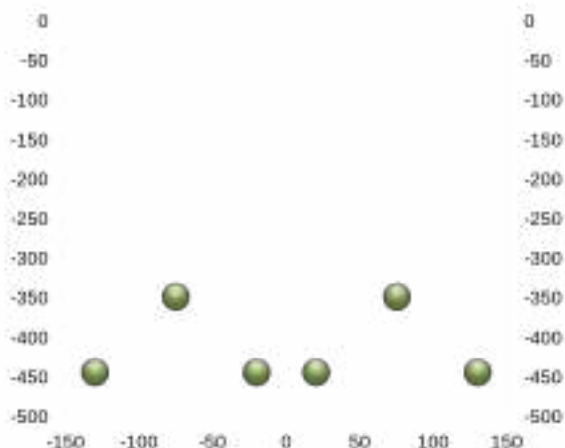
Características de la instalación				
Circuitos				2
Disposición de los cables				Tresbolillo vértice hacia arriba
Tipo de cable				Cables desigualmente cargados y de construcción diferente
Terreno				No existe desecación del suelo
Temperatura del terreno θ _a		°C		25
Resistividad térmica del terreno ρ _T		K.m/W		1,5

Condiciones de instalación			Perforación horizontal	
Profundidad Zanja P		mm		4.000
Ancho Zanja W		mm		1.800
			Vaina	Tubular
Material			PVC	PE
Ø _{EXT}	mm	250	mm	110
Ø _{INT}	mm	220	mm	90
Centro X	mm	-75		
Centro Y	mm	350		
Nº de cables dentro		3		1
Prisma hormigón				No
Profundidad P			mm	---
Alto H			mm	---
Ancho W			mm	---
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c			K.m/W	---
Nº de cables en el bloque				---

	e12	mm	0	Cable 1 X	mm	-130,0
	e23	mm	0	Cable 2 X	mm	-75,0
	e13	mm	0,00	Cable 3 X	mm	-20,0
	S12	mm	110,0	Cable 1 Y	mm	445,3
	S23	mm	110,0	Cable 2 Y	mm	350,0
	S13	mm	110,0	Cable 3 Y	mm	445,3
	GMD	mm	110,00	Centro X	mm	-75,0
				Centro Y	mm	413,5
Transposición	Cables sin transposición a)					

Circuito: 1

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	1,87	1,87
Constante V		---	0,312	0,312
Constante V		---	0,0037	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	6	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	77,3	77,3	77,3
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	73,0	73,0	73,0
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	72,4	72,4	72,4
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	67,5	67,5	67,5
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	55,9	55,9	55,9
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	13,63	13,63	13,63
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000022895	0,000022895	0,000022895
X_s		1,17140	1,17140	1,17140
Factor de efecto pelicular γ_s		0,00973	0,00973	0,00973
X_p		0,90736	0,90736	0,90736
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00312	0,00312	0,00312
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000023189	0,000023189	0,000023189
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000074502	0,000074502	0,000074502
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 1

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000047052	0,000047052	0,000047052
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00366	0,00366	0,00366
λ_0		0,00247	0,00247	0,00247
Δ_1		0,09224	0,09224	0,09224
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		107,02	107,02	107,02
g_s		1,00018	1,00018	1,00018
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,06043	0,06043	0,06043
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,06409	0,06409	0,06409
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,25140	0,25140	0,25140
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,11178	0,11178	0,11178
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	0,27879	0,27879	0,27879
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	0,12207	0,12207	0,12207
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40328	0,40328	0,40328
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	---	---	---
Nº de cables en el bloque		---	---	---
L_G	mm	---	---	---
r_b	mm	---	---	---
u		---	---	---
Resistencia térmica externa T_4		2,77559	2,77559	2,77559
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_C	W/m	10,30353	10,30353	10,30353
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,66037	0,66037	0,66037
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_I	W/m	10,96390	10,96390	10,96390
Totales W_T	W/m	12,17844	12,17844	12,17844
Totales Circuito W_T	W/m		36,53532	
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Totales Circuito W_T	W		95.920,16	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,14977	0,14977	0,14977
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,04705	0,04705	0,04705
Inductancia del conductor L	mH/km	0,34833	0,34833	0,34833
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,10943	0,10943	0,10943
Reactancia capacitiva X_C	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08030	0,08030	0,08030
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08190	0,08190	0,08190
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 1

