

**MODIFICACIÓN 02 DE  
PROYECTO DE LAT 400 KV DC  
EVACUACIÓN PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS**



VISADO: 0084/23 - Fecha: 9/2/2023  
Documento sellado con firma electrónica

## INDICE

<b>1. MEMORIA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	2
1.2. Objeto .....	3
1.3. Peticionario y compañía suministradora .....	4
1.4. Emplazamiento .....	4
1.5. Alcance de la modificación de proyecto .....	4
1.6. Descripción del trazado de la línea .....	6
1.7. Coordenadas de los apoyos de la línea .....	10
1.8. Descripción de la instalación aérea .....	11
1.8.1. Características generales .....	11
1.8.2. Características de los materiales .....	12
1.8.2.1. Conductores .....	12
1.8.2.2. Cable tierra .....	12
1.8.2.3. Aislamiento .....	13
1.8.2.4. Herrajes .....	14
1.8.2.5. Apoyos y cimentaciones .....	14
1.8.2.6. Puesta a tierra .....	16
1.8.2.7. Numeración y aviso de peligro .....	16
1.8.2.8. Antivibradores .....	16
1.8.2.9. Dispositivos salvapájaros .....	17
1.9. Descripción de la instalación subterránea .....	17
1.9.1. Características generales .....	17
1.9.2. Características de los materiales .....	18
1.9.2.1. Cable de potencia .....	18
1.9.2.2. Composición cable de potencia .....	18
1.9.2.3. Cable de fibra óptica .....	19
1.9.2.4. Canalización subterránea .....	19
1.9.2.5. Perforación horizontal dirigida .....	20
1.9.2.6. Hinca mecánica .....	21
1.9.2.7. Arquetas de telecomunicaciones .....	21
1.9.2.8. Mandrilado .....	23
1.9.2.9. Cámaras de empalme .....	23
1.9.2.10. Señalización .....	24
1.9.2.11. Puesta a tierra .....	25
1.10. Cálculos .....	31

1.10.1. Cálculo eléctrico aéreo .....	31
1.10.1.1. Características generales .....	31
1.10.1.2. Características del conductor.....	31
1.10.1.3. Condiciones ambientales del proyecto.....	32
1.10.1.4. Resistencia.....	33
1.10.1.5. Reactancia .....	34
1.10.1.6. Susceptancia.....	36
1.10.1.7. Conductancia .....	37
1.10.1.8. Ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea.....	39
1.10.1.9. Equivalente en $\pi$ de la línea .....	42
1.10.1.10. Caída de tensión .....	43
1.10.1.11. Potencia máxima de transporte .....	45
1.10.1.12. Efecto corona .....	47
1.10.1.13. Pérdidas de potencia.....	50
1.10.1.14. Campo Eléctrico en las proximidades de la línea .....	52
1.10.1.15. Nivel de ruido audible.....	53
1.10.1.16. Potencia de transporte en función de temperatura .....	54
1.10.1.17. Potencia máxima de transporte por estaciones del año .....	60
1.10.1.18. Aislamiento.....	62
1.10.2. Cálculo eléctrico subterráneo .....	65
1.10.2.1. Características generales .....	65
1.10.2.2. Características del conductor.....	65
1.10.2.3. Datos de partida .....	66
1.10.2.4. Intensidad máxima admisible.....	67
1.10.2.5. Cálculo de la resistencia en corriente alterna a la temperatura máxima de servicio .....	68
1.10.2.6. Cálculo de las pérdidas dieléctricas .....	69
1.10.2.7. Factor de pérdidas en la pantalla metálica .....	70
1.10.2.8. Potencia .....	70
1.10.2.9. Pérdidas eléctricas .....	71
1.10.2.10. Intensidad máxima de cortocircuito.....	71
1.10.2.11. Cálculo de impedancias .....	72
1.10.2.12. Cálculo de la tensión inducida en las pantallas metálicas .....	72
1.10.2.13. Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito trifásico .....	73
1.10.2.14. Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito monofásico .....	74
1.10.2.15. Caída de tensión .....	75
1.10.2.16. Pérdida de potencia .....	76

1.10.3. Resumen cálculo eléctrico.....	77
1.10.3.1. Caída de tensión .....	77
1.10.3.2. Pérdida potencia .....	78
1.10.4. Cálculo mecánico de conductores tramo aéreo .....	79
1.10.4.1. Características de la línea.....	79
1.10.4.2. Características del conductor.....	79
1.10.4.3. Acciones consideradas .....	80
1.10.4.4. Hipótesis de partida.....	81
1.10.4.5. Hipótesis de cálculo .....	82
1.10.4.6. Vano ideal de regulación.....	83
1.10.4.7. Comparación de hipótesis.....	85
1.10.4.8. Tabla de regulación.....	88
1.10.4.9. Distancias.....	93
1.10.5. Cálculo mecánico del cable de fibra óptica .....	99
1.10.5.1. Características de la línea.....	99
1.10.5.2. Características del cable de fibra óptica .....	99
1.10.5.3. Acciones consideradas .....	100
1.10.5.4. Hipótesis de partida.....	101
1.10.5.5. Hipótesis de cálculo .....	102
1.10.5.6. Vano ideal de regulación.....	103
1.10.5.7. Comparación de hipótesis.....	105
1.10.5.8. Tabla de regulación.....	108
1.10.5.9. Distancia de los conductores y el cable de tierra .....	113
1.10.6. Cálculo mecánico de apoyos.....	115
1.10.6.1. Hipótesis normales.....	115
1.10.6.2. Hipótesis anormales.....	126
1.10.6.3. Tablas de resultados .....	130
1.10.7. Cálculo mecánico de cimentaciones .....	142
1.10.7.1. Comprobación al arranque.....	143
1.10.7.2. Comprobación a la compresión .....	143
1.10.7.3. Cimentaciones fraccionadas .....	143
1.10.8. Puesta a tierra .....	146
1.10.8.1. Electrodo de puesta a tierra .....	147
1.10.8.2. Línea de tierra .....	147
1.11. Prescripciones especiales .....	149
1.11.1. Cruzamientos aéreos .....	149
1.11.1.1. Líneas eléctricas y de telecomunicación.....	149



1.11.1.2. Carreteras y ferrocarriles sin electrificar .....	150
1.11.2. Cruzamientos subterráneos .....	150
1.11.2.1. Calles y carreteras .....	150
1.11.2.2. Canalizaciones de agua .....	150
1.12. Relación de cruzamientos.....	151
1.13. Relación paralelismos.....	153
1.14. Paso por zonas .....	153
1.15. Relación de Organismos afectados.....	153
1.16. Seguridad y Salud.....	154
1.17. Relación de Bienes y Derecho Afectados.....	154
1.18. Conclusión .....	154
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS .....</b>	<b>155</b>
2.1. Objeto y campo de aplicación .....	156
2.2. Normativa aplicable .....	156
2.3. Replanteo y medición.....	156
2.4. Ejecución del trabajo.....	156
2.4.1. Línea Subterránea.....	156
2.4.1.1. Trazado .....	156
2.4.1.2. Apertura de zanjas .....	157
2.4.1.3. Canalización enterrada bajo tubo hormigonado.....	157
2.4.1.4. Paralelismos y cruzamientos.....	158
2.4.1.5. Transporte de bobinas de cables.....	158
2.4.1.6. Tendido de cables .....	159
2.4.1.7. Protección mecánica .....	161
2.4.1.8. Identificación .....	161
2.4.1.9. Cierre de zanjas .....	162
2.4.1.10. Reposición de pavimento en cruzamientos .....	162
2.4.1.11. Puesta a tierra .....	162
2.4.2. Líneas Aéreas .....	163
2.4.2.1. Accesos a la situación de los apoyos.....	163
2.4.2.2. Trabajos en los cruzamientos .....	163
2.4.2.3. Apertura de pozos .....	163
2.4.2.4. Transporte y acopio a pie de pozo .....	164
2.4.2.5. Cimentaciones .....	164
2.4.2.6. Armado de apoyos .....	166
2.4.2.7. Protección de las superficies metálicas .....	166
2.4.2.8. Izado de apoyos .....	166

2.4.2.9. Tendido, empalme, tensado y retencionado .....	166
2.4.2.10. Reposición del terreno .....	170
2.4.2.11. Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico.....	170
2.4.2.12. Puesta a tierra .....	171
2.5. Materiales.....	171
2.5.1. Apoyos.....	171
2.5.2. Herrajes .....	171
2.5.3. Aisladores .....	172
2.5.4. Conductor .....	172
2.5.5. Salvapájaros.....	172
2.5.6. Señalizaciones diurnas (bolas).....	172
2.6. Recepción de obra.....	172
2.6.1. Calidad de cimentaciones .....	173
2.6.2. Tolerancias de ejecución.....	173
2.6.2.1. Desplazamiento de apoyos sobre su alineación. ....	173
2.6.2.2. Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal .....	173
2.6.2.3. Verticalidad de los apoyos. ....	173
2.6.2.4. Altura de flechas.....	173
2.6.2.5. Estado y colocación de los aisladores y herrajes.....	173
2.6.2.6. Distancias a masa .....	174
2.7. Plan de seguridad y salud de la obra.....	174
2.8. Planning de ejecución de la obra.....	174
2.9. Dirección de obra.....	174
<b>3. PLANOS.....</b>	<b>177</b>
3.1. Lista de planos .....	178
<b>4. PRESUPUESTO .....</b>	<b>180</b>
4.1. Presupuesto General .....	181
4.1.1. Suministro equipos tramos aéreos .....	181
4.1.2. Montaje equipos tramos aéreos .....	182
4.1.3. Suministro equipos tramo subterráneo .....	183
4.1.4. Montaje equipos tramo subterráneo.....	184
4.1.5. Ejecución material de la obra .....	185
4.1.6. Resumen presupuesto Modificación 02 .....	186
4.2. Resumen del presupuesto Modificación 01 .....	186
4.3. Resumen del presupuesto tramos eliminados en Modificación 02.....	186
4.4. Resumen del presupuestos instalación proyectada .....	187

## 1. **MEMORIA**

### 1.1. Antecedentes

En diciembre de 2020 se redactó el proyecto de la Línea Aérea de Alta Tensión 400 kV Doble Circuito de SET EJULVE a SET CÁMARAS, por el Ingeniero Industrial D. Ramón Fernández de Bordons, a petición de RENOVABLES SANTIA, S.L., con CIF B99530115 y visado en el Colegio Nacional de Ingenieros ICAI el 09/12/2020 con N° Visado 0604/20. Este proyecto describe las obras e instalaciones para la construcción de la línea de evacuación en doble circuito desde la SET EJULVE hasta la SET CÁMARAS y solo está contemplado el tendido de uno de los circuitos. Dicho proyecto se registró el 16/12/2020 en Dirección General de Energía y Minas con N° de Expediente IP-PC-0149/2020.

En febrero de 2021, con objeto de reducir la huella medioambiental, y buscar sinergias para la evacuación de la energía de los parques eólicos situados en varios de los municipios de las cuencas mineras, en dialogo con el Servicio Provincial de Teruel, se decide aprovechar parte del trazado de la Línea Aérea a 220 kV SET IBEROS – SET MUDÉJAR propiedad de ENEL GREEN POWER ESPAÑA, S.L. para compartir apoyos con la Línea de Alta Tensión 400 kV DC SET EJULVE – SET CÁMARAS, objeto de este proyecto.

Es por ello que se desarrolló un Acuerdo entre los promotores de los Parques Eólicos IBEROS, MAJALINOS I, GUADALOPILLO I, GUADALOPILLO II, EL BAILADOR y TOSQUILLA y la mercantil FORESTALIA RENOVABLES, S.L. en el que se recoge el alcance de las Infraestructuras de evacuación compartidas afectadas, y se deja un circuito de reserva.

Debido a que durante el proceso de tramitación, el estudio de avifauna de los parques eólicos MAJALINOS I, GUADALOPILLO I, GUADALOPILLO II, EL BAILADOR y TOSQUILLA concluyó que la zona escogida para la ubicación de los mismos tenía restricciones, se modificaron los proyectos originales de los Parques Eólicos, y por consiguiente las evacuaciones de los mismos.

Para adaptar el trazado de la línea a e nuevas necesidades que se plantearon, se redactó el Modificado de Proyecto Línea de Alta Tensión Doble Circuito 400 kV de SET Ejulve a SET Cámaras, por el Ingeniero Industrial D. Ramón Fernández de Bordons y visado en el Colegio Nacional de Ingenieros ICAI el 10/05/21 con N° Visado 0604/20. que contempla las modificaciones indicadas. Este Modificado de Proyecto se registró en el Servicio Provincial de Teruel el 14 de mayo de 2021.

En fecha 14 de mayo de 2021, se solicitó al Servicio Provincial de Teruel la reestructuración de los expedientes relativos a las infraestructuras de evacuación de los parques eólicos Tosquilla, Guadalopillo II, El Bailador, Majalinos I y Guadalopillo I, tras lo cual se otorgó el número de expediente: TE-SP-ENE-AT-2021-049.

En fecha 17 de octubre de 2022, el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) notificó el borrador de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) de la LAAT 400 kV DC “Apoyo 62 LAAT Íberos – SET Mudéjar Promotores – SET Cámaras”, resultando COMPATIBLE y CONDICIONADA al cumplimiento de unos determinados condicionantes en la fase de construcción y explotación.



Por todo ello, para dar cumplimientos a dichos condicionados se redacta el presente documento Modificación 02 de Proyecto Línea de Alta Tensión 400 kV Doble Circuito de SET Ejulve a SET Cámaras que contempla las modificaciones indicadas.

## 1.2. Objeto

La presente Modificación de Proyecto tiene por objeto la sustitución de la anterior documentación presentada con fecha 14/05/2021 y con Número de Expediente TE-SP-ENE-AT-2021-049 para el Proyecto LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras, de forma que sea concedida la Autorización Administrativa Previa y Aprobación como Proyecto de Ejecución para la ejecución de la línea eléctrica de 400 kV necesaria para la evacuación de energía de los parques eólicos Guadalopillo II, El Bailador y Tosquilla.

incluye el estudio, descripción y valoración del tramo comprendido entre los apoyos AP87 y AP91 cuyo trazado se ha modificado, el tramo comprendido entre los apoyos AP91 y AP107 que pasa a ser enterrado y el final de la línea, a su llegada a SET Cámaras. También formará parte del ámbito de aplicación de esta Modificación de Proyecto el estudio y cálculo de los parámetros eléctricos de la línea completa. Los restantes tramos que comprenden la totalidad de la línea no se incluyen en el presente documento, siendo objeto de estudio de otros proyectos.

Las presentes modificaciones afectan únicamente al desplazamiento de cuatro apoyos manteniéndose el trazado del eje de la línea. El apoyo 86 se desplaza aproximadamente 85 m. El apoyo inicialmente se ubicaba sobre zona de cultivo y ha sido desplazado a una zona de vegetación natural formada por pasto arbustivo. El acceso discurre a través de vegetación natural formada por matorral un tramo de unos 270 m. Por tanto, la modificación empeora la situación inicial al afectar una nueva zona con vegetación natural.

El apoyo 87 se desplaza 130 m hacia el noreste siguiendo el eje. Tanto la actual ubicación como la nueva se encuentra sobre una zona de cultivo, por tanto el cambio no supone una variación en las afecciones ambientales.

El apoyo 88 se desplaza 180 m a lo largo del eje manteniendo su ubicación sobre zonas de cultivo de secano. El vial de acceso discurre íntegramente por cultivos también, por tanto no se incrementan las afecciones ambientales.

El apoyo 89 se desplaza 280 m al noreste manteniéndose sobre el eje. Tanto la antigua posición como la nueva y el consiguiente acceso se ubican sobre zona de cultivo, por tanto se incrementan las afecciones ya evaluadas.

Con el apoyo 90 sucede lo mismo, se desplaza 385 m al noreste hasta la antigua ubicación del apoyo 91. Ambas ubicaciones se encuentran sobre cultivos. Con este desplazamiento se eliminaría un apoyo y sus afecciones sobre el cultivo.

Por tanto, con las modificaciones el trazado de la línea no varía y aumentan ligeramente las afecciones sobre vegetación natural debido a la reubicación del apoyo 86 sobre una zona de vegetación natural. Con la modificación se consigue eliminar un apoyo, disminuyendo el impacto sobre el paisaje al verse mejorada la calidad visual. También mejoraría la afección sobre cultivos con la eliminación de un apoyo.

Esta Modificación de Proyecto está de acuerdo con lo dispuesto en la ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico, para informar a la Administración sobre las características de la línea a fin de obtener las correspondientes autorizaciones.

A tal efecto, esta Modificación de Proyecto tiene en cuenta las normas que el ministerio de Industria y Energía da en el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, conforme Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero de 2008 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.

### 1.3. Peticionario y compañía suministradora

El petionario de este proyecto es RENOVABLES SANTIA, S.L. con C.I.F. B-99530115, el cual resultará titular de la instalación una vez obtenga de la Administración competente las respectivas autorizaciones.

#### **RENOVABLES SANTIA, S.L.**

C.I.F.: B-99530115

Dirección social: Calle Ortega y Gasset 20, 2º, Madrid (28006)

Dirección a efectos de notificación: Calle Coso 33, 6º A, Zaragoza (50003)

### 1.4. Emplazamiento

Tal como se muestra en los planos de la instalación, ésta se encuentra ubicada en la provincia de TERUEL, y el tramo de la línea objeto del presente documento discurre por los municipios de Aliaga, Ejulve, Molinos, Berge, Los Olmos, Alloza, Andorra, Albalate del Arzobispo e Híjar.

Teniendo en consideración únicamente la parte del trazado la línea objeto de la presente Modificación de Proyecto, los términos municipales que se ven afectados son Andorra, Albalate del Arzobispo e Híjar, todos ellos pertenecientes a la provincia de Teruel.

### 1.5. Alcance de la modificación de proyecto

En el presente documento de Modificación de Proyecto se exponen y justifican las modificaciones sufridas por la LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras. Éstas incluyen la valoración, estudio y cálculos justificativos de la línea desde el apoyo 85A de la LAT 400KV DC SET EJULVE - SET CÁMARAS, hasta el apoyo 107 de la LAT 400KV DC SET EJULVE - SET CÁMARAS y desde el apoyo 145A de la LAT 400KV DC SET EJULVE - SET CÁMARAS hasta la SET Cámaras; así como la justificación de los cálculos eléctricos de la totalidad de la línea desde la SET Ejulve hasta la SET Cámaras.

Las variaciones sufridas por el trazado de la línea con respecto al indicado en el Proyecto original en el tramo objeto de este documento comprenden desde el apoyo 85A al apoyo 107, y entre los apoyos 145A y 148A. La modificación comprendida entre el apoyo 85A y en 107 está compuesta por un tramo aéreo y un tramo subterráneo. La



modificación del tramo aéreo consiste en la reubicación de los apoyos 86A, 87A, 88A, 89A y 91A, modificando la tipología de este último apoyo y equipándolo adecuadamente para realizar en él una transición aéreo-subterránea. La línea continuará desde este apoyo 91A hasta el apoyo 107 en subterráneo (tramo subterráneo de la modificación).

La modificación comprendida entre los apoyos 145A y 148A consiste en la reubicación de los apoyos 146A, 147A y 148A, con el objetivo de minimizar las afecciones sobre el Qanat de Bonaire, evitando colocar apoyos en las cercanías de los mismos.

Dichas modificaciones suponen una longitud de 10.422,86 m (1.940,56 m en aéreo y 8.482,30 m en subterráneo) y de 1.295,53 m respectivamente.

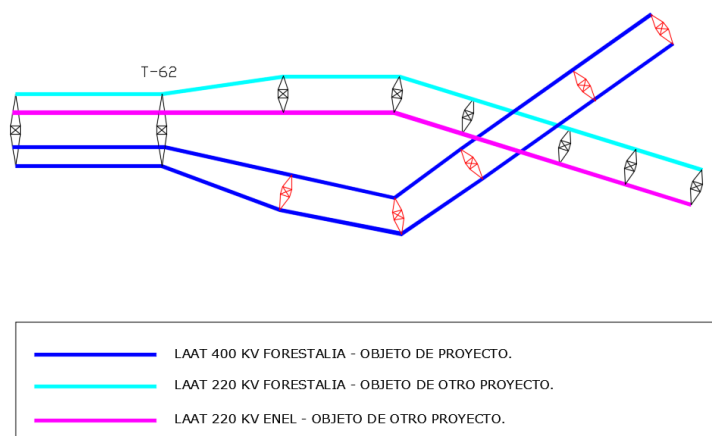
Las tablas y cálculos justificativos que se incluyen en este documento sustituyen a los presentados anteriormente en el PROYECTO de LAT 400 kV DC EVACUACIÓN PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS.



## 1.6. Descripción del trazado de la línea

La línea aérea objeto de esta Modificación de Proyecto presenta una longitud total de 72,083 kilómetros desde la SET EJULVE hasta la SET CÁMARAS, siendo la longitud del tramo objeto de este documento de 11,524 km, comprendida entre el apoyo 85-A y la SET CÁMARAS. Su origen es SET EJULVE, ubicada en el término municipal de Aliaga y el final de la línea será SET CÁMARAS, perteneciente al término municipal de Híjar.

La línea de evacuación LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras comparte parte del trazado con la línea de evacuación LAT SET EJULVE - APOYO 1-2 de LAT SET PE IBEROS - SET MUDEJAR PROMOTORES en su tramo inicial y central. Adicionalmente, en su tramo central la LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras comparte trazado con la LAT 400-220 KV SET PE IBEROS - SET MUDEJAR PROMOTORES.



A continuación se describe por tramos el trazado y la configuración de la LAT 400 kV DC SET Ejulve a SET Cámaras a lo largo de la totalidad de su recorrido.

- **TRAMO Nº1:** SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores (no objeto de modificación)

Trazado aéreo, en configuración de triple circuito. La línea compartirá apoyos con otras líneas, siendo la asignación de la energía de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Primer Circuito, asignado para LAT 220 kV SET EJULVE a SET MUDEJAR PROMOTORES.
- Segundo Circuito, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SET CÁMARAS.
- Tercer Circuito, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SET CÁMARAS.



- **TRAMO Nº2:** AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores (no objeto de modificación)

Trazado aéreo, en configuración de cuádruple circuito. La línea compartirá apoyos con otras líneas, siendo la asignación de la energía de los circuitos de izquierda a derecha y en sentido de la evacuación de la energía:

- Primer Circuito, asignado para LAT 220 kV SET ÍBEROS a SET MUDÉJAR PROMOTORES.
- Segundo Circuito, asignado para LAT 220 kV SET EJULVE a SET MUDÉJAR PROMOTORES.
- Tercer Circuito, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Cuarto Circuito, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

- **TRAMO Nº3:** AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP91 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Trazado aéreo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, en triángulo superior, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, en triángulo inferior, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

- **TRAMO Nº4:** AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Trazado subterráneo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble circuito, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, circuito izquierdo, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, circuito derecho, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

• **TRAMO Nº5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

Trazado aéreo, en configuración de doble circuito. La línea se ha dimensionado en configuración de doble, sin embargo, se procederá al **tendido inicial de uno de los circuitos**, quedando en reserva para futuras actuaciones las posiciones del segundo circuito, siendo la asignación de la energía de los circuitos:

- Primer Circuito, en triángulo superior, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.
- Segundo Circuito, en triángulo inferior, en reserva, asignado para LAT 400 kV SET EJULVE a SE CÁMARAS.

La línea tiene una tensión de 400 kV y parte de la SET EJULVE, con una configuración Triple Circuito, y se conectará al pórtico de llegada del SET CÁMARAS, produciéndose la llegada a la SET en configuración Doble Circuito. Para el diseño de la línea se ha utilizado un conductor LA-455 Dúplex para los tramos aéreos y un RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KA+T480AI para el tramo subterráneo.

A continuación, se muestran los municipios por los que discurre la línea y los cruza-  
mientos que existen en cada municipio por alineaciones correspondientes a la presente modificación del proyecto:

Provincia: TERUEL

Término municipal: ANDORRA

Longitud: 1.970,16 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruza- mientos
1	3	85A	91A	-	1.940,56	Nº 1,V.P. PASO DESDE VALDORIA HASTA EL MÁS QUEMADO Nº 2, CAMINO DE SANTIAGO ANDORRA – ALBALATE DEL ARZOBISPO
-	4	-	-	-	29,60	-

Provincia: TERUEL

Término municipal: ALBALATE DEL ARZOBISPO

Longitud: 8.452,7 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruza- mientos
-	4	-	-	-	8.452,67	Nº 3, BARRANCO Nº 4, CRTA A-223 PK: 23+946,00 Nº 5, ARROYO Nº 6, CRTA A-223 PK: 27+145,00 Nº 7, CRTA A-1401 PK: 34+712 Nº 8, ACEQUIA DE MELIDA Nº 9, CAMINO DE SANTIAGO ANDORRA – ALBALATE DEL ARZOBISPO Nº 10, RÍO MARTÍN Nº 11, ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR Nº 12, ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR



Provincia: TERUEL

Término municipal: HIJAR

Longitud: 1.295,53 m

Nº Alineación	Tramo línea	Apoyo inicial	Apoyo final	Ángulo con siguiente alineación (g)	Longitud (m)	Cruzamientos
2	5	145A	146A	221,45	427,07	
3	5	146A	148A	233,31	818,46	Nº 13, BARRANCO DE LOS ESTANCOS
4	5	148A	PÓRT	0,0	50,0	

Para la redacción de este proyecto se ha realizado un trabajo de campo, consistente en un estudio de trazado y unas mediciones de campo de precisión con equipos GPS diferencial. Para validar los cruces con las líneas existentes se han medido las alturas de estas líneas, utilizando los medios adecuados.

Los trabajos han consistido en:

#### ESTUDIO DE TRAZADO LAT

- Estudio de alternativas de trazado, considerando la legislación española aplicable.
- Selección del trazado más adecuado en campo, considerando los condicionantes ambientales que se han identificado.
- Se han considerado los condicionantes impuestos por las infraestructuras existentes.
- Definición y estaquillado de los vértices de la línea, comprobando insitu si existen instalaciones y construcciones que puedan condicionar el trazado de la línea, y comprobando que se ubican en lugares accesibles.

#### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

- Ubicación de los vértices de la línea, y de los puntos de cruce con infraestructuras, con GPS
- Medición de las alturas de los cables de las líneas que cruzan el trazado.
- Medición de los límites de las infraestructuras a las que cruzan el trazado de la línea.

### 1.7. Coordenadas de los apoyos de la línea

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas de los apoyos del trazado objeto del documento de la línea en proyección UTM utilizando el Datum ETRS89 en el huso 30. Las cotas de los apoyos de la línea referidas al nivel medio del mar se muestran en la siguiente tabla:

Nº Apoyo	Tipo	X UTM	Y UTM	Z	Longitud	Latitud
85A	AG-AM	710.623	4.545.914	663,65	0° 29' 40,0"	41° 2' 11,4"
86A	AL	710.910	4.546.188	657,73	0° 29' 27,4"	41° 2' 20,1"
87A	AL	711.167	4.546.434	656,04	0° 29' 16,1"	41° 2' 27,8"
88A	AL	711.423	4.546.679	646,48	0° 29' 4,8"	41° 2' 35,5"
89A	AL	711.715	4.546.958	644,76	0° 28' 52,0"	41° 2' 44,2"
91A	FL-PAS	712.026	4.547.255	636,37	0° 28' 38,4"	41° 2' 53,6"
107	FL-PAS	700.733	4.564.823	376,58	0° 36' 21,0"	41° 12' 31,1"
145	AG-AM	700.535	4.565.178	375,35	0° 36' 29,0"	41° 12' 44,8"
146A	AG-AM	700.617	4.565.597	369,63	0° 36' 25,0"	41° 12' 58,3"
147A	AL	700.815	4.565.935	363,10	0° 36' 16,1"	41° 13' 9,0"
148A	AG-AM	701.031	4.566.304	359,43	0° 36' 6,4"	41° 13' 20,8"
PORT	PORTICO	701.074	4.566.328	359,03	0° 36' 4,5"	41° 13' 21,5"

En los planos adjuntos se puede ver la ubicación de cada apoyo.

## 1.8. Descripción de la instalación aérea

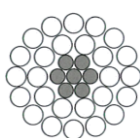
La instalación, en el tramo aéreo comprendido en el alcance de la modificación, queda definida por las siguientes características:

### 1.8.1. Características generales

Sistema .....	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz) .....	50
Tensión nominal (KV) .....	400
Tensión más elevada de la red (KV) .....	420,0
Categoría.....	Especial
Nº de circuitos .....	2
Nº de conductores aéreos por fase .....	2
Tipo de conductor aéreo .....	LA-455
Tipo de cable de tierra .....	OPGW-24
Número de cables de tierra .....	2
Potencia máxima de transporte en aéreo por circuito (MVA) .....	1.300
Número de apoyos .....	10
Longitud Tramo N°3 (km) .....	13,910
Longitud Tramo N°5 (km) .....	16,601
Zona de aplicación.....	ZONAS A y B
Tipo de aislamiento.....	Cadenas de aisladores de vidrio
Apoyos .....	IME-SUS-DC-400, IME-AN-DC-400, IME-AN2-DC-400 y IME-FL1-DC-400
Cimentaciones.....	Hormigón
Puesta a tierra .....	Picas de toma de tierra doble
Nº Apoyos alineación/Tipo .....	5 / IME-SUS-DC-400
Nº Apoyos ángulo/Tipo .....	3 / IME-AN2-DC-400
Nº Apoyos fin de línea/Tipo .....	3 / IME-FL1-DC-400

## 1.8.2. Características de los materiales

### 1.8.2.1. Conductores



Las características del conductor aéreo son las siguientes:

Son cables de aluminio con alma de acero de conductores cableados concéntricos, compuestos de un alma de acero del tipo ST<sub>1</sub>A y una o más capas de hilos de aluminio del tipo AL<sub>1</sub>.

Tipo .....	LA – 455
Designación nueva .....	402-AL <sub>1</sub> /52-ST <sub>1</sub> A
Material .....	Aluminio – Acero
Composición (mm) .....	54+7
Diámetro cable completo (mm) .....	27,72
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	454,50
Peso (daN/m) .....	1,491
Carga de rotura (daN) .....	12.400
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	6.900
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	19,3 10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/Km) .....	0,07180
Intensidad máxima admisible (A) .....	798

### 1.8.2.2. Cable tierra

Las características del cable de guarda son las siguientes:

Tipo .....	OPGW 24
Diámetro cable completo (mm) .....	15,6
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	114,9
Peso (daN/m) .....	0,551
Carga de rotura (daN) .....	8.030
Tensión máxima permitida .....	3.610
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	9.700
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	16,3 10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km) .....	0,396
Margen de temperatura (°C) .....	-45 a 80
Máximo número de fibras .....	24

### 1.8.2.3. Aislamiento

Se utilizarán cadenas de aisladores de vidrio templado de tipo caperuza y vástago según norma UNE 21 114 y UNE 21 124.

Se considera un nivel de contaminación medio (II), definiendo como adecuada una línea de fuga nominal de 20 mm/kV (según ITC-LAT-07). Este nivel de contaminación es equivalente a zonas con industrias que no producen humo especialmente contaminante y con densidad media de viviendas equipadas con calefacción, o a zonas con elevada densidad de viviendas e industrias pero sujetas a vientos frecuentes y lluvia, o bien a zonas expuestas a vientos desde el mar, pero alejadas bastantes kilómetros a la costa.

Dada la tensión más elevada de la línea (420 kV), la línea de fuga mínima en la línea será de 8.400 mm (420kV x 20 mm/kV, según ITC-LAT-07). Esta longitud será inferior a la línea de fuga que presentan las cadenas de aisladores utilizadas en este proyecto.

El tipo de aislador seleccionado tanto para apoyos de suspensión como de amarre es:

Denominación .....	U 160-BS
Material dieléctrico .....	Vidrio
Norma de fabricación y ensayo: .....	IEC60383 / IEC 60305
Diámetro dieléctrico.....	280 mm
Paso.....	146 mm
Línea de fuga .....	380 mm
Carga de rotura .....	160 kN
Peso aprox. ....	5,9 kg

En estructuras de amarre en ángulo se emplearán cadenas de suspensión adicionales en el circuito exterior al ángulo para asegurar la distancia del puente flojo.

Las cadenas de aisladores serán:

#### Suspensión:

Cadena de 23 aisladores para 400kV tipo U 160-BS con grapa de suspensión armada, con una carga de rotura de 160kN, línea de fuga total de 8.740 mm (superior a 8.400 mm), una tensión soportado a impulso tipo rayo de 1.710kV, a 50Hz en seco de 1.030kV y a 50Hz en lluvia de 790kV. La longitud de la cadena de suspensión es de 3,928 m y su peso de 163,96 kg.

#### Amarre:

Cadena de 2x23 aisladores para 400kV tipo U 160-BS con grapa de compresión, con una carga de rotura de 100kN, línea de fuga total de 8.740 mm (superior a 8.400 mm), una tensión soportado a impulso tipo rayo de 1.710kV, a 50Hz en seco de 1.030kV y a 50Hz en lluvia de 790kV. La longitud de la cadena de amarre es de 4,739 m y su peso de 320,79 kg.

En el apartado PLANOS se puede ver la disposición de cadenas adoptadas.



#### 1.8.2.4. Herrajes

Los herrajes son hierro forjado galvanizado en caliente y todos estarán adecuadamente protegidos contra la corrosión.

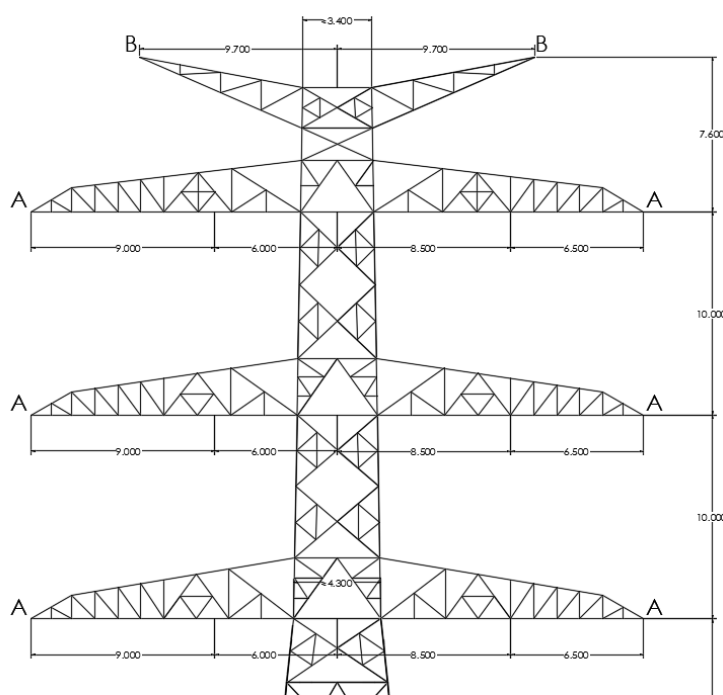
Los herrajes estarán dimensionados para que la cadena cinemática que soporta cada cable soporte los esfuerzos máximos descritos en la Norma UNE 21 006, superando los coeficientes de seguridad reglamentarios.

#### 1.8.2.5. Apoyos y cimentaciones

Se considera la elaboración de diseños de apoyos de suspensión, amarre y fin de línea, que permitan ajustarse a las diferentes condiciones del trazado y de la geografía del lugar. En concreto para esta línea las estructuras propuestas, serán torres metálicas de acero galvanizado, enrejadas y auto soportadas de doble circuito y de resistencia adecuada al esfuerzo que hayan de soportar.

Los apoyos propuestos no están dimensionados para soportar esfuerzos temporales con una configuración en bandera, por lo que el **tendido del primer circuito deberá realizarse mediante una configuración en triángulo superior, empleando las dos crucetas superiores y una cruceta intermedia.**

En el apoyo de derivación 62-DERIV, no objeto de estudio de este proyecto, y con el fin de asegurar el cumplimiento de distancias entre conductores indicados en la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se ha considerado la fijación del circuito de 400 kV de tensión nominal más próximo al apoyo a una distancia de 6 metros del eje del mismo. De igual manera, con objeto de asegurar el cumplimiento de distancias con respecto al apoyo, se deberán instalar cadenas de suspensión adicionales para evitar la oscilación del puente flojo.





Son estructuras de sección cuadrada compuestas de cabeza prismática recta y fuste de geometría tronco piramidal, construidas con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza será recta de entre 1,85 m y 2,50 m de ancho, y dispondrá de doble cúpula para colocación de los cables de protección y comunicaciones.

La línea está compuesta por 91 estructuras de tres tipos, según su función: fin de línea, amarre (de ángulo o en alineación) y de suspensión.

Los apoyos con función de fin de línea serán del tipo IME-FL1-DC-400 en configuración de doble circuito, con una distancia vertical entre fases de 8,0 m, y un ancho de crucetas de 7,5 m en todas sus crucetas. La cúpula de tierra cuenta con una altura de 6,2 m y una longitud de crucetas de 5,0 m.

Los apoyos con función de amarre serán del tipo IME-AN-DC-400 (apoyos en alineación) y IME-AN2-DC-400 (vértices). Este tipo de apoyos cuentan con una distancia vertical entre fases de 8,0 m, y un ancho de cruceta de 7,0 m en sus crucetas superiores y de 7,5 m en su cruceta inferior. La altura de la cúpula será de 6,3 m y la longitud de sus crucetas de 3,0 m, en la mayoría de los casos. Para dar cumplimiento a las distancias de seguridad reglamentarias entre conductores de fase y de tierra se utilizará una cúpula de 8,0 m de altura y una longitud de cruceta de 4,0 m.

Los apoyos con función de suspensión serán del tipo IME-SUS-DC-400, en configuración de doble circuito, con una distancia vertical entre fases de 8,0 m, y un ancho de cruceta de 7,0 m en todas sus crucetas. Cuentan con una cúpula de 2,6 m de altura y unas crucetas de longitud igual a 3,3 m.

La selección del modelo de apoyo se ha realizado para que su geometría cumpla con las distancias reglamentarias, para el conductor, condiciones de diseño y las hipótesis de cálculo aplicables al proyecto. El esfuerzo máximo específico de cada apoyo debe cumplir con el árbol de cargas que viene reflejado posteriormente en el proyecto.

Las cimentaciones serán de hormigón en masa de tipo fraccionadas de dimensiones variables.

#### 1.8.2.5.1. Apoyos IME-SUS-DC-400

Son apoyos troncos piramidales de sección cuadrada construida con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería.

La cabeza es recta de 1,85 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

#### 1.8.2.5.2. Apoyos IME-AN-DC-400

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

La cabeza es recta de 2,20 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

#### 1.8.2.5.3. Apoyos IME-AN2-DC-400

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

La cabeza es recta de 2,20 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

#### 1.8.2.5.4. Apoyos IME-FL1-DC-400

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

La cabeza es recta de 2,50 m. de ancho. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación independiente en cada pata.

#### 1.8.2.6. Puesta a tierra

En apoyos en zonas no frecuentadas los apoyos se pondrán a tierra mediante electrodos de difusión vertical.

#### 1.8.2.7. Numeración y aviso de peligro

En cada apoyo se marca el número de orden que le corresponda, de acuerdo con el criterio de origen de la línea que se haya establecido.

Todos los apoyos llevan una placa de señalización de riesgo eléctrico, situada a una altura visible y legible desde el suelo a una distancia mínima de 2 m.

#### 1.8.2.8. Antivibradores

Se colocarán amortiguadores del tipo Stockbridge en los conductores de fase, y el cable de protección y comunicaciones.

Estos antivibradores están formados por un cuerpo central de aleación de aluminio, un cable portador de 19 alambres de acero galvanizado y dos contrapesos de acero forjado galvanizado.

El número de antivibradores a utilizar dependerá de la longitud del vano y será en general dos a cada lado del apoyo si la longitud del vano es superior a 450 metros y de uno a cada lado del apoyo si esta longitud es inferior.

### 1.8.2.9. Dispositivos salvapájaros

Se instalarán dispositivos salvapájaros homologados para evitar riesgos de choques contra los cables de la línea de evacuación.

Estos dispositivos estarán formados por espirales de PVC rígido de 1 m de longitud y 30 cm de diámetro, de color blanco, rojo o naranja reflectante, e irán montados preferentemente en el cable de protección cada 5 metros conforme a lo estipulado en la declaración de impacto ambiental.

En la parte final del trazado se instalarán dispositivos salvapájaros del tipo baliza en forma de tiras de neopreno en "X" con una cadencia visual de cada 7 metros en los conductores de fase con el objetivo de aumentar la visibilidad en los cables.

### 1.9. Descripción de la instalación subterránea

La instalación, en el tramo subterráneo, queda definida por las siguientes características:

#### 1.9.1. Características generales

Sistema .....	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz) .....	50
Tensión nominal (KV) .....	400
Tensión más elevada de la red (KV) .....	420,0
Longitud Tramo N°4 (km) .....	8,483
Nº de circuitos por zanja .....	2
Nº de ternas por circuito .....	1
Tipo de canalización .....	Bajo tubo hormigonada
Configuración de la instalación .....	Tresbolillo
Tipo de cable subterráneo .....	630 Al
Aislamiento cable subterráneo .....	XLPE
Número de cables de tierra por circuito .....	1
Conexión de las pantallas .....	Cross-Bonding

## 1.9.2. Características de los materiales

### 1.9.2.1. Cable de potencia

El cable requerido para el tramo subterráneo N°4 es del tipo RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KA1+T480AI

Tensión nominal (kV) .....	400
Tensión máxima (kV) .....	420
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	630
Conductor.....	Aluminio
Diámetro exterior (mm) .....	108,60
Diámetro conductor (mm).....	30,60
Pantalla aislamiento .....	Tubo de aluminio
Sección pantalla (mm <sup>2</sup> ) .....	480
Resistencia eléctrica a 20°C (Ω/km) .....	0,0469
Capacidad nominal (µF/km) .....	0,1400z
Temperatura máxima régimen permanente (°C) .....	90
Temperatura máxima conductor en cortocircuito (°C) .....	250
Intensidad máxima de cortocircuito conductor:	
Tiempo de cortocircuito 1,0s (kA).....	59,60
Intensidad máxima de cortocircuito pantalla:	
Tiempo de cortocircuito 1,0s (kA).....	50,00

### 1.9.2.2. Composición cable de potencia

La composición general de los cables aislados de aluminio con pantalla constituida por hilo de cobre para tensión nominal de 400kV es la que se muestra a continuación:

- Conductor: Cuerda taponada de hilos de aluminio de sección circular compactados clase 2K según IEC 60228.
- Semiconductora interna: Capa extruida de mezcla semiconductora.
- Aislamiento: Polietileno reticulado, XLPA.
- Semiconductora externa: Capa extruida de mezcla semiconductora no separable en frío.
- Obturación longitudinal al agua: Cinta semiconductora bloqueante del agua.
- Pantalla metálica: Tubo de aluminio.
- Cubierta externa: Poliolefina, libre de halógenos, no propagadora de la llama ni del incendio con capa exterior semiconductora, extruida conjuntamente con la cubierta.