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos ϕ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	61,8798	61,8798	61,8798
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Caída de tensión V_d	V	162,45978	162,45978	162,45978

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,07450 + j 0,04705	0,07450 + j 0,04705	0,07450 + j 0,04705
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,08812	0,08812	0,08812
Impedancia de onda $ Z_{SI} $	Ω/km	38,121	38,121	38,121
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02319 + j 0,10943	0,02319 + j 0,10943	0,02319 + j 0,10943
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0232 - j 0,1094	0,0232 - j 0,1094	0,0232 - j 0,1094
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,11186	0,11186	0,11186
Admitancia Y	S/km	1,8532 + j -8,7454	1,8532 + j -8,7454	1,8532 + j -8,7454
Admitancia $ Y $	S/km	8,93964	8,93964	8,93964
Conductancia G	S/km	1,85321	1,85321	1,85321
Susceptancia B	S/km	-8,74544	-8,74544	-8,74544
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10084	0,10084	0,10084
Admitancia Y	S/km	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983
Admitancia $ Y $	S/km	9,91682	9,91682	9,91682
Conductancia G	S/km	7,89706	7,89706	7,89706
Susceptancia B	S/km	-5,99831	-5,99831	-5,99831
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10212	0,10212	0,10212
Admitancia Y	S/km	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983
Admitancia $ Y $	S/km	9,79243	9,79243	9,79243
Conductancia G	S/km	7,85389	7,85389	7,85389
Susceptancia B	S/km	-5,84878	-5,84878	-5,84878

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 1
Tensiones inducidas
Corrientes de cortocircuito

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla
Cable 1
Cable 2
Cable 3

Corriente circulante en la pantalla I_s	A	94,15	94,15	94,15
Regimen permanente	V/m	0,0314	0,0314	0,0314
Fallo trifásico simétrico	V/m	1,88207	1,88207	1,88207
Fallo fase-fase	$\leq$ V/m	1,88207	1,88207	0,00000
Fallo fase-tierra	$V_{12} / V_{23} / V_{31}$ V/m	1,88207	0,00000	-1,88207
Fallos internos a la conexión	$\leq$ V/m	1,88207	0,00000	-1,88207

Sobretensión pantalla @ 438m
Max

Regimen permanente	V	13,737
Fallo trifásico simétrico	V	824,347
Fallo fase-fase	V	824,347
Fallo fase-tierra	V	824,347
Fallos internos a la conexión	V	824,347
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	$\geq$ kV	0,824

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Circuito: 2

Características de la conexión

Cable	RHZ1+2OL 127/220 kV 1x1600 MAI+H250		
Frecuencia f		Hz	50
U _o		kV	127
U		kV	220
U _m		kV	245
U _p		kV	1.050
cos φ			0,958
Factor de carga		%	100
Longitud de la ruta		m	2.625,409
Conexión de pantallas	Cross bonded - Secciones desequilibradas desconocidas -		
	L1	m	438
	L2	m	
	L3	m	

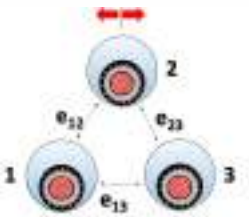
Características de la instalación

Circuitos	2		
Disposición de los cables	Tresbolillo vértice hacia arriba		
Tipo de cable	Cables desigualmente cargados y de construcción diferente		
Terreno	No existe desecación del suelo		
Temperatura del terreno θ _a		°C	25
Resistividad térmica del terreno ρ _T		K.m/W	1,5

Condiciones de instalación	Perforación horizontal	
Profundidad Zanja P	mm	4.000
Ancho Zanja W	mm	1.800