#### 1.9.2.3. Cable de fibra óptica

Las características del cable de fibra serán las siguientes:

Cable fibra óptica: .....PKP  
Tubos activos: .....6 (2 Rojos, 2 Blancos y 2 Azules)  
N.º fibras ópticas / tubo: .....8  
Diámetro nominal: ..... 14,3 mm  
Peso nominal: ..... 155 kg/km  
Tracción máxima: ..... 3.000 N  
Resistencia al aplastamiento: ..... 30 N/mm  
Resistencia al impacto: ..... 5 J  
Ciclo térmico de operación: ..... -20 °C/ +60°C

#### 1.9.2.4. Canalización subterránea

Las canalizaciones en general discurrirán por terrenos de dominio público en suelo interurbano y siempre evitando los ángulos pronunciados. El trazado será lo más rectilíneo posible. El radio de curvatura después de instalado el cable será como mínimo, 15 veces el diámetro nominal de cable. Los radios de curvatura en operaciones de tendido serán superiores a 20 veces el diámetro nominal de cable. Los cables podrán instalarse en las configuraciones que se indican a continuación. A continuación, se indican las configuraciones de las canalizaciones afectadas por las modificaciones de trazado objeto del presente documento.

##### **Canalización en terreno agrícola/camino de tierra:**

Canalización de doble circuito con conductores enterrados bajo tubo de 150 mm de diámetro exterior y hormigonado con una configuración de conductores en tresbolillo. La profundidad máxima de la zanja será de 1,70 metros y la anchura de 1,88 metros, quedando la parte superior del tubo más próximo a la superficie una distancia superior a 0,60 metros con respecto al terreno como marca el punto 4.2 de la ITC-LAT-06.

Las canalizaciones disponen de tubos de plástico de doble capa de diámetro 250 mm para los cables de potencia y tubos de plástico 90 mm de diámetro para los cables de acompañamiento y telecomunicaciones.

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

Para la colocación de cada terna de tubos se emplearán separadores, de forma que se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado perfecto, con objeto de evitar que a través de estas, puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la fase de hormigonado y relleno de la zanja, que pudieran

dificultar las operaciones de tendido. En el interior de los tubos se instalará una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y los tubos de telecomunicaciones, se procederá al hormigonado de los mismos. Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación- contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables. Cuando se prevea que la temperatura ambiente descienda por debajo de los 0°C en las 48 horas posteriores al hormigonado, se admitirá el uso de los aditivos necesarios previa consulta.

Una vez hormigonada la canalización se rellenará la zanja, con tierra procedente de la excavación cuando cumplan con el criterio mínimo de “terreno adecuado” y cuando éstas permitan alcanzar el grado de compactación requerido del 95% P.M. (Proctor Modificado). Si las tierras extraídas no fuesen aptas para el relleno se realizará mediante tierra de préstamo. Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 250 mm del dado de hormigón, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión. Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

La canalización cumple con lo dispuesto en el apartado 4.2 de la ITC-LAT-06 del actual Reglamento de líneas de alta tensión (radios de curvatura, diámetro mínimo interior de los tubos, distancias a la superficie, señalización y protección mecánica). Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización.

#### 1.9.2.5. Perforación horizontal dirigida

Para la ejecución del cruzamiento del río Martín se ejecutará una perforación horizontal dirigida (PHD). La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación. Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno. La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos. Sus principales características son las siguientes:

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

Se ha estimado la profundidad máxima de la perforación a 4 metros debiéndose ajustar dicha profundidad en fases más avanzadas del proyecto.



#### 1.9.2.6. Hinca mecánica

Para la ejecución de los cruzamiento de la línea con la carretera A-223 se resolverá mediante la hinca mecánica o neumática de dos tubulares metálicos de gran formato que, a modo de vainas o camisas protectoras, permitirán albergar sendos bancos de tubos plásticos destinados al cableado de potencia y auxiliar de cada uno de los dos circuitos en proyecto. Los tubos para vainas estarán fabricados en acero al carbono con arrollamiento helicoidal y doble cordón de soldadura.

#### 1.9.2.7. Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones. Serán del tipo sencillo con unas dimensiones de 900x815x1150mm y dobles con dimensiones 900x1425x1150 mm, y se emplearán para facilitar el tendido de los cables de telecomunicaciones y tener puntos intermedios en el caso de averías.

Los cables de telecomunicaciones no se deberán introducir en las cámaras de empalme de los cables de potencia para lo cual se realizará un desvío por fuera de la cámara de empalme desde la zanja tipo conjunta de cables de potencia y de telecomunicaciones. Se instalarán arquetas de telecomunicaciones en cada cámara de empalme, en el inicio, en los apoyos de paso aéreo subterráneo y en los puntos singulares del trazado que sean necesarios.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

Instalación arquetas sencillas telecomunicaciones	
Distancia (m) entre cámaras de empalme / cámara de empalme y subestación o cámara de empalme	Nº arquetas sencillas
$\leq 250$	0
$250 < x \leq 500$	1
$500 < x \leq 750$	2
$750 < x \leq 1200$	3

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

A continuación se muestra una tabla con las coordenadas de las arquetas:

Nº	X UTM	Y UTM
Arqueta Doble Nº1	712.030	4.547.256
Arqueta Simple Nº1	712.008	4.547.449
Arqueta Simple Nº2	712.010	4.547.657

Nº	X UTM	Y UTM
Arqueta Doble Nº2	712.025	4.547.854
Arqueta Simple Nº3	712.077	4.548.157
Arqueta Simple Nº4	711.915	4.548.271
Arqueta Doble Nº3	711.780	4.548.492
Arqueta Simple Nº5	711.589	4.548.639
Arqueta Simple Nº6	711.406	4.548.784
Arqueta Doble Nº4	711.254	4.548.986
Arqueta Simple Nº7	711.100	4.549.178
Arqueta Simple Nº8	710.936	4.549.276
Arqueta Doble Nº5	710.780	4.549.437
Arqueta Simple Nº9	710.669	4.549.631
Arqueta Simple Nº10	710.586	4.549.831
Arqueta Doble Nº6	710.527	4.550.047
Arqueta Simple Nº11	710.456	4.550.263
Arqueta Simple Nº12	710.392	4.550.478
Arqueta Doble Nº7	710.388	4.550.701
Arqueta Simple Nº13	710.310	4.550.901
Arqueta Simple Nº14	710.227	4.551.095
Arqueta Doble Nº8	710.179	4.551.314
Arqueta Simple Nº15	710.078	4.551.606
Arqueta Simple Nº16	709.974	4.551.890
Arqueta Doble Nº9	709.788	4.552.074
Arqueta Simple Nº17	709.683	4.552.237
Arqueta Simple Nº18	709.604	4.552.405
Arqueta Doble Nº10	709.518	4.552.584
Arqueta Simple Nº19	709.477	4.552.795
Arqueta Simple Nº20	709.372	4.552.862
Arqueta Doble Nº11	709.245	4.552.907
Arqueta Simple Nº21	709.059	4.553.019
Arqueta Simple Nº22	708.921	4.553.182
Arqueta Doble Nº12	708.924	4.553.452
Arqueta Simple Nº23	708.815	4.553.620
Arqueta Simple Nº24	708.713	4.553.768
Arqueta Doble Nº13	708.536	4.553.764



#### 1.9.2.8. Mandrilado

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado en los dos sentidos de todos los tubos, tanto los tubos de los cables de potencia como los tubos de telecomunicaciones. Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo.

El mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar una cuerda guía que servirá para el tendido del piloto que se empleará posteriormente en el tendido de los cables. La cuerda guía deberá ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm para los tubos de los cables de potencia y de diámetro no inferior a 6 mm para los tubos de telecomunicaciones.

Una vez hayan sido mandrilados todos los tubos sus extremos deberán ser sellados con espuma de poliuretano o tapones normalizados para evitar el riesgo de que se introduzca cualquier elemento (agua, barro, roedores, etc.) hasta el momento en que vaya a ser realizado el tendido de los cables.

#### 1.9.2.9. Cámaras de empalme

La futura terna de empalme de los cables activos de la línea, así como el equipamiento auxiliar para conexión especial a tierra de las pantallas de éste, se albergarán en cámaras visitables de doble circuito y de dimensiones adecuadas, a intercalar en todo su trazado, en función del esquema de conexión a tierra de las pantallas.

Así, estará concebida en una única envolvente prefabricada de hormigón armado, monobloque (pieza única) y estanca. Esta envolvente estará diseñada para su instalación soterrada. Una vez montada, su estanqueidad total debe quedar asegurada tanto por sus características constructivas (adecuada selección del tipo de ambiental en la tipificación del hormigón y/o uso de aditivos) como por los tratamientos impermeabilizantes empleados (pinturas bituminosas o tratamientos alternativos).

Para facilitar el izado, manipulación y colocación de estas envolventes, dispondrán de elementos de tiro dispuestos dos a dos de manera que el tiro respecto a la vertical no sea superior a 30°.

Las dimensiones exteriores de referencia de la cámara proyectada tipo serán de 11,90 x 2,900 x 2,25 m (largo x ancho x alto). La cámara de empalme irá asentada entre una pendiente mínima de un 2% y una máxima de un 10%. El asiento se solucionará por medio de una capa de hormigón de regularización y limpieza, losa de cimentación de hormigón armado sobre la que disponer una cama de arena fina de nivelación de debidamente compactada. El material de relleno perimetral de hastiales estará exento de elementos que dañen el revestimiento impermeabilizante de la cámara.

Por último, indicar que, para garantizar la explotación segura de la instalación frente a las personas, las cámaras irán dotados de una red de tierras con dos dobles anillos mediante un conductor de Cu de mínimo 50 mm<sup>2</sup>.

A continuación se muestra una tabla con las coordenadas de las cámaras de empalme:

Nº Cámara	X UTM	Y UTM
C1	712.025	4.547.861
C2	711.786	4.548.490
C3	711.259	4.548.982
C4	710.780	4.549.431
C5	710.528	4.550.041
C6	710.384	4.550.696
C7	710.177	4.551.308
C8	709.794	4.552.072
C9	709.521	4.552.579
C10	709.240	4.552.903
C11	708.930	4.553.451

#### 1.9.2.10. Señalización

En superficie y a lo largo del trazado completo de la canalización entubada, se dispondrán, estratégicamente situados, diferentes hitos y/o placas de señalización indicando los cambios de dirección del trazado, identificando, en los tramos curvos, los puntos de inicio y final de la curva y, opcionalmente, el punto medio de esta.

En las placas de identificación de cada hito se indicará la tensión del circuito de AT soterrado (400 kV, en el caso de interés para este proyecto), así como la distancia y profundidad a la que se ubica la canalización respecto al hito correspondiente.

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir.

Los empalmes y terminales no deberán disminuir las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones básicas:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un sólo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio del cable.
- El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.

- El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente tanto en régimen permanente como en el caso de sobrecargas y cortocircuitos.
- Los empalmes y terminales serán premoldeados o preformados y ensayados en fábrica según especificaciones. Los empalmes y terminales serán preferentemente contráctiles en frío o deslizantes, serán totalmente secos, no admitiéndose ningún tipo de aceite aislante entre el elemento de control de campo y la envolvente exterior.

Los materiales de los empalmes y terminales cumplirán con la Norma UNE-EN 61238 y UNE-HD 629, tal y como prevé la ITC-LAT-02 "Normas y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento".

El nivel de aislamiento de los cables y sus accesorios de alta tensión (A.T.) deberán adaptarse a los valores normalizados indicados en las normas UNE 211435 "Guía para la elección de cables de alta tensión" y la norma de Coordinación de aislamiento UNE-EN 60071 parte 1 y 2.

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

#### 1.9.2.11. Puesta a tierra

El sistema elegido para la conexión de puesta a tierra de las pantallas es Cross-Bonding.

##### 1.9.2.11.1. Elementos a conectar a tierra

En las redes subterráneas de Alta Tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de protección
- Pantallas metálicas de los cables, empalmes y terminales, según el sistema de conexión elegido para cada caso, tal y como se indica en el apartado siguiente.

Todos estos elementos se regirán por lo establecido en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT-13 y con lo previsto en los apartados 4.9 de la ITC-LAT-06 y 7.1 de la ITC-LAT-07 del actual Reglamento de líneas de alta tensión.

##### 1.9.2.11.2. Conexión de las pantallas de los cables

Los cables disponen de una pantalla sobre la que se inducen tensiones. Dependiendo del tipo de conexión de las pantallas a tierra, pueden, o bien aparecer corrientes que disminuyen la intensidad máxima admisible, o bien aparecer tensiones inducidas que pueden alcanzar valores peligrosos.



La conexión de las pantallas del tramo soterrado de la modificación será en “Cross Bonding” seccionado. Este estilo de conexión consiste en interrumpir las pantallas y transponerlas ordenadamente, aprovechando los puntos de empalme de los cables para neutralizar la tensión inducida en el total de los tres tramos consecutivos (siempre y cuando estos tengan longitudes sensiblemente iguales) y poniendo a tierra ambos extremos de la línea resultando la corriente por las pantallas despreciable. En los puntos donde se realiza la transposición de pantallas se deben instalar unas cajas de conexión provistas de descargadores de tensiones. La ventaja frente a la conexión en un solo extremo es que no necesita conductor de retorno por tierra, ya que las pantallas forman un paso continuo desde un extremo a otro de la línea y están puestas a tierra en los dos extremos.

Consiste en dividir la longitud total de la línea en secciones independientes (constituidas por tres tramos elementales) conectadas en serie, de forma que, en la unión entre dos secciones, y en los extremos de la línea, las pantallas se conectan rígidamente a tierra, y en los empalmes intermedios de cada sección se realiza la permutación de fases y pantallas.

La tensión inducida en las pantallas es máxima en los empalmes intermedios de transposición, no debiendo sobrepasar los límites fijados para dicho valor, considerando el tramo más largo, en condiciones normales de servicio y para la máxima corriente admisible por el conductor. En condiciones normales de servicio y para la corriente máxima admisible por el cable, no debe sobrepasar el valor de 150 V, que garantizan para las resistividades contempladas en las diferentes instalaciones una tensión de contacto aplicada igual o inferior a 50 V.

La tensión inducida en tres tramos consecutivos de pantallas en régimen de servicio continuo con intensidades equilibradas, para una disposición de conductores al tresbolillo, es nula, por ser la suma de tres tensiones iguales desfasadas  $120^\circ$ , al ser las inductancias mutuas entre conductores y pantallas iguales en las tres fases. En consecuencia, no hay corrientes de circulación por las pantallas.

La tensión inducida en tres tramos consecutivos de pantallas en régimen de servicio continuo con intensidades equilibradas, para una disposición de conductores en capa o bandera no es nula, aunque los tres tramos sean de la misma longitud, al no ser las inductancias mutuas entre conductores y pantallas iguales en las tres fases. Sin embargo, como las tensiones inducidas están desfasadas  $120^\circ$ , y las impedancias de cada circuito de pantalla son iguales, el sistema de tensiones e impedancias es equilibrado y la corriente a tierra será nula.

En consecuencia, en régimen de servicio continuo equilibrado las corrientes de circulación por las pantallas son pequeñas respecto de otras conexiones, pero no son siempre nulas. La corriente a tierra sí que es siempre nula. Como ventaja respecto de la disposición Single-Point se consigue que en régimen de servicio continuo:

- La tensión entre pantalla y tierra en ambos extremos sea nula.
- La tensión máxima inducida en un circuito de pantallas será tres veces inferior en comparación con una configuración Single-Point de la misma longitud.

Debido al efecto de compensación de campo magnético por la circulación de corriente por las pantallas puestas a tierra, las tensiones inducidas en caso de cortocircuito sobre otros cables que discurren paralelos son mucho menores que para una disposición en Single-Point, motivo por el cual este sistema de conexión es preferible a un sistema en Single-Point con n tramos. Esta conexión de puesta a tierra cumple con lo señalado en el apartado 4.9 ITC-LAT-06 Sistema de puesta a tierra del actual Reglamento de líneas de alta tensión.

#### 1.9.2.11.3. Disposición de la puesta a tierra

Los elementos que constituyen la puesta a tierra son:

- Elementos de conexión a tierra de las pantallas
- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

#### 1.9.2.11.4. Elementos de conexión a tierra de las pantallas

Los elementos de conexión de las pantallas a tierra son los que se detallan a continuación:

##### a) Conexión rígida

La conexión directa de las pantallas a tierra se realiza mediante un puente desmontable, instalado en el interior de una caja metálica estanca pintada interior y exteriormente con resina de poliéster, apta para instalación intemperie.

La conexión se hará mediante cable unipolar con conductor de cobre y aislamiento 0,6/1 kV. La mínima sección del cable será 185 mm<sup>2</sup>.

##### b) Cruzamiento de pantallas

Se empleará una caja tripolar de cruce de pantallas (idéntica a la tripolar de puesta a tierra, descrita en el apartado anterior), apta para instalación directamente enterrada. Para la puesta a tierra directa de los empalmes intermedios en el Cross Bonding seccionado, se utilizará esta misma caja, pero sin instalar descargadores de tensiones.

El cable de conexión pantallas-caja, estará compuesto por dos conductores concéntricos, cada uno de los cuales conectará uno de los dos extremos de la pantalla interrumpida a sendas barras de contacto para su cruce.

El aislamiento será de 0,6/1 kV y la sección será de al menos igual a la sección de pantalla del cable y, por tanto, capaz de soportar la intensidad de cortocircuito.

Este cable será de una sección mínima de 2x185mm<sup>2</sup>, valor superior al previsto en la ITC-LAT-06 apartado 6.2 que es de 25 mm<sup>2</sup>, y valor superior según el cálculo de máxima corriente de cortocircuito a tierra admisible del apartado 6.2 que da un valor mínimo de aproximadamente 180 mm<sup>2</sup> para 250 °C de temperatura máxima del conductor.

#### Justificación por Intensidad máxima de cortocircuito admisible a tierra

Según la norma EN-50341-1 e ITC-LAT-06 apdo. 6.2, La corriente de cortocircuito máxima admitida por la línea de tierra en función de la duración del defecto y de las características de los conductores de puesta a tierra, a efectos de no sobrepasar la

temperatura máxima permisible, considerando el proceso adiabático, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{\ln \left( \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)}}$$

siendo:

- S:** es la sección, en mm<sup>2</sup>
- I:** es la corriente, en A (valor eficaz)
- t<sub>f</sub>:** es la duración de la corriente de falta, en s
- K:** es una constante que depende del material del circuito de tierra por el que circula la corriente, en A (s<sup>1/2</sup>)/mm<sup>2</sup>. Según la ITC-RAT 13, los valores de K para una temperatura final de los electrodos y líneas de puesta a tierra de 200 °C y 300 °C son los siguientes:

200 °C	300 °C
K=160 A (s <sup>1/2</sup> )/mm <sup>2</sup> para el cobre	K=192 A (s <sup>1/2</sup> )/mm <sup>2</sup> para el cobre
K=60 A (s <sup>1/2</sup> )/mm <sup>2</sup> para el acero	K=72 A (s <sup>1/2</sup> )/mm <sup>2</sup> para el acero

- β:** es 1/α<sub>0</sub>, siendo α<sub>0</sub>, el coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura a 0°C. Para el aluminio β=228 °C. Para el cobre β=235 °C. Para el acero β=202 °C
- θ<sub>i</sub>:** es la temperatura inicial en °C
- θ<sub>f</sub>:** es la temperatura final en °C

Si se considera la temperatura inicial de 30 °C y una temperatura máxima de 250 °C, para un defecto de una duración de 0,5 s, la sección mínima teórica necesaria para soportar una corriente de cortocircuito fase-tierra de 31,5 kA es aproximadamente 180 mm<sup>2</sup>.

Por tanto, el cable cumple con la norma UNE-EN 60228 “Conductores de cables aislados” y la norma UNE 21123-2 “Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1 kV. Parte 2: Cables con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de policloruro de vinilo”.

#### 1.9.2.11.5. Línea de tierra

Es el conductor que une el electrodo de puesta a tierra con el punto de la instalación que ha de conectarse a tierra, es decir, las cajas de puesta a tierra de empalmes y terminales.



En una instalación puede haber 2 tipos de puesta a tierra:

- La puesta a tierra de servicio conectará a tierra los extremos de los descargadores de tensiones.
- La puesta a tierra de protección conectará a tierra los elementos metálicos de la instalación, por criterios de seguridad.

#### 1.9.2.11.6. Puesta a tierra de cámaras de empalme

En el interior de las cámaras de empalme se dispondrá de un anillo superficial al que se unirán todos los elementos a conectar a tierra. Se empleará para este anillo cable de cobre desnudo de 120 mm<sup>2</sup> de sección. Las características y diseño de este anillo cumplen lo dicho en el apartado 4.9 de la ITC-LAT 06 que deriva a los apartados 7.2 y 7.3 ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión. Todas las uniones a realizar a este anillo incorporarán herrajes apropiados que garanticen la continuidad eléctrica de los conductores.

El anillo superficial se unirá al electrodo de puesta a tierra enterrado por medio de un cable de cobre desnudo de cobre de 120 mm<sup>2</sup> de sección. A fin de no perforar las paredes de la cámara de empalme, se aprovecharán los sumideros de drenaje para realizar 2 conexiones.

La arqueta de puesta a tierra se situará próxima a la cámara de empalme, de forma que la longitud de los conductores empleados para la unión de las tierras de ambos elementos no supere los 10 m. Al anillo superficial de la cámara de empalme se conectarán los elementos susceptibles de puesta a tierra de la arqueta de puesta a tierra.

#### 1.9.2.11.7. Cajas de puesta a tierra

Son cajas de conexión con envoltura estanca en tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas bien sea directamente o en tubulares. En el interior de las cajas, las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de latón, ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra. Además, se pondrán a tierra todos los soportes metálicos de sujeción de cables o terminales.

El cable de tierra que conecta los terminales o empalmes con las cajas de puesta a tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros. Serán unipolares en los extremos de los tramos soterrados y tripolares en las cámaras de empalme intermedias. En estas cámaras las cajas dispondrán de la transposición de las conexiones para realizar correctamente el Cross – Bonding.

Cumplirán con la norma UNE-EN 50102 “Grados de protección por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos” según la ITC – LAT 02 del Reglamento de líneas de alta tensión.





## 1.10. Cálculos

Seguidamente se justifican los elementos que componen las instalaciones proyectadas.

### 1.10.1. Cálculo eléctrico aéreo

Para la realización de los cálculos eléctricos aéreos se ha tenido en cuenta la longitud total de la línea, diferenciando en cada tramo la configuración y disposición de los conductores.

La potencia máxima prevista de transporte de la línea es de 148,2 MVA, por lo que todos los cálculos eléctricos se realizarán con esta potencia. Bajo estas condiciones, la potencia transporte máxima que puede circular en las condiciones de diseño tiene un valor de 1.300 MVA por circuito.

#### 1.10.1.1. Características generales

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Longitud aproximada de la línea (km).....	L = 63,60
Número de circuitos.....	n = 2
Número de conductores por fase .....	n' = 2
Distancia entre conductores del haz (mm).....	D = 400
Frecuencia (Hz) .....	f = 50
Zonas de aplicación.....	ZONAS A y B

#### 1.10.1.2. Características del conductor

Material.....	Aluminio-acero
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	S <sub>a</sub> = 454,5
Composición.....	C = 54+7
Diámetro total (mm).....	d <sub>a</sub> = 27,72
Resistencia eléctrica en c.c. a 20 °C (Ω/km).....	R <sub>20</sub> = 0,0718
Densidad de corriente Aluminio (A/mm <sup>2</sup> ) .....	d <sub>c</sub> = 1,866

### 1.10.1.3. Condiciones ambientales del proyecto

Los factores ambientales que influyen en la capacidad de transporte son: temperatura, radiación solar y velocidad del viento.

Como condiciones ambientales se han tomado las registradas en estaciones meteorológicas ubicadas en Teruel.

Radiación verano (W/m <sup>2</sup> ) .....	392
Radiación invierno (W/m <sup>2</sup> ) .....	191
Temperatura Máxima Verano (°C) .....	30
Temperatura Máxima Invierno (°C) .....	8
Mínima Velocidad del Viento (m/s) .....	0,6

Las condiciones ambientales que se han tomado son las siguientes:

Temperatura de Operación (°C) .....	85
Coeficiente de rugosidad del conductor .....	0,85
Coeficiente meteorológico .....	0,95

#### 1.10.1.4. Resistencia

La resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{\theta} = R'_{\theta} \cdot (1 + y_s) \quad \Omega/\text{km}$$

Donde:

$R_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$R'_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$y_s$ : Factor de efecto pelicular

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según la teoría de Kelvin con la ecuación:

$$y_s = \frac{x_s^2}{192 + 0.8x_s^2}$$

Siendo:

$$x_s = \frac{8\pi f 10^{-7}}{R'_{\theta}}$$

Donde:

$f$ : Frecuencia (50Hz)

$R'_{\theta}$ : Resistencia a la temperatura  $\theta$

El valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a la temperatura  $\theta$  vendrá dado por la siguiente expresión:

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

donde:

$R'_{\theta}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de 20 °C ( $\Omega/\text{km}$ )

$\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura (°C)

$\theta$ : Temperatura de servicio (°C)

Se obtiene:

$$R'_0 = 0,0451 \, \Omega/\text{km}$$

$$y_s = 0,0100$$

Se obtiene un valor unitario de:

$$R_0 = 0,0456 \, \Omega/\text{km}$$

Para la longitud total de la línea (63,60 km)

$$R_0 = 2,900 \, \Omega$$

#### 1.10.1.5. Reactancia

##### 1.10.1.5.1. Distancia media geométrica entre conductores:

La distancia media geométrica de los conductores en la línea es variable a lo largo de ella. Para calcular una distancia media aproximada se utiliza la distancia media geométrica de las crucetas ponderadas con el vano a ambos lados:

$$\overline{DMG} = \frac{\sum_i DMG_i e_{o_i}}{L}$$

donde:

$DMG_i$ : Distancia media geométrica de la cruceta  $i$  (m)

$e_{o_i}$ : Eolovano del apoyo  $i$  (m)

$L$ : Longitud total de la línea (m)

Dadas las diferentes configuraciones de cada uno de los tramos descritos la distancia media geométrica será diferente para cada uno de los mismos. Así, se calcula la distancia media geométrica para cada uno de los tramos.

##### 1.10.1.5.1.1. **TRAMO Nº1:** SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se determina la DMG para un triple circuito trifásico:

$$DMG_1 = 18,709 \, \text{m}$$

##### 1.10.1.5.1.2. **TRAMO Nº2:** AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se determina la DMG para un cuádruple circuito trifásico:

$$DMG_2 = 18,225 \, \text{m}$$

1.10.1.5.1.3. **TRAMO Nº3:** AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras

Se determina la DMG para un doble circuito trifásico, con disposición de circuitos en triángulo superior e inferior:

$$DMG_3 = 19,331 \text{ m}$$

1.10.1.5.1.4. **TRAMO Nº5:** AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras

Se determina la DMG para un doble circuito trifásico, con disposición de circuitos en triángulo superior e inferior:

$$DMG_3 = 19,331 \text{ m}$$

1.10.1.5.2. Reactancia kilométrica:

La reactancia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna y a las condiciones de diseño indicadas vendrá dada por la siguiente expresión:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \frac{1}{n} \cdot \left[ \frac{1}{2 \cdot n'} + 4,6 \cdot \log \left( \frac{D_m}{r_{eq}} \right) \right] \cdot 10^{-4}$$

➤ **TRAMO Nº1:** SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3803 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (15,22 km)

$$X = 5,8179 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n']{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

➤ **TRAMO Nº2:** AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3534 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (18,47 km)

$$X = 6,5273 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n]{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

- **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3294 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (13,91 km)

$$X = 4,5819 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n]{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

- **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$X = 0,3294 \Omega/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (16,01 km)

$$X = 5,2741 \Omega$$

siendo  $r_{eq} = \sqrt[n]{\frac{d_a}{2} \Delta^{(n'-1)}} = 0,074 \text{ m}$

#### 1.10.1.6. Susceptancia

La susceptancia de la línea por unidad de longitud y por fase se calcula según la expresión:

$$B = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot n \cdot \left[ \frac{24,2}{\log\left(\frac{D_m}{r_{eq}}\right)} \right] \cdot 10^{-9}$$

- **TRAMO N°1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 2,9535 \mu\text{S}/\text{km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (15,22 km)

$$B = 45,1881 \mu\text{S}$$

➤ **TRAMO N°2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,1827 \mu\text{S/km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (18,47 km)

$$B = 58,8796 \mu\text{S}$$

➤ **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,4204 \mu\text{S/km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (13,91 km)

$$B = 50,9975 \mu\text{S}$$

➤ **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

Se obtiene un valor unitario de:

$$B = 3,4204 \mu\text{S/km}$$

Para la longitud del tramo de la línea (16,01 km)

$$B = 54,7598 \mu\text{S}$$

#### 1.10.1.7. Conductancia

La susceptancia de la línea por unidad de longitud y por fase se calcula según la expresión:

$$G = \frac{P_1}{\frac{U^2}{3}} \cdot 10^{-3} \text{ S/km}$$

En donde:

- $P_1$ : Pérdida de potencia por fase debida a la conductancia de los aisladores (kW/km)  
 $U$ : Tensión nominal compuesta de la línea (kV)

Se obtiene un valor unitario de:



$$G = 1,1825 \cdot 10^{-3} \mu\text{S/km}$$

Para la longitud total de la línea (63,60 km)

$$G = 0,07521 \mu\text{S}$$

#### 1.10.1.8. Ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea

Las ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea vendrán dadas por las siguientes expresiones:

$$\frac{U_1}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_2 \quad (\text{kV})$$

$$I_1 = \frac{1}{Z_c} \text{sh}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_2 \quad (\text{kA})$$

$$\frac{U_2}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_1}{\sqrt{3}} - (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_1 \quad (\text{kV})$$

$$I_2 = -\frac{1}{Z_c} \text{sh}(\gamma l) \frac{U_1}{\sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_1 \quad (\text{kA})$$

siendo:

$$Z_c = \sqrt{\frac{(R + Xj)}{(G + Bj)}} \quad \text{impedancia característica de la línea } (\Omega)$$

$$\gamma = \sqrt{(R + Xj)(G + Bj)} \quad \text{constante de propagación de la línea } (\text{km})^{-1}$$

$U_1$  Tensión compuesta en el extremo generador (kV).

$U_2$  Tensión compuesta en el extremo receptor (kV).

$I_1$  Intensidad de línea en el extremo generador (kA).

$I_2$  Intensidad de línea en el extremo receptor (kA).

$l$  Longitud de la línea (km).

Los valores de  $Z_c$  y  $\gamma$  obtenidos son:

➤ **TRAMO N°1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

$$\gamma = (0,0636 + j1,062) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (359,462 - j21,391) \Omega$$

- **TRAMO N°2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

$$\gamma = (0,0684 + j1,063) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (333,934 - j21,378) \Omega$$

- **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

$$\gamma = (0,0734 + j1,064) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (311,084 - j21,361) \Omega$$

- **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

$$\gamma = (0,0734 + j1,064) 10^{-3} \text{ km}^{-1}$$

$$Z_c = (311,084 - j21,361) \Omega$$

#### 1.10.1.8.1. Impedancias secuenciales

El cálculo de las impedancias secuenciales se calcula mediante la teoría de Carson.

Se considerará un conductor ficticio que representará el terreno con un radio equivalente de 1m.

La resistencia de este conductor ficticio por unidad de longitud y la distancia equivalente entre conductores y cable de tierra y este conductor ficticio vendrán dados por las siguientes expresiones:

$$R_d = 9.86910^{-4} f \quad (\Omega/\text{km})$$

$$D_d = 25.6587 \left( \frac{p}{f} \right)^{0.25} (m)$$

Siendo  $f$  la frecuencia (50 Hz),  $p$  la resistividad del terreno (100  $\Omega/\text{m}$ ) y  $k = 2 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ .

Para el cálculo de la matriz de impedancias de secuencia, se evalúa la siguiente ecuación matricial:

$$Z_{012} = A^{-1} Z_{abc} A$$

Debido a que los circuitos son independientes la matriz  $A$  es la siguiente:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -0.5 - 0.866j & -0.5 + 0.866j & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -0.5 + 0.866j & -0.5 - 0.866j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -0.5 - 0.866j & -0.5 + 0.866j \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -0.5 + 0.866j & -0.5 - 0.866j \end{pmatrix}$$

La matriz de impedancias es:

$$Z_{abc_{ii}} = R_i + R_{terr} + j \frac{\omega \mu_0}{2\pi} \ln \left( \frac{D_e}{r_{eq}} \right)$$

$$Z_{abc_{ij}} = R_{terr} + j \frac{\omega \mu_0}{2\pi} \ln \left( \frac{D_e}{d_{ij}} \right)$$

$$Z = \begin{pmatrix} 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.299j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.259j & 0.049 + 0.253j & 0.049 + 0.236j & 0.049 + 0.228j \\ 0.049 + 0.299j & 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.299j & 0.049 + 0.253j & 0.049 + 0.264j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.25j \\ 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.299j & 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.236j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.264j & 0.049 + 0.274j \\ 0.049 + 0.259j & 0.049 + 0.253j & 0.049 + 0.236j & 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.299j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.233j \\ 0.049 + 0.253j & 0.049 + 0.264j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.299j & 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.299j & 0.049 + 0.26j \\ 0.049 + 0.236j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.264j & 0.049 + 0.255j & 0.049 + 0.299j & 0.095 + 0.593j & 0.049 + 0.303j \\ 0.049 + 0.228j & 0.049 + 0.25j & 0.049 + 0.274j & 0.049 + 0.233j & 0.049 + 0.26j & 0.049 + 0.303j & 0.445 + 0.735j \end{pmatrix} \cdot \frac{\Omega}{km}$$

La matriz de impedancias de secuencia es:

$$Z_{012} = A^{-1} Z_{abc} A$$

$$Z_{012} = \begin{pmatrix} 0.229 + 0.936i & 0.015 + 0.004i & -0.022 + 0.000i & 0.188 + 0.521i & 0.010 + 0.013i & -0.020 + 0.005i \\ -0.022 + 0.000i & 0.046 + 0.308i & -0.024 + 0.015i & -0.015 + 0.003i & 0.000 + 0.013i & -0.009 + 0.005i \\ 0.015 + 0.004i & 0.025 + 0.014i & 0.046 + 0.308i & 0.007 + 0.008i & 0.009 + 0.004i & 0.001 + 0.013i \\ 0.188 + 0.521i & 0.007 + 0.008i & -0.015 + 0.003i & 0.239 + 0.911i & 0.018 + 0.011i & -0.029 + 0.003i \\ -0.020 + 0.005i & 0.001 + 0.013i & -0.009 + 0.005i & -0.029 + 0.003i & 0.046 + 0.307i & -0.024 + 0.015i \\ 0.010 + 0.013i & 0.009 + 0.004i & 0.000 + 0.013i & 0.018 + 0.011i & 0.024 + 0.014i & 0.046 + 0.307i \end{pmatrix} \cdot \frac{\Omega}{km}$$

Dada la longitud de la línea:

Impedancia de secuencia directa ( $\Omega$ ) ..... **2,9034 + j 20,4964**

Impedancia de secuencia inversa ( $\Omega$ )..... **2,9034 + j 20,4964**

Impedancia de secuencia homopolar ( $\Omega$ ) ..... **13,2923 + j 61,4286**

Para el cálculo de las admitancias de secuencia se recurre a la matriz de capacidades de línea. Esta matriz es inversa a la matriz de coeficientes de potencial que se estudia más adelante en este proyecto.

$$C_{abc} = \lambda^{-1}$$

Y para la matriz de capacidades de secuencia se recurre a la misma matriz A.

$$C_{012} = A^{-1} C_{abc} A$$

Para la matriz de admitancias de secuencia se multiplica por la pulsación y el complejo j:

$$Y_{012} = j 2 \pi f C_{012}$$

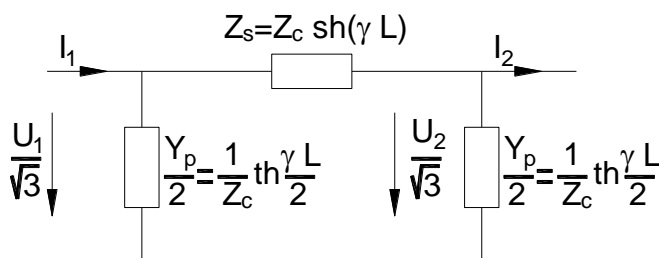
$$Y_{012} = \begin{pmatrix} 2.045i & -0.07 + 0.066i & 0.07 + 0.066i & -0.698i & -0.007 + 0.024i & 0.007 + 0.024i \\ 0.07 + 0.066i & 3.629i & 0.273 - 0.154i & 0.002 + 0.026i & 0.001 - 0.115i & 0.07 - 0.036i \\ -0.07 + 0.066i & -0.273 - 0.154i & 3.629i & -0.002 + 0.026i & -0.07 - 0.036i & -0.001 - 0.115i \\ -0.698i & -0.002 + 0.026i & 0.002 + 0.026i & 2.097i & -0.092 + 0.047i & 0.092 + 0.047i \\ 0.007 + 0.024i & -0.001 - 0.115i & 0.07 - 0.036i & 0.092 + 0.047i & 3.644i & 0.257 - 0.156i \\ -0.007 + 0.024i & -0.07 - 0.036i & 0.001 - 0.115i & -0.092 + 0.047i & -0.257 - 0.156i & 3.644i \end{pmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

Dada la longitud de la línea:

Susceptancia de secuencia directa ( $\mu S$ ) ..... 224,875  
Susceptancia de secuencia inversa ( $\mu S$ ) ..... 224,875  
Susceptancia de secuencia homopolar ( $\mu S$ ) ..... 153,647

#### 1.10.1.9. Equivalente en $\pi$ de la línea

Las ecuaciones de parámetros distribuidos de la línea se representarán físicamente mediante el siguiente cuadripolo eléctrico en  $\pi$ :



#### 1.10.1.10. Caída de tensión

Los cálculos de caída de tensión se realizan utilizando el equivalente en  $\pi$  de la línea. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_1| - |U_2|}{|U_2|} 100 \quad (\%)$$

siendo:

$$U_2 = U_2 \angle 0 \quad (\text{kV})$$

$$\frac{U_1}{\sqrt{3}} = \text{ch}(\gamma l) \frac{U_2}{\sqrt{3}} + (Z_c \text{sh}(\gamma l)) I_2 \quad (\text{kV})$$

donde :

$$I_2 = \frac{P}{\sqrt{3} |U_2| \cos(\varphi)} \angle \varphi \quad (\text{kA})$$

$$I_1 = \frac{\text{sh}(\gamma l)}{Z_c} \frac{U_2}{\sqrt{3}} + \text{ch}(\gamma l) I_2 \quad (\text{kA})$$

siendo:

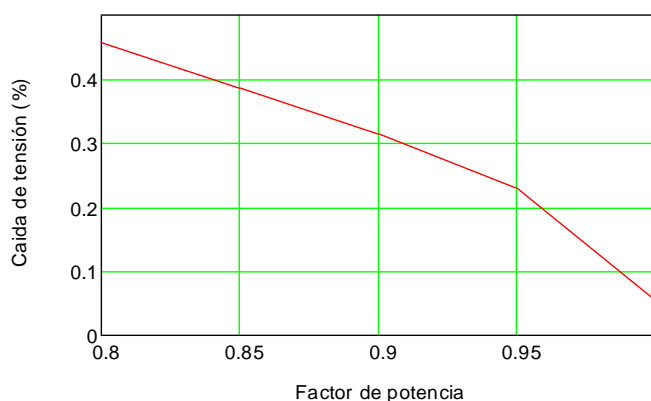
P: Potencia activa que transporta la línea (MW).

$\cos\varphi$ : Factor de potencia de la carga receptora.

$U_2$ : Tensión compuesta de la línea en el extremo receptor (kV).

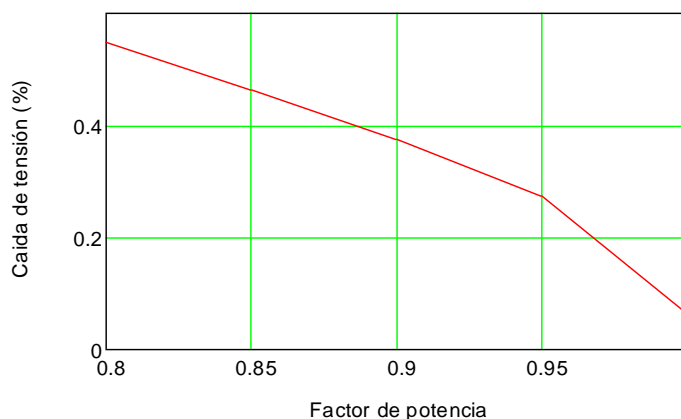
Los resultados obtenidos para los distintos factores de potencia por tramo son:

➤ **TRAMO Nº1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



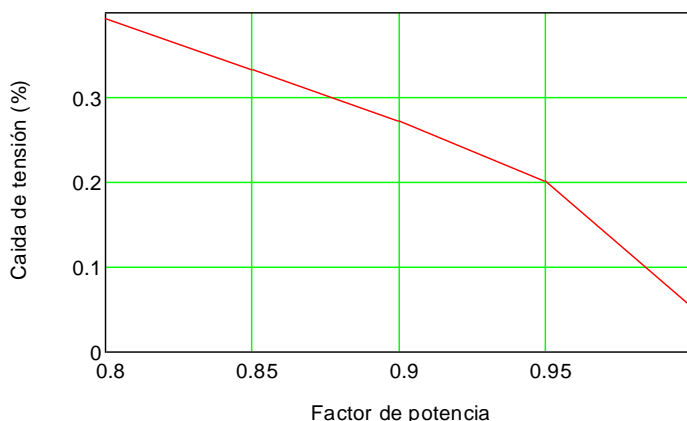
$\cos\varphi$	$\Delta U\%$
0,80	0,457
0,85	0,387
0,90	0,314
0,95	0,230
1,00	0,053

➤ **TRAMO N°2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



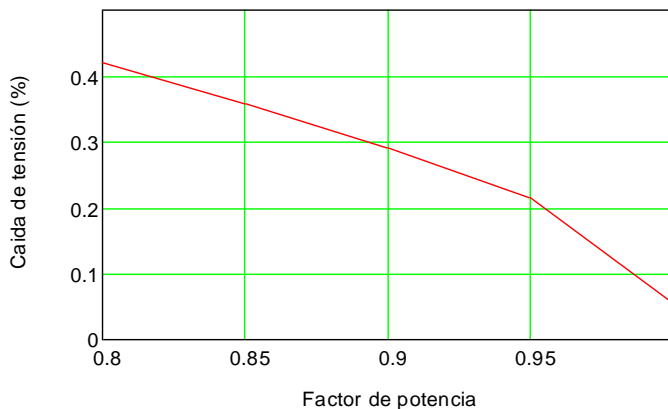
cosφ	ΔU%
0,80	0,514
0,85	0,435
0,90	0,353
0,95	0,259
1,00	0,061

➤ **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**



cosφ	ΔU%
0,80	0,392
0,85	0,333
0,90	0,272
0,95	0,201
1,00	0,051

➤ **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**



cosφ	ΔU%
0,80	0,420
0,85	0,357
0,90	0,291
0,95	0,215
1,00	0,054



Así, la caída de tensión de la línea completa del tramo aéreo se obtiene del resultado de la suma algebraica de las caídas de tensión de cada uno de los tramos en que se compone:

$\cos\phi$	$\Delta U\%$
0,80	<b>1,783</b>
0,85	<b>1,512</b>
0,90	<b>1,230</b>
0,95	<b>0,905</b>
1,00	<b>0,219</b>

#### 1.10.1.11. Potencia máxima de transporte

Se ha estudiado la potencia máxima de transporte según el RLAT (2008). No obstante, tal y como contempla el reglamento de líneas, en apartados posteriores, se ha estudiado también la capacidad de transporte, según el límite térmico, para las condiciones climáticas consideradas en este proyecto.