Material			Vaina		Tubular	
			PVC		PE	
Ø _{EXT}	mm		250	mm	110	
Ø _{INT}	mm		220	mm	90	
Centro X	mm		75			
Centro Y	mm		350			
Nº de cables dentro			3		1	

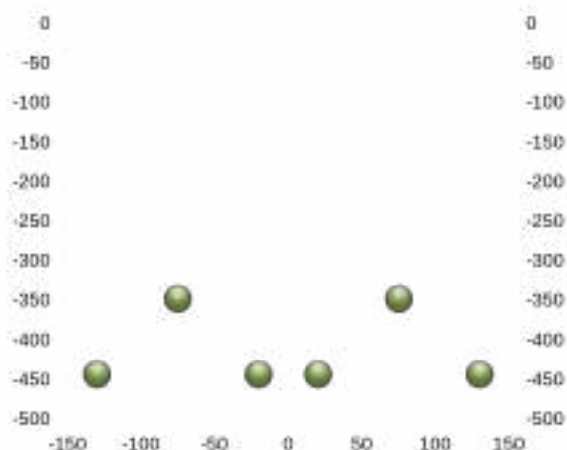
Prisma hormigón	No		
Profundidad P		mm	---
Alto H		mm	---
Ancho W		mm	---
Resistividad térmica Prisma hormigón ρ _c		K.m/W	---
Nº de cables en el bloque			---

	e12	mm	0	Cable 1 X	mm	20,0
	e23	mm	0	Cable 2 X	mm	75,0
	e13	mm	0,00	Cable 3 X	mm	130,0
	S12	mm	110,0	Cable 1 Y	mm	445,3
	S23	mm	110,0	Cable 2 Y	mm	350,0
	S13	mm	110,0	Cable 3 Y	mm	445,3
	GMD	mm	110,00	Centro X	mm	75,0
				Centro Y	mm	413,5

Transposición	Cables sin transposición a)
---------------	-----------------------------

Circuito: 2

Esquema de la instalación



		Gran vaina / Carcasa	Vaina	Tubular
Constante U		---	1,87	1,87
Constante V		---	0,312	0,312
Constante V		---	0,0037	0,0037
Resistividad térmica	K.m/W	---	6	3,5
Temperaturas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Maxima temperatura de servicio	°C	90	90	90
Temperatura del conductor θ_c	°C	77,3	77,3	77,3
Temperatura pantalla θ_{sc}	°C	73,0	73,0	73,0
Temperatura de la superficie del cable θ_o	°C	72,4	72,4	72,4
Temperatura media en el conducto / tubular θ_m	°C	67,5	67,5	67,5
Temperatura media en la vaina θ_m	°C	55,9	55,9	55,9
Temperatura media en la gran vaina / carcasa θ_m	°C	---	---	---
Temperatura del terreno θ_a	°C	25,0	25,0	25,0
Temperatura crítica θ_x	°C	---	---	---
Calentamiento debido a los otros cables del grupo $\Delta\theta_x$	°C	13,63	13,63	13,63
Intensidad admisible		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Considerar las pérdidas dieléctricas?		Sí	Sí	Sí
Intensidad admisible I	A	666,58	666,58	666,58
Potencia admisible P	MVA	254,00	254,00	254,00
Potencia admisible P	MW	243,33	243,33	243,33
Resistencia del conductor en ca		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_0	Ω/m	0,000018600	0,000018600	0,000018600
Resistencia en cc @ θ_c R'	Ω/m	0,000022895	0,000022895	0,000022895
X_s		1,17140	1,17140	1,17140
Factor de efecto pelicular γ_s		0,00973	0,00973	0,00973
X_p		0,90736	0,90736	0,90736
Factor de efecto proximidad γ_p		0,00312	0,00312	0,00312
Resistencia del conductor en ca @ θ_c °C R	Ω/m	0,000023189	0,000023189	0,000023189
Resistencia de la pantalla		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Resistencia cc @ 20°C R_{s0}	Ω/m	0,000061520	0,000061520	0,000061520
Resistencia de la pantalla @ θ_{sc} R_s	Ω/m	0,000074502	0,000074502	0,000074502
Factor de pérdidas en la armadura λ_2		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Factor de pérdidas en la armadura λ_2	Ω/m	0,00000	0,00000	0,00000