##### 1.10.1.11.1. Densidad de corriente

La densidad máxima de corriente en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce de la tabla 11 del RLAT y de los coeficientes de reducción contenidos en el artículo 4.2.1 del mismo.

CONDUCTOR	LA-455 DUPLEX
DENSIDAD DE CORRIENTE (A/mm <sup>2</sup> )	1,866 × 2
CORRIENTE MÁXIMA (A)	1.596

#### 1.10.1.11.2. Potencia máxima admisible de transporte

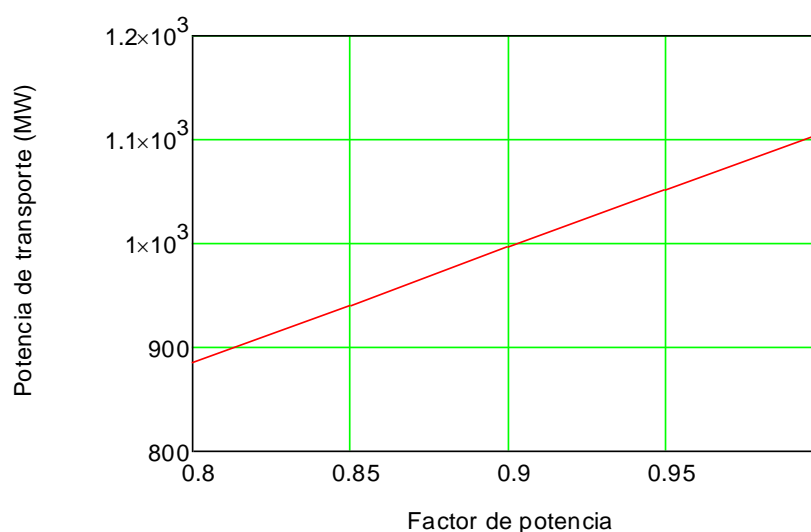
La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible del conductor o por la caída de tensión máxima que se fije y que, en general, no deberá exceder del 5 %.

La máxima potencia de transporte de la línea se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{\max} = n' \cdot n \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{adm}} \cdot \cos\varphi \text{ (MW)}$$

siendo:

- n: Número de circuitos
- n': Número de conductores por fase
- U: Tensión nominal compuesta de la línea (kV)
- $I_{\text{adm}}$ : Intensidad máxima admisible del conductor (kA)
- $\cos\varphi$ : Factor de potencia de la carga receptora



La potencia máxima de transporte en función del factor de potencia se muestra a continuación:

Cosφ	P <sub>MAX</sub> (MW)
0,80	885,73
0,85	941,08
0,90	996,44
0,95	1,05 x 10³
1,00	1,11 x 10³

#### 1.10.1.12. Efecto corona

De acuerdo con el apartado 4 de la ITC-LAT 07, en líneas de tensión nominal superior a 66 kV debe comprobarse el comportamiento de los conductores frente al efecto corona. Por ello, en el presente apartado se determina la tensión crítica disruptiva de aparición del *efecto corona* al objeto de verificar que los resultados obtenidos son inferiores a los valores a partir de los cuales se produce dicha perturbación.

La tensión crítica de aparición del efecto corona, se determina para la línea en estudio y con la suficiente aproximación a partir de la ley empírica establecida por *F.W. Peek*, que para fases simples se corresponde con la siguiente expresión:

$$U_c = 84 \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot r \cdot \log \left( \frac{DMG}{RMG} \right)$$

Siendo:

- $U_c$ : Tensión crítica disruptiva
- $m_c$ : Coeficiente de rugosidad del conductor, comprendido entre 0,83 y 0,87 para el caso de conductores cableados. En el presente proyecto se considera un valor de 0,85.
- $m_t$ : Coeficiente meteorológico o “factor de mal tiempo”, que toma en consideración el efecto de la humedad sobre la tensión crítica disruptiva,  $U_c$ . En el caso más desfavorable, en verano, se supone un valor de 0,95.
- RMG: Radio Medio Geométrico del conductor, en cm. Se puede tomar con la suficiente aproximación igual al radio del conductor en circuitos simples.
- DMG: Distancia Media Geométrica entre ejes de fases, en cm.
- $r$ : Radio del conductor en cm
- $\delta$ : factor corrector de la densidad del aire en función de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura. Este factor resulta directamente proporcional a la presión barométrica e inversamente proporcional a la temperatura absoluta del aire. Se determina a través de la siguiente expresión:

$$\delta = \frac{273 + 25}{76} \cdot \frac{h}{273 + t} = \frac{3,921 \cdot h}{273 + t}$$

donde:

- $t$  = Temperatura máxima correspondiente a la altitud del punto considerado, en °C (en el presente proyecto se considera la temperatura medida en verano de 30 °C).
- $h$  = Presión barométrica en cm de columna de mercurio a la altura (media) de la línea. Esta presión, dependiente de la altitud sobre el nivel del mar en el punto considerado, habitualmente se determina a través de la fórmula de Halley:

$$\log h = \log 76 - \frac{y}{18.336} \Rightarrow h = 10^{\log 76 - \frac{y}{18.336}}$$

considerando “y” a la altitud sobre el nivel del mar, en m.

En el caso de haces múltiples, el valor obtenido para un conductor único se divide por un factor  $\beta$ :

$$\beta = \frac{1 + (n - 1) \cdot \frac{r}{R}}{n}$$

Con todo, se obtiene el siguiente resultado:

$$U_c = 451,399 \text{ kV}$$

En las condiciones habituales de funcionamiento de la instalación, la tensión máxima eficaz será de 420 kV, inferior a la tensión crítica disruptiva calculada, por lo cual en dichas condiciones no se producirán pérdidas apreciables por el efecto corona.

➤ **TRAMO Nº1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

La altura máxima aproximada de tramo es de 1.450 metros, por lo que se aplica dicho valor para el cálculo del factor corrector de la densidad del aire.

Con todo, se obtiene el siguiente resultado:

$$\delta = 0,833$$

$$U_c = 484,486 \text{ kV}$$

En las condiciones habituales de funcionamiento de la instalación, la tensión máxima eficaz será de 420 kV, inferior a la tensión crítica disruptiva calculada, por lo cual en dichas condiciones “**no se producirá efecto corona**”.

Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona serán, por tanto, nulas.

➤ **TRAMO Nº2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**

La altura máxima aproximada de tramo es de 1.200 metros, por lo que se aplica dicho valor para el cálculo del factor corrector de la densidad del aire.

Con todo, se obtiene el siguiente resultado:

$$\delta = 0,846$$

$$U_c = 464,106 \text{ kV}$$

En las condiciones habituales de funcionamiento de la instalación, la tensión máxima eficaz será de 420 kV, inferior a la tensión crítica disruptiva calculada, por lo cual en dichas condiciones **“no se producirá efecto corona”**.

Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona serán, por tanto, nulas.

➤ **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras**

La altura máxima aproximada de tramo es de 850 metros, por lo que se aplica dicho valor para el cálculo del factor corrector de la densidad del aire.

Con todo, se obtiene el siguiente resultado:

$$\delta = 0,899$$

$$U_c = 466,861 \text{ kV}$$

En las condiciones habituales de funcionamiento de la instalación, la tensión máxima eficaz será de 420 kV, inferior a la tensión crítica disruptiva calculada, por lo cual en dichas condiciones **“no se producirá efecto corona”**.

Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona serán, por tanto, nulas.

➤ **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve a SET Cámaras – SET Cámaras**

La altura máxima aproximada de tramo es de 500 metros, por lo que se aplica dicho valor para el cálculo del factor corrector de la densidad del aire.

Con todo, se obtiene el siguiente resultado:

$$\delta = 0,939$$

$$U_c = 487,845 \text{ kV}$$

En las condiciones habituales de funcionamiento de la instalación, la tensión máxima eficaz será de 420 kV, inferior a la tensión crítica disruptiva calculada, por lo cual en dichas condiciones **“no se producirá efecto corona”**.

Las pérdidas de potencia debidas al efecto corona serán, por tanto, nulas.

#### 1.10.1.13. Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia en la línea son debidas al efecto Joule.

Las pérdidas por efecto Joule dependen de la intensidad de corriente de la línea y del estado de los aisladores y vendrán dadas por la siguiente expresión:

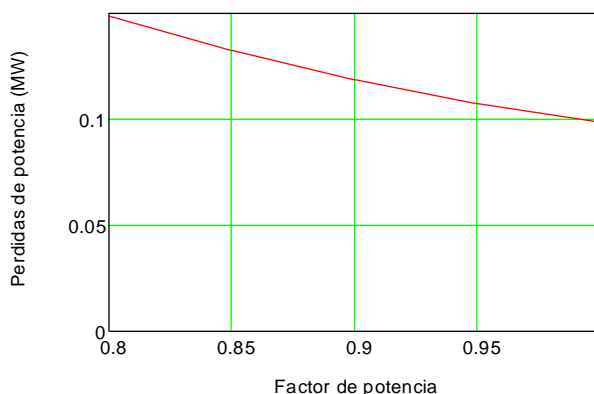
$$P_j = \sqrt{3} \cdot \text{Re} |U_1 \cdot I_1^* - U_2 \cdot I_2^*| \text{ (MW)}$$

siendo:

- $U_1$ : Tensión en el extremo emisor (kV)
- $I_1$ : Intensidad en el extremo emisor (kA)
- $U_2$ : Tensión en el extremo receptor (kV)
- $I_2$ : Intensidad en el extremo receptor (kA)

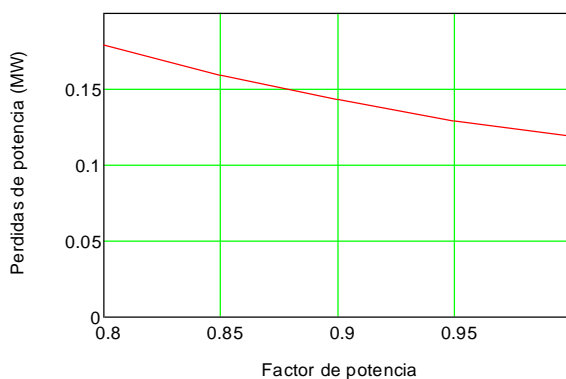
Las pérdidas de potencia totales en la línea serán la suma de las dos:

➤ **TRAMO N°1: SET Ejulve – AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



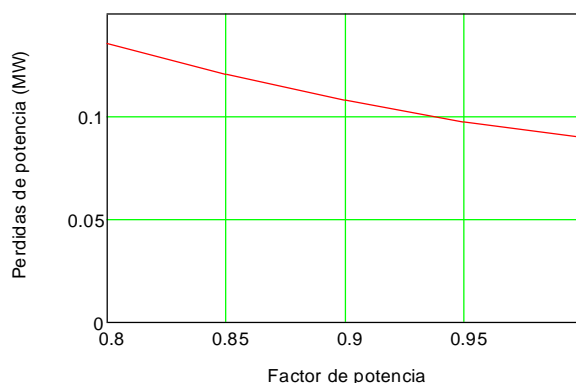
Cosφ	ΔP (MW)	ΔP (%)
0,80	0,15	0,101
0,85	0,13	0,089
0,90	0,12	0,080
0,95	0,11	0,073
1,00	0,10	0,067

➤ **TRAMO N°2: AP2 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores**



Cosφ	ΔP (MW)	ΔP (%)
0,80	0,18	0,121
0,85	0,16	0,107
0,90	0,14	0,096
0,95	0,13	0,087
1,00	0,12	0,080

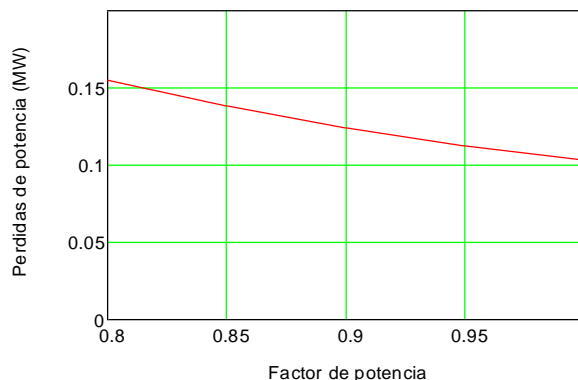
➤ **TRAMO N°3: AP62 LAT SET Íberos a SET Mudéjar Promotores – AP90 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve – SET Cámaras**



Cosφ	ΔP (MW)	ΔP (%)
0,80	0,14	0,091
0,85	0,12	0,081
0,90	0,11	0,073
0,95	0,10	0,066
1,00	0,09	0,061



➤ **TRAMO N°5: AP107 PAS LASAT 400 kV SET Ejulve – SET Cámaras – SET Cámaras**



Cosφ	ΔP (MW)	ΔP (%)
0,80	0,16	0,105
0,85	0,14	0,093
0,90	0,12	0,084
0,95	0,11	0,076
1,00	0,10	0,070

Así, las pérdidas de potencia de la línea en el tramo aéreo se obtiene del resultado de la suma algebraica de las pérdidas de cada uno de los tramos en que se compone:

Cosφ	ΔP (MW)	ΔP (%)
0,80	0,63	0,418
0,85	0,55	0,370
0,90	0,49	0,333
0,95	0,45	0,302
1,00	0,41	0,278

#### 1.10.1.14. Campo Eléctrico en las proximidades de la línea

El cálculo del campo eléctrico se efectúa a partir del método de simulación de cargas. En este método se simula cada conductor con una carga lineal en el centro del mismo.

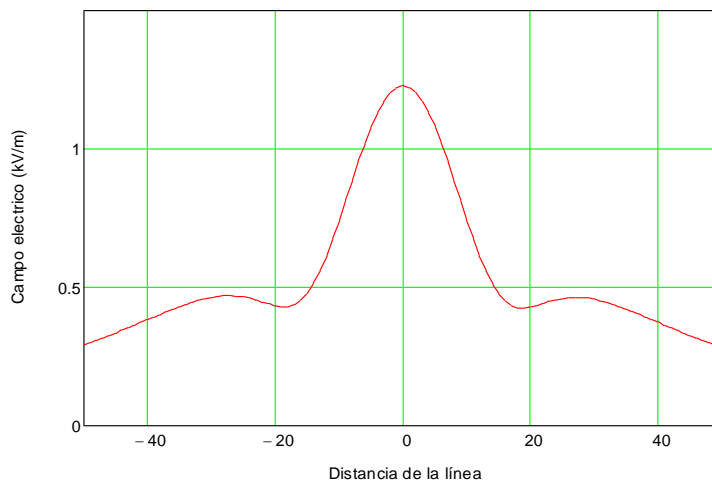
El campo eléctrico vectorial en cualquier punto del espacio es la resultante de las contribuciones de las cargas de los conductores:

$$\vec{E}_T = \frac{1}{2\pi\epsilon_o} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i} \vec{r}_i$$

Donde

- $\epsilon_o$  Es la permitividad relativa del aire
- $q_i$  Es la carga del conductor i
- $r_i$  Es la distancia entre el conductor y el punto considerado

El módulo del campo eléctrico a 50metros a cada lado del eje de la línea y a 1 metro por encima del suelo se representa en la siguiente gráfica:



Como se puede observar el máximo valor de campo eléctrico es inferior al recomendado para la exposición de personas, para campos eléctricos de 50 Hz que se puede establecer en 5kV/m.

#### 1.10.1.15. Nivel de ruido audible

Se ha implementado la metodología desarrollada por el Electric Power Research Institute, la cual permite llevar en consideración tanto la propagación como la absorción de las ondas esféricas de sonido en el aire, y además llevar incluido el rango de frecuencias concebidas al umbral auditivo humano, permitiendo así, la contrastación de los valores teóricos con mediciones realizadas en la escala de ponderación A (dB(A)).

La metodología permite evaluar el ruido audible total, como una superposición del ruido audible producido por cada conductor, para condiciones de lluvia.

Primero se ha de obtener la potencia acústica en el periodo de lluvia por medio de:

$$A1 = 20\log(n') + 44\log(100d) - \frac{655}{E_n} + K_{nn} \quad (dB)$$

Donde

- $n'$  Es el número de subconductores por haz
- $d$  Es el diámetro del conductor en metros
- $E_n$  Es el gradiente máximo de potencial en la superficie del conductor (kV/cm)
- $K_{nn}$  Es un factor de corrección que depende del número de subconductores

Posteriormente se incluyen los efectos tanto de propagación como de absorción en el aire, dando como resultado:

$$P(20\mu Pa)_i = A1 - 10\log(r_i) - 0.02r_i$$

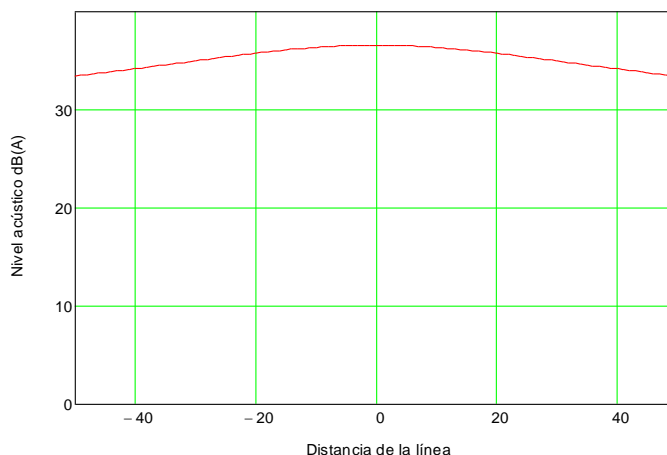
Donde

$P(20\mu Pa)_i$  Es la referencia tomada para el nivel de presión sonora

$r_i$  Es la distancia entre el punto considerado y el conductor en metros  
Por último se suman las contribuciones de todos los conductores, mediante la siguiente ecuación:

$$P_{total}(dB) = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{P_i}{10}}$$

En la siguiente gráfica se puede observar el nivel de ruido que se puede presentar en la línea con lluvia, en posiciones que van desde los 50 metros a un lado de la línea hasta el otro.



Como se puede ver en la gráfica los valores de ruido audible son inferiores a los 52,5 dB (A) a 30 metros de la línea, valor considerado como límite para resultar molestas a las personas.

#### 1.10.1.16. Potencia de transporte en función de temperatura

La potencia que puede transportar la línea se puede calcular, además, con el balance térmico en el conductor, dadas las temperaturas ambiente y temperatura máxima del cable.

Para realizar el cálculo se ha utilizado un método desarrollado en el CIGRE del grupo de trabajo 12 denominado "THERMAL BEHAVIOUR OF OVERHEAD CONDUCTORS".

Para la resolución del problema se cuenta con el balance térmico en el conductor, esto es que el calor generado sea igual al calor evacuado en régimen permanente

$$Q_{gen} = Q_{ced}$$

El calor es generado por cuatro motivos: El efecto Joule en el conductor, efectos magnéticos (como efecto pelicular), radiación solar sobre el conductor y las pérdidas por efecto corona. En cuanto al calor cedido se estudia la radiación al medio ambiente, la convección ya sea natural o forzada y por último efecto de evaporación de agua.

$$Q_J + Q_M + Q_S + Q_i = Q_c + Q_r + Q_w$$

#### 1.10.1.16.1. Calor aportado por radiación solar

La radiación solar sobre el cable tiene en cuenta tanto la directa como la difusa. Se puede escribir:

$$Q_S = \alpha_s S D_c$$

siendo:

- $\alpha_s$  Absorbidad del conductor con un valor de 0,5
- $S$  Radiación solar global, se estima un valor de  $980 \text{ W/m}^2$  para verano,  $800 \text{ W/m}^2$  para primavera y otoño y un valor de  $700 \text{ W/m}^2$  en invierno.
- $D_c$  Diámetro del conductor en m

por lo tanto el calor aportado por el sol al cable es:

$$Q_S = \begin{pmatrix} 5.4 \\ 4.4 \\ 2.6 \\ 3.6 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

#### 1.10.1.16.2. Calor aportado por efecto corona

El aporte de calor por efecto corona es solamente significativa con los altos gradientes superficiales del tensión que están presentes durante la precipitación suele haber vientos y existe mucha refrigeración por evaporación del agua. Debido a este hecho, y al hecho de que el cálculo se realiza para evaluar la potencia máxima de las líneas no se considera necesario incluir las fórmulas para el cálculo del calentamiento por efecto corona.

$$Q_i = 0 \text{ W/m}$$

#### 1.10.1.16.3. Calor cedido por radiación

Debido al hecho de que la pérdida de radiación es una pequeña fracción del total de la pérdida de calor, especialmente con convección forzada, a menudo es suficientemente preciso escribir:

$$Q_r = \pi D_c \varepsilon \sigma_b (T_c^4 - T_{amb}^4)$$

siendo:

- $\varepsilon_s$  Emisividad del conductor con un valor de 0,5
- $\sigma_b$  Constante de Stefan-Boltzmann de valor  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
- $T_c$  Es la temperatura del conductor en régimen permanente  $85^\circ\text{C}$
- $T_{amb}$  Es la temperatura ambiente máxima en función de la época del año.

Para los siguientes valores de temperatura ambiente:

$$\theta_1 = \begin{pmatrix} 30 \\ 20 \\ 8 \\ 18 \end{pmatrix} .^{\circ}\text{C}$$

Se obtiene un valor de calor cedido por radiación para cada una de las estaciones del año de:

$$Q_r = \begin{pmatrix} 19.7 \\ 22.4 \\ 25.2 \\ 22.9 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

#### 1.10.1.16.4. Enfriamiento por evaporación

El enfriamiento por evaporación no se altera significativamente con el vapor de agua que está presente en el aire o con las gotitas de agua que va arrastrado en la corriente de aire alrededor del conductor. Los efectos del enfriamiento por evaporación son generalmente ignorados, y por lo tanto no son tratadas en el presente documento.

$$Q_w = 0 \text{ W/m}$$

#### 1.10.1.16.5. Calor cedido por convección

La superficie caliente del conductor calienta el aire adyacente, y la densidad del aire caliente se reduce, por lo tanto, provocando el ascenso de este aire en el caso de convección natural ( $V = 0$ ), o que será arrastrado en caso de convección forzada ( $V \neq 0$ ). Aire frío reemplaza el aire caliente, refrigerando el conductor.

En el caso que nos ocupa donde las velocidades de viento son pequeñas, se calculará tanto la convección forzada como la natural y se elegirá el mayor valor del coeficiente de transmisión del calor por convección dado por ambos casos.

En cualquier caso la forma de calcular será:

$$Q_c = \pi \lambda_f (T_c - T_{\text{amb}}) Nu$$

donde:

- $\lambda_f$  Conductividad térmica del aire que se encuentra en las proximidades del conductor
- $Nu$  Número de Nusselt, que se calculará en función del tipo de convección, forzada o natural

#### 1.10.1.16.5.1. Convección forzada

En rangos de operación normales se puede decir:

$$Nu = B_1 Re^n$$

Los valores de  $B_1$  y  $n$  están en función de la rugosidad del conductor, y esta se puede calcular con la siguiente expresión:

$$Rf = \frac{d}{2(D_c - d)}$$

Siendo:

$d$  El diámetro del hilo exterior al cable 3,08 mm

El valor obtenido de la rugosidad es 0,063, y por tanto los valores obtenidos son

$$B_1 = 0,641$$

$$n = 0,471$$

El número de Reynolds para una corriente de aire se puede calcular como:

$$Re = \frac{\rho_r D_c v}{\nu_f}$$

Donde:

- $\rho_r$  La densidad relativa del aire
- $v$  La velocidad del viento 0,6 m/s para el caso de estudio
- $\nu_f$  La viscosidad cinemática del aire en  $m^2/s$

Los valores obtenidos son diferentes para distintas estaciones del año, ya que las propiedades del aire son función de la temperatura, de este modo se tienen valores del número de Reynolds para las cuatro estaciones:

$$Re_i = \begin{pmatrix} 753.2 \\ 772.9 \\ 797.9 \\ 777.0 \end{pmatrix}$$

Los valores del número de Nusselt para el flujo de aire perpendicular al cable son:

$$Nu_f = \begin{pmatrix} 14.517 \\ 14.695 \\ 14.917 \\ 14.731 \end{pmatrix}$$

La dirección del viento juega un papel importante en la eficacia de la refrigeración por convección forzada. El número de Nusselt varía en función del ángulo de ataque  $\delta$ , respecto al eje del conductor, de la siguiente manera:

$$Nu_{\delta} = Nu_{90} (A_1 + B_2 \sin \delta^{m_1})$$

Donde:

- $\delta$  El ángulo de ataque del viento respecto al cable, normalmente se emplean  $45^\circ$  cuando no hay una dirección específica de viento
- $A_1$  Valor adimensional igual a 0,42
- $B_2$  Valor adimensional igual a 0,58
- $m_1$  Valor adimensional igual a 0,90

Por tanto los valores del número de Nusselt para el flujo de aire real son:

$$Nu_{\delta} = \begin{pmatrix} 12.261 \\ 12.411 \\ 12.599 \\ 12.442 \end{pmatrix}$$

#### 1.10.1.16.5.2. Convección natural

El número de Nusselt para enfriamiento por convección natural depende del producto de los números de Grashof y Prandtl:

$$Nu = A_2 (Gr Pr)^{m_2}$$

El número de Prandtl es:

$$Pr = \frac{c\mu}{\lambda_f}$$

Donde:

- $c$  Es el calor específico del aire a presión constante en J/kg K
- $\mu$  Es la viscosidad dinámica del aire en kg/m s
- $\lambda_f$  Conductividad térmica del aire que se encuentra en las proximidades del conductor



Por tanto el número es únicamente función de la temperatura y de este modo se obtienen cuatro valores para las cuatro estaciones del año:

$$Pr = \begin{pmatrix} 0.7006 \\ 0.7019 \\ 0.7034 \\ 0.7021 \end{pmatrix}$$

Y se define el número de Grashof:

$$Gr = \frac{D_c^3 (T_c - T_{amb}) g}{T_{av} \nu_f}$$

Donde:

- $g$  Es la aceleración de la gravedad  $9,81 \text{ m/s}^2$
- $T_{av}$  Es la temperatura del aire que rodea al cable, en K
- $\nu_f$  La viscosidad cinemática del aire en  $\text{m}^2/\text{s}$
- $D_c$  Es el diámetro exterior del conductor
- $T_c$  Es la temperatura del conductor en régimen permanente  $85^\circ\text{C}$
- $T_{amb}$  Es la temperatura ambiente que es función de la estación del año

Los valores obtenidos son:

$$Gr = \begin{pmatrix} 26832 \\ 31710 \\ 37565 \\ 32686 \end{pmatrix}$$

Los valores de las constantes  $A_2$  y  $m_2$  están en función del rango del producto  $GrPr$  y para los valores del proyecto:

$$A_2 = 0,48$$

$$m_2 = 0,25$$

El número de Nusselt para enfriamiento por convección natural es:

$$Nu_n = \begin{pmatrix} 5.621 \\ 5.863 \\ 6.12 \\ 5.908 \end{pmatrix}$$

Como se expuso anteriormente para el calor cedido por convección natural se utilizará el máximo valor del número de Nusselt de convección natural y forzada, para el caso del proyecto que nos ocupa los valores son:

$$Nu = \begin{pmatrix} 12.261 \\ 12.411 \\ 12.599 \\ 12.442 \end{pmatrix}$$

$$Q_C = \begin{pmatrix} 60.041 \\ 70.912 \\ 83.956 \\ 73.086 \end{pmatrix} \cdot \frac{W}{m}$$

#### 1.10.1.17. Potencia máxima de transporte por estaciones del año

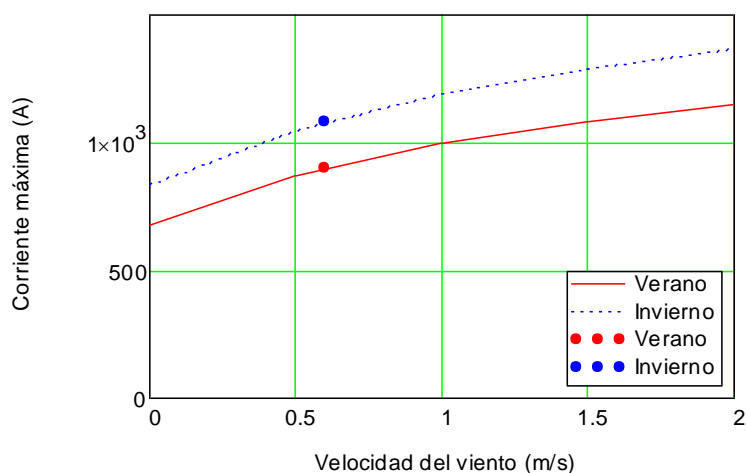
La corriente máxima obtenida del balance térmico y teniendo en cuenta los efectos magnéticos sobre el conductor se puede poner como:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{Q_r + Q_C - Q_s}{R_{\theta ca}}}$$

Dados los valores del proyecto, para cada una de las estaciones del año:

$$I_{in} = \begin{pmatrix} 903.2 \\ 987.3 \\ 1.1 \times 10^3 \\ 1 \times 10^3 \end{pmatrix} A$$

**Invierno: 903,2 A / Verano 1.100 A.**



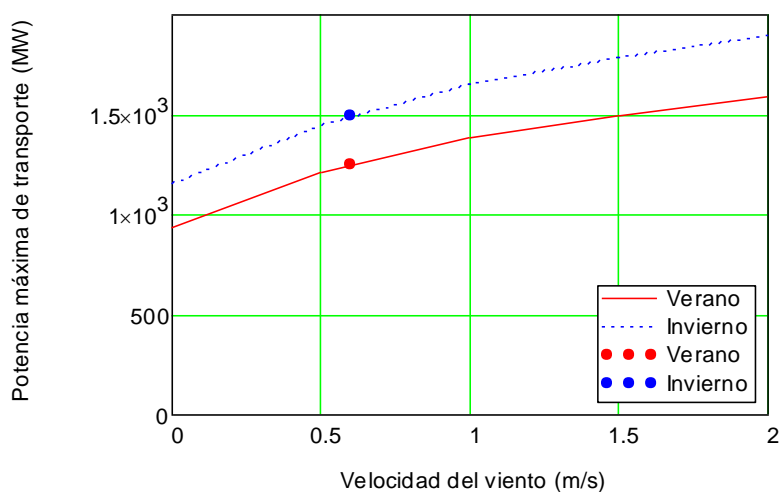
Y dada la tensión de la línea, la potencia máxima de transporte (para las condiciones estudiadas como más desfavorables, para un factor de potencia  $\cos\phi = 1$  y para las estaciones de invierno y verano) es:

$$P_{MAX} = \begin{pmatrix} 1.3 \times 10^3 \\ 1.4 \times 10^3 \\ 1.5 \times 10^3 \\ 1.4 \times 10^3 \end{pmatrix} \cdot MW$$

**Invierno: 1.300 MVA / Verano 1.500 MVA.**

Estos valores están calculados para una velocidad del viento de 0,6 m/s.

En la tabla adjunta, se indica la variación de la potencia máxima de transporte, en las estaciones de invierno y verano en función de la variación de la velocidad del viento.



#### 1.10.1.18. Aislamiento

Se establece un nivel de aislamiento mínimo, tal como se indica en la Tabla 12 del apartado 4.4 Coordinación de aislamiento dentro de la ITC-LAT 07 del Reglamento de líneas de Alta tensión, que se recoge en la siguiente tabla:

Tensión nominal (kV)	400
Tensión más elevada (kV eficaces)	420
Aislamiento longitudinal (kV cresta)	950
Fase-tierra (KV cresta)	1.050
Tensión de ensayo a impulso tipo rayo (kV cresta)	1.300-1.425

Este nivel de aislamiento se tomará como base para la determinación de los niveles de aislamiento de las cadenas de aisladores utilizadas en el proyecto.

Se considera un nivel de contaminación medio (II), con lo que la línea de fuga nominal se considera de 20,0 mm/kV. Dada la tensión más elevada de la línea (420,0 kV), la línea de fuga mínima en la línea será de 8.400,0 mm. Esta longitud será inferior a la línea de fuga que presentan los aislamientos utilizados en este proyecto.

El aislamiento se realizará mediante cadenas de aisladores de vidrio del tipo caperuza y vástago con la siguiente composición, tal y como se muestra en los planos:

TENSIÓN (kV)	CONDUCTOR	SUSPENSIÓN	AMARRE
400	LA-455	23	2x23

Las características de los elementos de aislador son:

DENOMINACIÓN	U-160-BS
Carga de rotura electromecánica (daN)	16.000
Diámetro nominal (mm)	280
Paso nominal (mm)	146
Línea de fuga (mm)	380
Acoplamiento (UNE 21 009)	20
Peso aproximado (kg)	5,90

Las características eléctricas de las cadenas de aisladores se ajustarán a lo establecido en las normas UNE-EN 60305, UNE-EN 60433, CEI 383 y CEI 815 y se indican en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Tensión soportada 50 Hz seco (kV)	Tensión soportada 50 Hz bajo lluvia (kV)	Tensión soportada Impulso tipo rayo 1,2/50µs (kV)	Línea de fuga (m)
400	U 160-BS	23	1.030	790	1.710	8,740

Las características mecánicas de las cadenas de suspensión utilizadas son las reflejadas en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Carga de rotura (daN)	Longitud aprox. (mm)	Peso aprox. (daN)
400	U 160-BS	23	16.000	3.928	163,96

Las características mecánicas de las cadenas de amarre utilizadas son las reflejadas en la siguiente tabla:

Tensión (kV)	Tipo aislador	Nº Aisladores	Carga de rotura (daN)	Longitud aprox. (mm)	Peso aprox. (daN)
400	U 160-BS	2x23	32.000	4.739	320,79

El esfuerzo que soporta cada una de las cadenas del proyecto, así como el coeficiente de seguridad que tiene, se muestra en la siguiente tabla:

Nº Apoyo	Tipo	Esfuerzo cadena (daN)	Esfuerzo admisible (daN)	C.S.
85A-A	AG-AM	8.303	32.000	3,85
85A-B	AG-AM	8.370	32.000	3,82
86A	AL	2.529	16.000	6.33
87A	AL	2.611	16.000	6,13
88A	AL	2.616	16.000	6,12
89A	AL	2.706	16.000	5,91
91A	FL-PAS	8.327	32.000	3,84
107	FL-PAS	8.353	32.000	3,83
108	AL	2.236	16.000	7,16

Nº Apoyo	Tipo	Esfuerzo cadena (daN)	Esfuerzo admisible (daN)	C.S.
109	AL	2.309	16.000	6,93
110	AL	2.299	16.000	6,96
111	AL	2.286	16.000	7,00
112	AL	2.253	16.000	7,10
113	AG-AM	8.420	32.000	3,80
145A-A	AG-AM	8.289	32.000	3,86
145A-B	AG-AM	8.317	32.000	3,85
146A-A	AG-AM	8.287	32.000	3,86
146A-B	AG-AM	8.311	32.000	3,85
147A	AL	2.327	16.000	6,88
148A-A	FL	8.279	32.000	3,86
148A-B	FL	322	32.000	99,31

### 1.10.2. Cálculo eléctrico subterráneo

A continuación se indican los cálculos eléctricos de los tramos subterráneos de la línea, para la realización de los cálculos se ha tenido en cuenta la longitud total del tramo y su configuración.

#### 1.10.2.1. Características generales

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Longitud de la línea (km) .....	L = 8,49
Número de circuitos.....	n=2
Número de ternas/circuito.....	1
Tipo canalización .....	Bajo tubo hormigonada
Configuración .....	Tresbolillo
Conexión de las pantallas.....	Cross-Bonding

#### 1.10.2.2. Características del conductor

Denominación.....	RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KAI+T480AI
Tensión Nominal (kV) .....	400
Tensión Máxima (kV).....	420
Sección (mm <sup>2</sup> ) .....	630
Diámetro Total (mm).....	108,60
Diámetro Conductor (mm) .....	30,60
Diámetro Aislamiento (mm) .....	87,80
Material Aislamiento .....	XLPE
Sección Pantalla (mm <sup>2</sup> ) .....	480
Material Pantalla .....	Tubos aluminio

#### 1.10.2.3. Datos de partida

Los datos de partida para el cálculo eléctrico del tramo subterráneo se indican en la siguiente tabla:

Resistividad térmica del terreno (K.m/W) .....	1,00
Resistividad térmica del hormigón (K.m/W) .....	0,625
Resistividad térmica de los tubos (K.m/W) .....	3,50
Temperatura del suelo (°C) .....	25,00

Se han realizado los cálculos teniendo en cuenta los distintos tipos e canalizaciones utilizadas y sus longitudes aproximadas:

Canalización en terreno agrícola/camino tierra .....	8,040
Hinca .....	0,300
Perforación horizontal dirigida .....	0,150

Los cálculos se han realizado mediante el software de cálculo CYMCAP y se han modelado cada uno de los tramos subterráneos que intervienen en la línea.



#### 1.10.2.4. Intensidad máxima admisible

La temperatura que el conductor puede soportar en régimen permanente es de 90°C. Para esta temperatura la intensidad que circulará, calculada según la norma UNE 21144-1-1, y a través del programa CYMCAP se indica a continuación, según el tramo de línea y su configuración:

➤ **Canalización en terreno agrícola/camino de tierra:**

La intensidad máxima admisible para el conductor RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KAI+T480AI será de 555,70 A. Los principales parámetros son calculados mediante el programa CYMCAP y para la presente configuración toman los siguiente valores:

$\Delta\theta$ (°C)	$R_{ca}$ (Ω/Km)	$W_d$ (W/m)	$\lambda_1$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
65	0,0610	3,458	0,0169	0,5516	0,00	0,0459	1,9642

Siendo:

- $W_d$ : Pérdidas dieléctricas
- $\Delta\theta$ : Diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura del cable.
- $R_{ca}$ : Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura máxima de servicio.
- $\lambda_1$ : Coeficiente de pérdidas en las pantallas.
- $T_1$ : Resistencia térmica por fase entre el conductor y la pantalla, es decir, del aislamiento.
- $T_2$ : Resistencia térmica por fase entre la pantalla y la armadura.
- $T_3$ : Resistencia térmica por fase entre la armadura y el exterior, es decir, de la cubierta.
- $T_4$ : Resistencia térmica entre la superficie del cable y el medio circundante.

➤ **Hinca:**

La intensidad máxima admisible para el conductor RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KAI+T480AI será de 335,60 A en este tramo donde se realiza la Hinca. Los principales parámetros son calculados mediante el programa CYMCAP y para la presente configuración toman los siguientes valores:

$\Delta\theta$ (°C)	$R_{ca}$ (Ω/Km)	$W_d$ (W/m)	$\lambda_1$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
65	0,0612	3,458	0,0248	0,5516	0,00	0,0459	5,4950

➤ **Perforación horizontal dirigida:**

La intensidad máxima admisible para el conductor RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400kV 1x630KAl+T480Al será de 335,60 A en este tramo donde la canalización es una perforación dirigida. Los principales parámetros son calculados mediante el programa CYMCAP y para la presente configuración toman los siguiente valores:

$\Delta\theta$ (°C)	$R_{ca}$ (Ω/Km)	$W_d$ (W/m)	$\lambda_1$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
65	0,0612	3,458	0,0248	0,5516	0,00	0,0459	5,4950

1.10.2.5. Cálculo de la resistencia en corriente alterna a la temperatura máxima de servicio

La resistencia del conductor en corriente continua (cc o dc) a la temperatura  $\theta$  (en °C), viene dada por la expresión:

$$R_{\theta cc} = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Siendo los valores para este caso:

$R_0$ (Ω/km)	$k_s$	$k_p$
0,0469	1,0	0,8

Mientras que la resistencia en corriente alterna (ca o ac) está relacionada con los efectos piel y de proximidad de la siguiente manera:

$$R_{\theta ca} = R_{\theta cc} \cdot (1 + y_s + y_p)$$

El campo magnético intrínseco creado por el conductor ocasiona una diferencia en la distribución de intensidad, obteniéndose que la densidad de corriente que circula por la periferia del conductor es mayor que en la presente en el centro del mismo. Esto es lo que se conoce como efecto piel (skin) y afecta a la resistencia mediante el siguiente factor:

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

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4}$$

El efecto proximidad corresponde a la deformación del reparto de corriente en el conductor originada por las corrientes inducidas debidas al campo magnético del conductor y los conductores adyacentes. Afecta a la resistencia mediante el siguiente factor:

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

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

Obtenidos estos valores, el valor resultante de la resistencia de corriente alterna del cable será:

➤ **Canalización en terreno agrícola/camino de tierra:**

$x_s$	$y_s$	$x_p$	$y_p$	$R_{90^\circ C \text{ ca}} [\Omega/\text{km}]$
2,1095	0,0227	1,6876	0,0007	0,0610

➤ **Hinca:**

$x_s$	$y_s$	$x_p$	$y_p$	$R_{90^\circ C \text{ ca}} [\Omega/\text{km}]$
2,1028	0,0226	1,6822	0,0012	0,0612

➤ **Perforación horizontal dirigida:**

$x_s$	$y_s$	$x_p$	$y_p$	$R_{90^\circ C \text{ ca}} [\Omega/\text{km}]$
2,1028	0,0226	1,6822	0,0012	0,0612

#### 1.10.2.6. Cálculo de las pérdidas dieléctricas

Las pérdidas dieléctricas se dan en el material dieléctrico o aislamiento del cable y se producen al someter al cable a un campo eléctrico.

Si se establece una analogía entre un condensador y el sistema conductor-aislamiento-pantalla del cable aislado, las pérdidas activas generadas en el seno del aislamiento o pérdidas dieléctricas por unidad de longitud y en cada fase vienen dadas por:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \tan \delta$$

Siendo:

$\tan \delta$ : Factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y temp. de servicio.

C: para cables conductores de sección circular viene dada por:

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

$\epsilon$ : Permitividad relativa del aislante.

$D_i$  (mm): Diámetro ext. del aislamiento en mm (con exclusión de la pantalla).

$d_c$  (mm): Diámetro del conductor en mm (incluida capa semiconductor).