Circuito: 2

Factor de pérdidas en la pantalla λ_1		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Reactancia de la pantalla X	Ω/m	0,000047052	0,000047052	0,000047052
Reactancia de la pantalla X_1	Ω/m	---	---	---
Reactancia mutua X_m	Ω/m	---	---	---
Debidas a las corrientes de circulación λ'_1		0,00366	0,00366	0,00366
λ_0		0,00247	0,00247	0,00247
Δ_1		0,09224	0,09224	0,09224
Δ_2		0,00000	0,00000	0,00000
β_1		107,02	107,02	107,02
g_s		1,00018	1,00018	1,00018
Debidas a las corrientes de Foucault λ''_1		0,06043	0,06043	0,06043
Factor de pérdidas en la pantalla $\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$		0,06409	0,06409	0,06409
Resistencias térmicas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Entre conductor y pantalla T_1	K.m/W	0,39227	0,39227	0,39227
Entre pantalla y armadura T_2	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
De la cubierta externa T_3	K.m/W	0,04792	0,04792	0,04792
Del espacio de aire en el interior de la tubular T'_{4d}	K.m/W	0,25141	0,25141	0,25141
Propia de la tubular T''_{4d}	K.m/W	0,11178	0,11178	0,11178
Del espacio de aire en el interior de la vaina T'_{4p}	K.m/W	0,27879	0,27879	0,27879
Propia de la vaina T''_{4p}	K.m/W	0,12207	0,12207	0,12207
Del espacio de aire en el interior de la carcasa T'_{4c}	K.m/W	---	---	---
Propia de la carcasa T''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de la carcasa T'''_{4c}	K.m/W	---	---	---
Externa de un cable o un conducto T'''_{4d}	K.m/W	0,40328	0,40328	0,40328
Causada por el calentamiento de otros cables ΔT_4	K.m/W	0,00000	0,00000	0,00000
Corrección para T4 Prisma hormigón	K.m/W	---	---	---
Nº de cables en el bloque		---	---	---
L_G	mm	---	---	---
r_b	mm	---	---	---
u		---	---	---
Resistencia térmica externa T_4		2,77560	2,77560	2,77560
Pérdidas		Cable 1	Cable 2	Cable 3
En el conductor W_C	W/m	10,30353	10,30353	10,30353
En el dieléctrico W_d	W/m	1,21454	1,21454	1,21454
En la pantalla W_s	W/m	0,66037	0,66037	0,66037
En la armadura W_a	W/m	0,00000	0,00000	0,00000
Pérdidas totales por efecto Joule W_I	W/m	10,96389	10,96389	10,96389
Totales W_T	W/m	12,17844	12,17844	12,17844
Totales Circuito W_T	W/m		36,53531	
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Totales Circuito W_T	W		95.920,13	
Inductancias y Reactancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Capacidad del cable C	$\mu F/km$	0,23969	0,23969	0,23969
Inductancia de la pantalla L_s	mH/km	0,14977	0,14977	0,14977
Reactancia de la pantalla X_s	Ω/km	0,04705	0,04705	0,04705
Inductancia del conductor L	mH/km	0,34833	0,34833	0,34833
Reactancia inductiva X_L	Ω/km	0,10943	0,10943	0,10943
Reactancia capacitiva X_C	Ω/km	13.279,9	13.279,9	13.279,9
Resistencia homopolar R_0 @ 20°C	Ω/km	0,08030	0,08030	0,08030
Resistencia homopolar R_0 @ 25°C	Ω/km	0,08190	0,08190	0,08190
Reactancia homopolar X_0	Ω/km	0,06099	0,06099	0,06099