Los valores concretos para la instalación del presente proyecto son:

tag $\delta$	$\epsilon$	$D_i$ (mm)	$d_c$ (mm)	$C(\mu F/km)$
0,001	2,5	87,8	30.6	0,211

#### 1.10.2.7. Factor de pérdidas en la pantalla metálica

Su valor depende de la geometría de la instalación y del tipo de instalación de la puesta a tierra. Son debidas a las corrientes de circulación ( $\lambda_1'$ ) y a las corriente de FOU-CAULT ( $\lambda_1''$ ). Cu cálculo viene determinado por la norma UNE 21144-1-1 y se representa por:

$$\lambda_1 = \lambda_1' + \lambda_1''$$

A continuación, se indican los valores que toma el factor de pérdidas en la pantalla en función del tipo de configuración subterránea:

➤ **Canalización en terreno agrícola/camino de tierra:**

$\lambda_1'$	$\lambda_1''$	$\lambda_1$
0,0034	0,0135	0,0169

➤ **Hinca:**

$\lambda_1'$	$\lambda_1''$	$\lambda_1$
0,0032	0,0214	0,0246

➤ **Perforación horizontal dirigida:**

$\lambda_1'$	$\lambda_1''$	$\lambda_1$
0,0032	0,0214	0,0246

#### 1.10.2.8. Potencia

Para las zanjas tipo indicadas que se utilizan en el tramo subterráneo de la línea, la capacidad de transporte por circuito viene dada por la expresión:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE			
Canalización Tipo	U (kV)	I (A)	MVA
Terreno agrícola/camino tierra	400	555,70	384,98
Hinca	400	335,60	232,49
Perforación horizontal dirigida	400	335,60	232,49

#### 1.10.2.9. Pérdidas eléctricas

Existen dos tipos de pérdidas en el cable, las pérdidas dieléctricas y las pérdidas óhmicas, que para condiciones normales serán las siguientes:

- Pérdidas dieléctricas:

$$W_d = \omega \cdot C \cdot U^2 \cdot \tan \delta$$

- Pérdidas óhmicas:

$$P = R \cdot I^2 \cdot (1 + \lambda_1)$$

- Las pérdidas totales:

$$P_t = 3 \cdot (P + W_d)$$

PÉRDIDAS ELÉCTRICAS/CIRCUITO (W/m)			
Canalización Tipo	$W_d$	P	$P_T$
Terreno agrícola/camino tierra	3,4586	18,9301	67,1661
Hinca	3,4586	6,8902	31,0464
Perforación horizontal dirigida	3,4586	6,8902	31,0464

#### 1.10.2.10. Intensidad máxima de cortocircuito

Tomando como base la Norma UNE 21192:1992, la expresión para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} \sqrt{\ln \left( \frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

- S: Sección  
t: Duración del cortocircuito  
 $\theta_f$ : Temperatura final  
 $\theta_i$ : Temperatura inicial

Los valores en este caso son:

$\theta_f$ (°C)	$\theta_i$ (°C)	t (s)	$\beta_{conductor}$	$\beta_{pantalla}$	$S_{conductor}$	$S_{pantalla}$	$K_{conductor}$	$K_{pantalla}$
250	90	0,5	228	228	800	480	148	148

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito se consideran las siguientes temperaturas:

Temperatura inicial conductor:	90 °C
Temperatura final conductor:	250 °C
Temperatura inicial pantalla:	80 °C
Temperatura final pantalla:	250 °C

Con estos valores se obtienen unas intensidades máximas de cortocircuito admisibles de:

Conductor:  $I_{cc} (0,5 \text{ s}) = 106,90 \text{ kA}$

Pantalla:  $I_{cc} (0,5 \text{ s}) = 66,60 \text{ kA}$

#### 1.10.2.11. Cálculo de impedancias

Se ha desarrollado un estudio para la instalación objeto del presente proyecto mediante la herramienta informática CYMCAP, obteniéndose los siguientes resultados:

IMPEDANCIAS			
Canalización Tipo	$Z_d (\Omega/\text{km})$	$Z_0 (\Omega/\text{km})$	$Z_{\text{onda}} (\Omega)$
Terreno agrícola/camino tierra	$0,0610 + j0,1969$	$0,1072 + j0,1180$	55,1066
Hinca	$0,0615 + j0,1815$	$0,1072 + j0,1026$	52,9078
Perforación horizontal dirigida	$0,0615 + j0,1815$	$0,1072 + j0,1026$	52,9078

#### 1.10.2.12. Cálculo de la tensión inducida en las pantallas metálicas

La tensión inducida pantalla-tierra, por metro de cable, en servicio permanente a plena carga viene dada por la expresión:

$$E = I \cdot \left[ 2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot S}{d} \right) \right] \cdot L$$

Donde:

I:	Intensidad en régimen permanente (A)
S:	Distancia entre fases (mm)
d:	Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)
w:	Pulsación de corriente ( $2\pi f$ rad/s)
L:	Longitud del tramo subterráneo

Para los diferentes tipos de canalizaciones de la línea:

Tensión inducida pantalla-tierra en servicio permanente a plena carga			
Canalización Tipo	I (A)	L (m)	E (V)
Terreno agrícola/camino tierra	555,70	8.040,00	<b>538,17</b>
Hinca	335,60	300,00	<b>12,13</b>
Perforación horizontal dirigida	335,60	150,00	<b>6,06</b>

#### 1.10.2.13. Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito trifásico

La tensión inducida pantalla-tierra, por metro de cable, en caso de cortocircuito trifásico viene dada por la expresión:

$$E = I_{cc} \cdot \left[ 2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot S}{d} \right) \right] \cdot L$$

Donde:

- $I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito trifásico de la instalación (A)
- $S$ : Distancia entre fases (mm)
- $d$ : Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)
- $\omega$ : Pulsación de corriente ( $2\pi f$  rad/s)
- $L$ : Longitud del tramo subterráneo

Tomando un valor máximo de intensidad de cortocircuito trifásico de 31,5 kA (valor de referencia), para los diferentes tipos de canalizaciones de la línea:

Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito trifásico			
Canalización Tipo	I (A)	$L_{max}$ (m)	E (V)
Terreno agrícola/camino tierra	31.500,00	8.040,00	<b>30.506,58</b>
Hinca	31.500,00	300,00	<b>1.138,31</b>
Perforación horizontal dirigida	31.500,00	150,00	<b>596,15</b>

#### 1.10.2.14. Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito monofásico

La tensión inducida en caso de cortocircuito monofásico depende del tipo de sistema de puesta a tierra seleccionado.

#### CROSS BONDING

La corriente de defecto en caso de cortocircuito monofásico circulará por las pantallas de los cables. La tensión inducida pantalla-tierra, por metro de cable, en el caso de cortocircuito monofásico viene dada por la expresión:

$$E = I_{cc} \cdot \sqrt{R_p^2 + \left( \omega \cdot \left( 2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left( \frac{2 \cdot S_{cp}}{d} \right) + \frac{10^{-7}}{2} \right) \right)^2} \cdot L$$

Donde:

- $I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito monofásico (A)
- $S_{cp}$ : Distancia entre conductor y pantalla (mm)
- $d$ : Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)
- $\omega$ : Pulsación de corriente ( $2\pi f$  rad/s)
- $R_p$ : Resistencia de la pantalla ( $\Omega$ )
- $L$ : Longitud del tramo subterráneo (m)

Tomando un valor máximo de intensidad de cortocircuito monofásico de 31,5 kA (valor de referencia), para los diferentes tipos de canalizaciones de la línea:

Tensión inducida pantalla-tierra en cortocircuito monofásico			
Canalización Tipo	I (A)	$L_{max}$ (m)	E (V)
Terreno agrícola/camino tierra	31.500,00	8.040,00	<b>49.992,67</b>
Hinca	31.500,00	300,00	<b>1.865,40</b>
Perforación horizontal dirigida	31.500,00	150,00	<b>932,70</b>



### 1.10.2.15. Caída de tensión

La expresión completa que proporciona el módulo de la caída de tensión en una línea de transporte de energía eléctrica, considerando tanto los parámetros propios de la línea en estudio, así como el régimen de conexión de las pantallas de los cables, es la siguiente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \sqrt{(R \cdot (1 + \lambda))^2 + X_L^2}$$

donde:

$\Delta U$	Caída de tensión en V
$I$	Intensidad por la línea en estudio en A
$R$	Resistencia del conductor en $\Omega/\text{km}$
$\lambda$	Coeficiente de pérdidas en la pantalla
$X_L$	Reactancia inductiva de la línea en estudio en $\Omega/\text{km}$
$L$	Longitud de la línea, en km

La intensidad que circula por la línea está relacionada con la potencia transportada según la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

donde:

$P$	Potencia activa entregada por la línea en kW
$U$	Tensión compuesta en el extremo de la línea en kV
$\cos \varphi$	Factor de potencia de la potencia entregada

La caída de tensión en la línea en tanto por ciento de la tensión en el extremo de la línea se puede expresar como:

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{(R \cdot (1 + \lambda))^2 + X_L^2}}{10 \cdot U^2 \cdot \cos \varphi} P \cdot L$$

Para los diferentes tipos de canalizaciones utilizadas a lo largo del tramo subterráneo de la línea obtenemos los siguientes resultados:

cosφ	Terreno agrícola/ca mino	Hinca	Perforación horizontal dirigida	Total Tramo Subterráneo
	ΔU%			
0,90	0,170	0,006	0,003	<b>0,179</b>
0,925	0,166	0,006	0,003	<b>0,175</b>
0,95	0,161	0,006	0,002	<b>0,169</b>
0,975	0,157	0,005	0,002	<b>0,164</b>
1,00	0,153	0,005	0,002	<b>0,160</b>

#### 1.10.2.16. Pérdida de potencia

La pérdida de potencia activa que se dará en una línea al circular por ella una determinada intensidad viene dada según la expresión:

$$\Delta P = 3 \cdot I^2 \cdot L \cdot R \cdot (1 + \lambda)$$

donde:

- ΔP Pérdida de potencia activa en W
- I Intensidad por la línea en A
- R Resistencia del conductor en Ω/km
- λ Coeficiente de pérdidas en la pantalla
- L Longitud de la línea, en km

La intensidad que circula por la línea está relacionada con la potencia transportada según la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

donde:

- P Potencia activa entregada por la línea en kW
- U: Tensión compuesta en el extremo de la línea en kV
- cosφ Factor de potencia

Para los diferentes tipos de canalizaciones utilizadas a lo largo del tramo subterráneo de la línea obtenemos los siguientes resultados:

$\cos\phi$	Terreno agrícola/ca mino	Hinca	Perforación horizontal dirigida	Total Tramo Subterráneo
	$\Delta P\%$			
0,90	0,570	0,021	0,010	<b>0,601</b>
0,925	0,540	0,020	0,010	<b>0,570</b>
0,95	0,512	0,019	0,009	<b>0,540</b>
0,975	0,486	0,018	0,009	<b>0,513</b>
1,00	0,462	0,017	0,008	<b>0,487</b>

### 1.10.3. Resumen cálculo eléctrico

A continuación, se indica un resumen por circuito de las características eléctricas conjuntas de los tramos aéreos y subterráneo.

#### 1.10.3.1. Caída de tensión

$\cos\phi$	Tramo Aéreo	Tramo Subterráneo	Total
	$\Delta U\%$		
0,90	1,230	0,179	<b>1,409</b>
0,925	1,102	0,175	<b>1,277</b>
0,95	0,905	0,169	<b>1,074</b>
0,975	0,648	0,164	<b>0,812</b>
1,00	0,219	0,160	<b>0,379</b>

1.10.3.2. Pérdida potencia

cosφ	Tramo Aéreo	Tramo Subterráneo	Total
			ΔP%
0,90	0,333	0,601	<b>0,934</b>
0,925	0,316	0,570	<b>0,886</b>
0,95	0,302	0,540	<b>0,842</b>
0,975	0,287	0,513	<b>0,800</b>
1,00	0,278	0,487	<b>0,765</b>

#### 1.10.4. Cálculo mecánico de conductores tramo aéreo

Este apartado se refiere al estudio de las condiciones en que deben tenderse los conductores y los esfuerzos que estos provocan en los apoyos.

##### 1.10.4.1. Características de la línea

Tensión nominal (kV).....	U = 400
Categoría.....	Especial
Zona de aplicación .....	ZONAS A y B
Longitud Tramo N°3 (km) .....	13,910
Longitud Tramo N°5 (km) .....	16,601
Velocidad del viento (km/h) .....	v = 140
Longitud cadena aisladores (m).....	l = 3,928
Peso de la cadena de aisladores (daN) .....	P = 163,96

##### 1.10.4.2. Características del conductor

Las características mecánicas del conductor son:

Tipo .....	LA – 455
Material.....	Aluminio – Acero
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	S <sub>a</sub> = 454,5
Composición.....	C = 54 + 7
Diámetro total (mm).....	d <sub>a</sub> = 27,72
Peso (daN/m) .....	p = 1,491
Carga de rotura (daN) .....	C <sub>r</sub> = 12.400
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	E = 6.900
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	α = 19,3 10 <sup>-6</sup>

### 1.10.4.3. Acciones consideradas

#### 1.10.4.3.1. Cargas permanentes

Según la ITC-07 en su punto 3.1.1 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considera la carga vertical debida al peso propio del conductor.

Peso del conductor (daN/m) .....  $p_c = 1,491$

#### 1.10.4.3.2. Acción del viento

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la presión del viento sobre el conductor en función del diámetro del mismo. Se ha considerado una velocidad máxima de viento de 140km/h.

Acción del viento horizontal (daN/m) .....  $p_v = 1,887$

#### 1.10.4.3.3. Sobrecarga de hielo

Según el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la sobrecarga de un manguito de hielo sobre el conductor. Esta sobrecarga no es aplicable a ZONA A.

Sobrecarga de hielo (daN/m).....  $p_h = 0,948$

También se ha considerado una acción de viento de 60km/h actuando sobre el conductor en la hipótesis de hielo. Esta velocidad hace una presión sobre los conductores de 25,00daN/m<sup>2</sup>.

El espesor del manguito de hielo, calculado con densidad de hielo 750daN/m<sup>3</sup> para las condiciones de hielo reglamentarias es de 10,52 mm. Esto hace que el diámetro expuesto al viento sea de 48,76 mm. Por tanto la sobrecarga horizontal:

Sobrecarga horizontal de hielo (daN/m) .....  $h_h = 0,609$

La sobrecarga vertical será la de hielo actuando sobre el conductor:

Sobrecarga vertical de hielo incluyendo peso (daN/m) .....  $h_v = 2,439$

La sobrecarga total será la composición de ambas:

Sobrecarga de hielo más viento (daN/m).....  $h_t = 2,514$

#### 1.10.4.4. Hipótesis de partida

##### 1.10.4.4.1. Límite estático

La tensión máxima de los conductores es la indicada en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	COEF.SEGURIDAD Cs	TENSIÓN MÁXIMA(daN)
LA-455	12.400	3,00	4.133
LA-455	12.400	0,00	0

##### 1.10.4.4.2. Límite dinámico

Los fenómenos vibratorios se tendrán presente en las siguientes hipótesis de carga:

###### 1.10.4.4.2.1. Hipótesis CHS (Cold Hours Stress)

La hipótesis de carga CHS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de tensión más elevada que es probable que ocurra periódicamente (0°C y -5°C en zona A y B respectivamente) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura en estas condiciones.

El valor de tense CHS empleado en las tablas de cálculo mecánico es el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE CHS (daN)	% ROTURA
LA-455	12.400	2.852	23,00

###### 1.10.4.4.2.2. Hipótesis EDS (Every Day Stress)

La hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normales (15 °C para todas zonas) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura.

El valor de tense EDS empleado en las tablas de cálculo mecánico será el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
LA-455	12.400	2.604	21,00

#### 1.10.4.5. Hipótesis de cálculo

##### 1.10.4.5.1. Tracción máxima 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:

**ZONA A:** Peso propio y sobrecarga de viento de 140km/h a  $-5^{\circ}\text{C}$

$$p_c = \sqrt{p_c^2 + p_{v140}^2} \quad p_v = 2,405 \text{ daN/m}$$

$$\theta_v = -5^{\circ}\text{C}$$

**ZONA B:** Peso propio, sobrecarga de hielo y viento de 60km/h a  $-15^{\circ}\text{C}$

$$p_H = \sqrt{(p_c + p_h)^2 + p_v^2} \quad p_H = 2,514 \text{ daN/m}$$

$$\theta_h = -15^{\circ}\text{C}$$

Hipótesis adicional: Peso propio y sobrecarga de viento de 140km/h a  $-10^{\circ}\text{C}$

$$p_c = \sqrt{p_c^2 + p_{v140}^2} \quad p_v = 2,405 \text{ daN/m}$$

$$\theta_v = -10^{\circ}\text{C}$$

##### 1.10.4.5.2. Hipótesis de flecha máxima

Según la ITC-07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión (Apartado 3.2.3), se determinará la flecha máxima de los conductores o cables de tierra en las hipótesis siguientes:

Hipótesis de viento: Acción del peso propio y una sobrecarga de viento de 120km/h a la temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ .

$$p_{2v} = \sqrt{p_c^2 + p_v^2} \quad p_{2v} = 2,036 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2v} = 15^{\circ}\text{C}$$

Hipótesis de temperatura: Acción del peso propio a la temperatura de  $85^{\circ}\text{C}$ .

$$p_{2t} = p_c \quad p_{2t} = 1,491 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2t} = 85^{\circ}\text{C}$$

Hipótesis de hielo: Acción del peso propio, una sobrecarga de hielo a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . Esta hipótesis no es aplicable a ZONA A.

$$p_{2t} = p_h + p_c \quad p_{2h} = 2,439 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2h} = 0^{\circ}\text{C}$$



#### 1.10.4.5.3. Hipótesis de flecha mínima

La hipótesis de flecha mínima es:

ZONA A: Peso propio sin sobrecarga a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$p_{2C} = p_c$$

$$p_{2C} = 1,491 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2B} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

ZONA B: Peso propio sin sobrecarga a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$p_{2C} = p_c$$

$$p_{2C} = 1,491 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2B} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### 1.10.4.6. Vano ideal de regulación

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

Siendo:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^2}{a_i}}$$

$$a_i' = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (\text{m})$$

donde:

$a_i$  : Longitud del vano  $i$  medido en la dirección longitudinal (m).

$b_i$  : Desnivel del vano  $i$  medido en la dirección vertical (m).

El vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i'^2}{a_i}}} \quad (\text{m})$$

Operando de esta forma se obtienen las tablas siguientes:

VANOS IDEALES DE REGULACION CONDUCTOR LA-455

Cantón N°	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (m)	Vano de Regulación (m)	Tense de flecha máxima (daN)	Tense Flecha mínima (daN)	Parámetro flecha máxima (m)	Parámetro flecha mínima (m)
1	85A	91A	1.940,6	391,4	1,000120	2.009,4	2.725,1	1.346,8
2	107	113	2.248,7	376,7	1,001872	2.083,0	2.841,8	1.396,1
3	145A	146A	427,0	427,0	1,000090	2.164,9	2.792,8	1.451,0
4	146A	148A	818,5	410,4	1,000203	2.140,2	2.807,1	1.434,4
5	148A	PÓRTICO	50,0	50,0	1,010897	83,0	85,2	55,7

#### 1.10.4.7. Comparación de hipótesis

##### 1.10.4.7.1. Tensión mecánica

Partiendo de la tensión, temperatura y carga total correspondientes al valor de la tensión máxima adoptado, se calcula con la ayuda de la ecuación de cambio de condiciones, las tensiones respectivas a las hipótesis citadas en el apartado anterior.

Dicha ecuación es:

$$T_2^2 \cdot \left[ T_2 \cdot \frac{A \cdot a^2 \cdot p_1^2}{T_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right] = A \cdot a^2 \cdot p_2^2$$

siendo:

$T_1$	Tensión del cable en condiciones iniciales en daN
$q_1$	Temperatura del cable en condiciones iniciales en °C
$p_1$	Carga del cable en condiciones iniciales, en daN/m
$T_2, q_2, p_2$	Los mismos conceptos anteriores en condiciones finales
$a$	Vano de cálculo en m
$A$	$\frac{S_a \cdot E}{24}$
$B$	$S \cdot E \cdot \alpha \text{ daN} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

##### 1.10.4.7.2. Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left( \cosh \left( \frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0} \right) - 1 \right)$$

siendo:

$p_a$	Peso aparente del cable (daN/m).
$T_0$	Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN).
$a$	Longitud del vano (m).

Con los valores de  $p_a$  y  $T$  de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis:

Flecha máxima: aquella que resulte mayor de la comparación de las condiciones siguientes:

- Temperatura  $\theta_2 = 85\text{ °C}$  sin sobrecarga
- Temperatura  $\theta_2 = 0\text{ °C}$  y sobrecarga de hielo
- Temperatura  $\theta_2 = 15\text{ °C}$  y sobrecarga de viento

Flecha mínima:

- Temperatura  $\theta_2 = -15\text{ °C}$  sin sobrecarga

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.

### CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR

TRAMO N°3

ZONA B

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-15°C		85°C		-10°C + V (140km/h)		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-10°C + V/2		-15°C + H + V		0°C + H + V		CHS a -5°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
1	4.133,3	391,4	2.725	10,49	2.009	14,24	3.928	11,74	3.866	11,93	3.641	12,67	3.009	11,25	4.133	11,66	3.946	12,22	2.618	21,12	2.433	19,62	4.133	3,00

### CALCULO MECANICO DEL CONDUCTOR

TRAMO N°5

ZONA A

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-5°C		80°C		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-5°C + V/2		CHS a 0°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
2	4.133,3	376,7	2.842	9,32	2.083	12,72	4.101	10,41	3.828	11,15	3.238	9,68	2.778	22,40	2.604	21,00	4.101	3,02
3	4.133,3	427,0	2.793	12,19	2.165	15,74	4.118	13,33	3.890	14,12	3.208	12,56	2.742	22,12	2.604	21,00	4.118	3,01
4	4.133,3	410,4	2.807	11,20	2.140	14,71	4.113	12,33	3.872	13,10	3.217	11,57	2.753	22,20	2.604	21,00	4.113	3,01
5	0,0	50,0	85	5,56	83	5,71	137	5,56	136	5,60	101	5,56	85	0,69	85	0,68	137	90,32

#### 1.10.4.8. Tabla de regulación

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

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

siendo:

- $T$  Tensión del cable (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- $H$  Parámetro de la catenaria (m).
- $x$  Coordenada en el eje x del cable (m).