Circuito: 2

Caída de tensión		Cable 1	Cable 2	Cable 3
cos ϕ		0,958	0,958	0,958
Caída de tensión V_d	V/km	61,8798	61,8798	61,8798
Longitud de la ruta L	m	2.625,409	2.625,409	2.625,409
Caída de tensión V_d	V	162,45974	162,45974	162,45974

Impedancias		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia de la pantalla Z_s	Ω/km	0,07450 + j 0,04705	0,07450 + j 0,04705	0,07450 + j 0,04705
Impedancia de la pantalla $ Z_s $	Ω/km	0,08812	0,08812	0,08812
Impedancia de onda $ Z_{sl} $	Ω/km	38,121	38,121	38,121
Impedancia directa Z_+	Ω/km	0,02319 + j 0,10943	0,02319 + j 0,10943	0,02319 + j 0,10943
Impedancia inversa Z_-	Ω/km	0,0232 - j 0,1094	0,0232 - j 0,1094	0,0232 - j 0,1094
Impedancia de fase del cable $ Z $	Ω/km	0,11186	0,11186	0,11186
Admitancia Y	S/km	1,8532 + j -8,7454	1,8532 + j -8,7454	1,8532 + j -8,7454
Admitancia $ Y $	S/km	8,93964	8,93964	8,93964
Conductancia G	S/km	1,85321	1,85321	1,85321
Susceptancia B	S/km	-8,74544	-8,74544	-8,74544
Susceptancia capacitiva B	$\mu\text{S}/\text{km}$	-75,30181	-75,30181	-75,30181

Secuencia Homopolar		Cable 1	Cable 2	Cable 3
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610	0,0803 + j 0,0610
Impedancia homopolar $Z_0 @ 20^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10084	0,10084	0,10084
Admitancia Y	S/km	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983
Admitancia $ Y $	S/km	9,91682	9,91682	9,91682
Conductancia G	S/km	7,89706	7,89706	7,89706
Susceptancia B	S/km	-5,99831	-5,99831	-5,99831
Impedancia homopolar $Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610	0,0819 + j 0,0610
Impedancia homopolar $ Z_0 @ 25^\circ\text{C}$	Ω/km	0,10212	0,10212	0,10212
Admitancia Y	S/km	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983	7,8971 + j -5,9983
Admitancia $ Y $	S/km	9,79243	9,79243	9,79243
Conductancia G	S/km	7,85389	7,85389	7,85389
Susceptancia B	S/km	-5,84878	-5,84878	-5,84878

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

**Circuito: 2****Tensiones inducidas****Corrientes de cortocircuito**

Fallo trifásico simétrico I_{RMS}	A	40.000
Fallo fase-fase I_{12}	A	40.000
Fallo fase-tierra I_{1E}	A	40.000
Fallos internos a la conexión I_{1E}	A	40.000
Máxima tensión inducida permitida Regimen permanente E_{MAX}	V	100
Máxima tensión inducida permitida En caso de cortocircuito E_{MAX}	V	9.000

Sobretensión pantalla**Cable 1****Cable 2****Cable 3**

Corriente circulante en la pantalla I_s	A	94,15	94,15	94,15
Regimen permanente	V/m	0,0314	0,0314	0,0314
Fallo trifásico simétrico	V/m	1,88207	1,88207	1,88207
Fallo fase-fase	$\leq$ V/m	1,88207	1,88207	0,00000
Fallo fase-tierra	$V_{12} / V_{23} / V_{31}$ V/m	1,88207	0,00000	-1,88207
Fallos internos a la conexión	$\leq$ V/m	1,88207	0,00000	-1,88207

Sobretensión pantalla @ 438m**Max**

Regimen permanente	V	13,737
Fallo trifásico simétrico	V	824,347
Fallo fase-fase	V	824,347
Fallo fase-tierra	V	824,347
Fallos internos a la conexión	V	824,347
Tensión nominal del limitador de tensión (SVL)	$\geq$ kV	0,824

Los datos técnicos arriba mencionados son válidos únicamente bajo las condiciones indicadas. Los cambios de esas condiciones, así como otras instalaciones influyentes (cables adyacentes, otras fuentes de calor, etc.) solo se consideran en la medida en que también se indiquen específicamente.

Tabla 7. APOYOS DE LÍNEAS SITUADAS EN ZONAS B Y C (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)
Amarre de Alineación o Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:

1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10°C en zona B y -15°C en zona C.

Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

Tabla 8. APOYOS DE LÍNEAS SITUADAS EN ZONAS B Y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1ª HIPÓTESIS (Viento)	2ª HIPÓTESIS		3ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará: 1ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10°C en zona B y –15°C en zona C. Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.						

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

RECURSOS EMPLEADOS

RECURSOS EMPLEADOS



MatLab

Para el dimensionamiento y selección de los conductores aéreos y la realización de todos los cálculos eléctricos relativos a los tramos de línea aérea.



Microsoft Excel

Para el análisis y ordenación de los datos de cálculos eléctricos y mecánicos de los tramos aéreos. Elaboración del presupuesto según plantilla.



Infipro (INFISAT S.L.)

Para el dimensionamiento y selección de los conductores subterráneos y su configuración. Comprobaciones eléctricas y mecánicas, temperaturas máximas admisibles y tensiones inducidas principalmente. Obtención de fichas técnicas de los conductores según catálogos oficiales.



PLS-CADD (INFISAT S.L.)

Modelaje y simulación de la línea eléctrica en sus tramos aéreos. Se obtienen todos los resultados mecánicos y se comprueban distancias y parámetros de diseño regulados por normativa.



AutoCAD

Para la delineación de la línea y elaboración de todos los planos que contiene el proyecto, tanto de la parte aérea, como de la subterránea, como de todos sus componentes.



Base de datos de la empresa Osprel S.L.

Se ha utilizado la base de datos de Osprel S.L para la consecución del proyecto. Plantillas y estructura de proyectos reales con fines académicos.



Google Earth

Para esbozar la traza de la línea, cotejar los mapas de términos municipales y la información proporcionada por el equipo de topografía subcontratado por Osprel.



Herramientas de Microsoft Office

Para la redacción y presentación del proyecto.



Catálogos oficiales de fabricantes:

Imedexa, Iberdrola, Red Eléctrica e Infipro.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- I+DE Grupo Iberdrola. (Julio, 2019). *Especificación Particular - Conductores desnudos de aluminio-acero para líneas eléctricas de alta tensión*. Recuperado de: https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/proyectos-vigentes-anulados/iberdrola/NI%2054.63.01_E09_may19-.pdf
- Imedexsa.es. (2012) *Catálogo General Apoyos adaptado al nuevo reglamento R.D. 223/2008*. Recuperado de: <https://www.imedexsa.es/servicios/>
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2008). *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*. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2008/BOE-A-2008-5269-consolidado.pdf>
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2008). *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*. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2008-14914>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. (Abril, 2019). *Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT (06). Líneas subterráneas con cables aislados*. Recuperado de: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/guia-itc-lat-07-rev-2.pdf>
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. (Abril, 2019). *Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 07 (Revisión 2). Líneas aéreas con conductores desnudos*. Recuperado de: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/lineas-alta-tension/Documents/guia-itc-lat-07-rev-2.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Gobierno de España (2021). Balance energético 1990-2021*. Recuperado de: https://energia.gob.es/balances/Balances/balancedeenergeticoanual/Balance-Energetico-Espana-2021_v0.pdf
- Simón Comín, P., Garnacho Vecino, F., Moreno Mohino, J., González Sanz, A. (2011). *Cálculo y Diseño de líneas Eléctricas de Alta Tensión*. Garceta.

*TODAS LAS ECUACIONES MOSTRADAS Y UTILIZADAS EN EL PROYECTO SE HAN EXTRAÍDO DE:

- Reglamento Líneas de Alta Tensión.
- Manual INFIPRO