La dirección de esta tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dado por la siguiente expresión:

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

donde:

$$x_m = H \arg sh \left[ \frac{\frac{b}{2H}}{sh \frac{a}{2H}} \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

- $T_m$  Tensión del cable en el punto medio del vano (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- $H$  Parámetro de la catenaria (m).
- $x_m$  Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m).
- $a$  Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).
- $b$  Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m).

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

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

donde:

- f: Flecha (m).
- $T_{mi}$ : Tensión del cable en el punto medio del vano i (daN).
- H: Parámetro de la catenaria (m).
- p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).
- $a_i$ : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

Operando de esta forma, se obtiene el cuadro de valores siguiente:

**Cantón N°: 1 ZONA B**
**APOYO INICIAL: 85A**
**VANO DE REGULACIÓN: 391,4m**
**APOYO FINAL N°: 91A**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)				
		Longitud del vano (m)				
		Desnivel (m)				
		Apoyos del vano				
		397,2	355,0	355,0	403,4	430,0
		-9,6	-1,7	-6,6	-4,7	-4,5
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
0	2.568,9	11,469	9,157	9,158	11,828	13,442
5	2.521,7	11,685	9,329	9,330	12,050	13,695
10	2.476,5	11,898	9,499	9,500	12,270	13,945
15	2.433,5	12,109	9,667	9,669	12,488	14,193
20	2.392,2	12,318	9,834	9,836	12,704	14,438
25	2.352,8	12,525	9,999	10,001	12,917	14,681
30	2.315,0	12,730	10,163	10,165	13,129	14,921
35	2.278,8	12,933	10,325	10,327	13,338	15,159
40	2.244,0	13,134	10,485	10,487	13,545	15,395
45	2.210,6	13,333	10,644	10,646	13,750	15,628
50	2.178,6	13,530	10,801	10,803	13,953	15,859

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 2 ZONA A**
**APOYO INICIAL N°: 107**
**VANO DE REGULACIÓN: 376,7m**
**APOYO FINAL N°: 113**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)				
		Longitud del vano (m)				
		Desnivel (m)				
		Apoyos del vano				
		363,8	399,4	410,0	358,0	362,1
		-28,5	2,4	6,8	12,9	16,7
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
0	2.777,5	8,920	10,721	11,298	8,618	8,821
5	2.716,6	9,120	10,962	11,552	8,812	9,019
10	2.658,9	9,318	11,200	11,803	9,003	9,216
15	2.604,0	9,515	11,437	12,052	9,193	9,410
20	2.551,8	9,710	11,671	12,299	9,382	9,603
25	2.502,2	9,903	11,903	12,544	9,568	9,794
30	2.455,0	10,094	12,133	12,786	9,753	9,983
35	2.409,9	10,283	12,360	13,026	9,935	10,170
40	2.366,9	10,470	12,586	13,263	10,116	10,355
45	2.325,8	10,656	12,808	13,498	10,295	10,538
50	2.286,6	10,839	13,029	13,730	10,472	10,720



**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 3 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 145A

VANO DE REGULACIÓN: 427,0m

APOYO FINAL: 146A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		427,0	
		-5,7	
		2-3	
0	2.742,4	12,417	
5	2.694,2	12,640	
10	2.648,1	12,860	
15	2.604,0	13,079	
20	2.561,7	13,295	
25	2.521,2	13,510	
30	2.482,2	13,722	
35	2.444,9	13,933	
40	2.408,9	14,141	
45	2.374,4	14,348	
50	2.341,1	14,552	

**CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN**

Cantón N°: 4 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 146A

VANO DE REGULACIÓN: 410,4m

APOYO FINAL N°: 148A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		391,2	427,3
		-10,5	-4,7
		3-4	4-5
0	2.752,7	10,385	12,383
5	2.700,8	10,584	12,621
10	2.651,3	10,782	12,858
15	2.604,0	10,979	13,092
20	2.558,8	11,173	13,324
25	2.515,6	11,365	13,553
30	2.474,2	11,556	13,781
35	2.434,5	11,745	14,006
40	2.396,4	11,932	14,229
45	2.359,9	12,117	14,450
50	2.324,8	12,300	14,669

### CONDUCTOR LA-455 - TABLA DE REGULACIÓN

Cantón N°: 5 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 148A

VANO DE REGULACIÓN: 50,0m

APOYO FINAL N°: PÓRTICO

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)
		Longitud del vano (m)
		Desnivel (m)
		Apoyos del vano
		50,0
		-7,4
		5-6
0	85,1	5,627
5	84,9	5,636
10	84,8	5,645
15	84,7	5,654
20	84,5	5,662
25	84,4	5,671
30	84,3	5,680
35	84,2	5,689
40	84,0	5,698
45	83,9	5,707
50	83,8	5,715

#### 1.10.4.9. Distancias

Se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

- $D_{el}$  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. Previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.
- $D_{pp}$  Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Esta distancia previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos
- $a_{som}$  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. La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna  $a_{som}$  debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ( $D_{add} + D_{el}$ ) deben ser siempre superiores a  $1,1 a_{som}$ .

Los valores para la tensión nominal de 400kV son los siguientes:

Tensión más elevada $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
420,0	2,80	3,20

##### 1.10.4.9.1. Distancias entre conductores a partes puestas a tierra

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión la distancia mínima de los conductores y sus partes puestas en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,2m.

$$D_{el} = 2,80 \text{ m} \quad d_{min} = 2,80 \text{ m}$$

#### 1.10.4.9.2. Distancia de seguridad en apoyos de alineación

El ángulo de inclinación de las cadenas de suspensión vendrá dado por la expresión:

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

siendo:

- $F_t$  Fuerza debida a una presión de viento mitad actuando sobre los conductores a ambos lados del apoyo, a la que se añade en los apoyos de ángulo la componente horizontal de las fuerzas de tracción transmitida (daN)
- $F_{ta}$  Fuerza debida a la presión del viento actuando sobre la cadena de aisladores con presión de viento mitad (daN)
- $P$  Componente vertical de las fuerzas transmitidas por el conductor situado en los vanos contiguos al apoyo (daN)
- $P_a$  Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN)
- $P_c$  Peso de los contrapesos que eventualmente se hayan instalado (daN)

Teniendo en cuenta que puede presentarse el caso de apoyos en donde el gravivano sea inferior al eolovano y despreciando el peso y la fuerza que ejerce el viento sobre la cadena de aisladores, la desviación de la cadena de aisladores será:

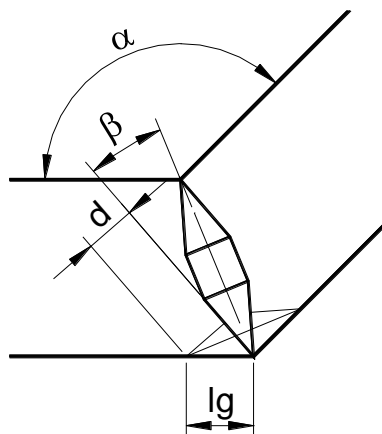
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{F_t e_o}{P g_r}$$

siendo:

- $e_o$ : Eolovano en hipótesis de viento en el apoyo estudiado
- $g_r$ : Gravivano en hipótesis de viento en el apoyo estudiado

#### 1.10.4.9.3. Cálculo de la distancia a masa en apoyos tipo ángulo

En los apoyos tipo ángulo la distancia entre los conductores en tensión y el apoyo puesto a tierra se puede calcular de la siguiente forma:



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

siendo:

- lg: Longitud de la cadena de amarre en metros
- α: Ángulo de la línea
- β: Semiángulo de la cruceta

donde:

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

siendo:

- f: Fuste del apoyo
- br: Brazo más corto de la cruceta

Se ha realizado el cálculo de esta distancia para todos los apoyos tipo ángulo de la línea. En la tabla de distancia a masa se muestra los resultados de este cálculo aplicado a la línea.

#### 1.10.4.9.4. Tabla de resultados

En la tabla siguiente se puede ver la inclinación de la cadena de cada apoyo de alineación y la distancia de seguridad a masa de todos los apoyos de la línea:

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Inclinación cadena	Distancia mínima conductores (m)	Distancia mínima puente flojo (m)	Distancia a masa (m)	Porcentaje de superación
85A	AG-AM	---	3,94	3,69	2,80	31,76%
86A	AL	24,04°	3,59	---	2,80	28,05%
87A	AL	21,32°	3,66	---	2,80	30,62%
88A	AL	23,01°	3,61	---	2,80	29,06%
89A	AL	22,77°	3,62	---	2,80	29,29%
91A	FL-PAS	---	---	3,69	2,80	31,76%
107	FL-PAS	---	---	3,69	2,80	31,76%
145A	AG-AM	---	4,08	2,95	2,80	5,46%
146A	AG-AM	---	4,45	3,48	2,80	24,13%
147A	AL	23,83°	3,59	---	2,80	28,26%
148A	FL	---	---	3,36	2,80	20,14%

#### 1.10.4.9.5. Distancia de seguridad de los conductores al terreno

Según el apartado 5.5 de la ITC-07 del Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión la altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables a una altura mínima de:

$$h_{\min} = D_{\text{add}} + D_{\text{el}} = 5,3 \text{ m} + D_{\text{el}} = (5,3 + 2,80) \text{ m} = 8,10 \text{ m}$$

No obstante, en lugares de difícil acceso esta distancia podrá ser reducida en un metro.

La distancia de los conductores al terreno en las condiciones más desfavorables se muestra en la siguiente tabla:

Vano	Apoyo anterior	Apoyo posterior	Flecha máxima (m)	Distancia mínima (m)	Distancia al terreno (m)
1	85A	86A	14,67	8,10	14,07
2	86A	87A	11,71	8,10	16,52
3	87A	88A	11,71	8,10	12,98
4	88A	89A	15,13	8,10	10,80
5	89A	91A	17,20	8,10	13,45
6	107	108	11,90	8,10	17,82
7	145A	146A	15,74	8,10	15,90
8	146A	147A	13,36	8,10	14,71
9	147A	148A	15,94	8,10	10,25
10	148A	PÓRTICO	5,77	8,10	15,24

#### 1.10.4.9.6. Distancia de los conductores entre sí

De acuerdo con lo establecido en el punto 5.4.1 de la ITC 07 del Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

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

siendo:

- D Distancia mínima entre conductores en m
- $f_{\max}$  Flecha máxima en m
- $D_{pp}$  Distancia mínima aérea especificada definida anteriormente
- L Longitud de la cadena en m
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento
- K' Coeficiente en función de la categoría de la línea

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \arctg \frac{p_v}{p_c}$$

Calculando la presión de viento para una velocidad de 120km/h. Para el citado ángulo de oscilación, el Reglamento de Líneas de Alta Tensión da un valor de:

Categoría: Especial  $\mu = 42,89^\circ$   $K = 0,65$   $K' = 0,85$

Nº Apoyo	K	Flecha máxima (m)		Hipótesis	L (m)	Dis. mín (m)	Dis. Real (m)	Porcent aje sup.
		v. anterior	v. posterior					
85A	0,65	14,031	13,048	Viento	0,000	5,155	8,000	35,57%
86A	0,65	13,048	10,416	Viento	3,926	5,398	8,000	32,53%
87A	0,65	10,416	10,418	Viento	3,926	5,182	8,000	35,23%
88A	0,65	10,418	13,456	Viento	3,926	5,430	8,000	32,13%
89A	0,65	13,456	15,293	Viento	3,926	5,570	8,000	30,38%
91A	0,65	15,293	0,000	Viento	0,000	5,262	8,000	34,23%
107	0,65	0,000	10,435	Viento	0,000	4,820	8,000	39,75%
145A	0,65	12,853	14,116	Viento	0,000	5,162	8,000	35,47%



Nº Apoyo	K	Flecha máxima (m)		Hipótesis	L (m)	Dis. mín (m)	Dis. Real (m)	Porcent aje sup.
		v. anterior	v. posterior					
146A	0,65	14,116	11,905	Viento	0,000	5,162	8,000	35,47%
147A	0,65	11,905	14,197	Viento	3,926	5,487	8,000	31,41%
148A	0,65	14,197	5,655	Viento	0,000	5,169	8,000	35,39%

#### 1.10.5. Cálculo mecánico del cable de fibra óptica

Este apartado se refiere al estudio de las condiciones en que debe tenderse el cable de fibra óptica y los esfuerzos que este provoca en los apoyos.

##### 1.10.5.1. Características de la línea

Tensión nominal (kV)..... U = 400  
Categoría..... Especial  
Zona de aplicación ..... ZONAS A y B  
Longitud Tramo N°3 (km) ..... 13,910  
Longitud Tramo N°5 (km) ..... 16,601  
Velocidad del viento (km/h) ..... v = 140

##### 1.10.5.2. Características del cable de fibra óptica

Las características mecánicas del cable de fibra óptica son:

Tipo ..... OPGW-24  
Sección total (mm<sup>2</sup>) ..... S<sub>a</sub> = 114,9  
Diámetro total (mm) ..... d<sub>a</sub> = 15,60  
Peso (daN/m) ..... p = 0,551  
Carga de rotura (daN) ..... C<sub>r</sub> = 8.030  
Módulo de elasticidad (daN/mm<sup>2</sup>) ..... E = 9.700  
Coeficiente de dilatación lineal (°C<sup>-1</sup>) ..... α = 16,3 10<sup>-6</sup>

### 1.10.5.3. Acciones consideradas

#### 1.10.5.3.1. Cargas permanentes

Según la ITC-07 en su punto 3.1.1 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considera la carga vertical debida al peso propio del cable de fibra óptica.

Peso del cable de fibra óptica (daN/m) .....  $p_c = 0,551$

#### 1.10.5.3.2. Acción del viento

Según la ITC-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la presión del viento sobre el cable de fibra óptica en función del diámetro del mismo. Se ha considerado una velocidad máxima de viento de 140km/h.

Acción del viento horizontal (daN/m) .....  $p_v = 1,274$

#### 1.10.5.3.3. Sobrecarga de hielo

Según el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, se considerará la sobrecarga de un manguito de hielo sobre el cable de fibra óptica. Esta sobrecarga no es aplicable a ZONA A.

Sobrecarga de hielo (daN/m).....  $p_h = 0,711$

También se ha considerado una acción de viento de 60km/h actuando sobre el conductor en la hipótesis de hielo. Esta velocidad hace una presión sobre los conductores de 25,00daN/m<sup>2</sup>.

El espesor del manguito de hielo, calculado con densidad de hielo 750daN/m<sup>3</sup> para las condiciones de hielo reglamentarias es de 11,24 mm. Esto hace que el diámetro expuesto al viento sea de 38,08 mm para cada zona. Por tanto la sobrecarga horizontal:

Sobrecarga horizontal de hielo ZONA B (daN/m) .....  $h_h = 0,476$

La sobrecarga vertical será la de hielo actuando sobre el conductor:

Sobrecarga vertical de hielo incluyendo peso ZONA B (daN/m) .....  $h_v = 1,262$

La sobrecarga total será la composición de ambas:

Sobrecarga de hielo más viento ZONA B (daN/m) .....  $h_t = 1,349$

#### 1.10.5.4. Hipótesis de partida

##### 1.10.5.4.1. Límite estático

La tensión máxima de los cables de fibra óptica es la indicada en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	COEF.SEGURIDAD Cs	TENSIÓN MÁXIMA(daN)
OPGW-24	8.030	3,00	2.677
OPGW-24	8.030	0,00	0

##### 1.10.5.4.2. Límite dinámico

Los fenómenos vibratorios se tendrán presente en las siguientes hipótesis de carga:

##### 1.10.5.4.2.1. Hipótesis CHS (Cold Hours Stress)

La hipótesis de carga CHS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de tensión más elevada que es probable que ocurra periódicamente (0°C y -5°C en zona A y B respectivamente) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura en estas condiciones.

El valor de tense CHS empleado en las tablas de cálculo mecánico es el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE CHS (daN)	% ROTURA
OPGW-24	8.030	1.445	18,00

##### 1.10.5.4.2.2. Hipótesis EDS (Every Day Stress)

La hipótesis de carga EDS tiene en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable en condiciones de temperatura normales (15 °C para todas zonas) sin sobrecarga, de modo que la tensión del cable nunca supere un % de la carga de rotura.

El valor de tense EDS empleado en las tablas de cálculo mecánico será el indicado en la siguiente tabla:

CONDUCTOR	CARGA DE ROTURA (daN)	TENSE EDS (daN)	% ROTURA
OPGW-24	8.030	1.204	15,00

#### 1.10.5.5. Hipótesis de cálculo

##### 1.10.5.5.1. Tracción máxima admisible

Según la tabla 4 de la Instrucción Técnica Complementaria 07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión los cables de fibra óptica deberán resistir las sobrecargas siguientes:

**ZONA A:** Peso propio y sobrecarga de viento de 140km/h a  $-5^{\circ}\text{C}$

$$p_c = \sqrt{p_c^2 + p_{v140}^2} \quad p_v = 1,388 \text{ daN/m}$$

$$\theta_v = -5^{\circ}\text{C}$$

**ZONA B:** Peso propio, sobrecarga de hielo y viento de 60km/h a  $-15^{\circ}\text{C}$

$$p_H = \sqrt{(p_c + p_h)^2 + p_v^2} \quad p_H = 1,349 \text{ daN/m}$$

$$\theta_h = -15^{\circ}\text{C}$$

**Hipótesis adicional:** Peso propio y sobrecarga de viento de 140km/h a  $-10^{\circ}\text{C}$

$$p_c = \sqrt{p_c^2 + p_{v140}^2} \quad p_v = 1,388 \text{ daN/m}$$

$$\theta_v = -10^{\circ}\text{C}$$

##### 1.10.5.5.2. Hipótesis de flecha máxima

Según la ITC-07 del actual Reglamento de Líneas de Alta Tensión (Apartado 3.2.3), se determinará la flecha máxima de los conductores o cables de tierra en las hipótesis siguientes:

**Hipótesis de viento:** Acción del peso propio y una sobrecarga de viento de 120km/h a la temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ .

$$p_{2v} = \sqrt{p_c^2 + p_v^2} \quad p_{2v} = 1,274 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2v} = 15^{\circ}\text{C}$$

**Hipótesis de temperatura:** Acción del peso propio a la temperatura de  $85^{\circ}\text{C}$ .

$$p_{2t} = p_c \quad p_{2t} = 0,551 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2t} = 85^{\circ}\text{C}$$

**Hipótesis de hielo:** Acción del peso propio, una sobrecarga de hielo a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$ . Esta hipótesis no es aplicable a ZONA A.

$$p_{2t} = p_h + p_c \quad p_{2t} = 1,262 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2h} = 0^{\circ}\text{C}$$

#### 1.10.5.5.3. Hipótesis de flecha mínima

La hipótesis de flecha mínima es:

ZONA A: Peso propio sin sobrecarga a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$p_{2C} = p_c$$

$$p_{2C} = 0,551 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2B} = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

ZONA B: Peso propio sin sobrecarga a  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$p_{2C} = p_c$$

$$p_{2C} = 0,551 \text{ daN/m}$$

$$\theta_{2B} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### 1.10.5.6. Vano ideal de regulación

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano llamado vano ideal de regulación.

Siendo:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{a_i'^2}{a_i}}$$

$$a_i' = \sqrt{a_i^2 + b_i^2} \quad (\text{m})$$

donde:

$a_i$  : Longitud del vano  $i$  medido en la dirección longitudinal (m).

$b_i$  : Desnivel del vano  $i$  medido en la dirección vertical (m).

El vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \frac{a_i'^2}{a_i}}} \quad (\text{m})$$

Operando de esta forma se obtienen las tablas siguientes:

VANOS IDEALES DE REGULACION CABLE OPGW 24

Cantón N°	Apoyo Inicial	Apoyo Final	Longitud Cantón (m)	Vano de Regulación (m)	Tense de flecha máxima (daN)	Tense Flecha mínima (daN)	Parámetro flecha máxima (m)	Parámetro flecha mínima (m)
1	85A	91A	1.940,6	391,4	1,000120	2.302,0	1.385,7	1.658,4
2	107	113	2.248,7	376,7	1,001872	2.274,2	1.326,5	1.638,4
3	145A	146A	427,0	427,0	1,000090	2.360,5	1.305,1	1.700,6
4	146A	148A	818,5	410,4	1,000203	2.333,9	1.311,6	1.681,4
5	148A	PÓRTICO	50,0	50,0	1,010897	226,9	636,5	411,7

### 1.10.5.7. Comparación de hipótesis

#### 1.10.5.7.1. Tensión mecánica

Partiendo de la tensión, temperatura y carga total correspondientes al valor de la tensión máxima adoptado, se calcula con la ayuda de la ecuación de cambio de condiciones, las tensiones respectivas a las hipótesis citadas en el apartado anterior.

Dicha ecuación es:

$$T_2^2 \cdot \left[ T_2 \cdot \frac{A \cdot a^2 \cdot p_1^2}{T_1^2} + B \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right] = A \cdot a^2 \cdot p_2^2$$

siendo:

$T_1$	Tensión del cable en condiciones iniciales en daN
$q_1$	Temperatura del cable en condiciones iniciales en °C
$p_1$	Carga del cable en condiciones iniciales, en daN/m
$T_2, q_2, p_2$	Los mismos conceptos anteriores en condiciones finales
$a$	Vano de cálculo en m
$A$	$\frac{S_a \cdot E}{24}$
$B$	$S \cdot E \cdot \alpha \text{ daN} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

#### 1.10.5.7.2. Flecha

El cálculo de flechas se obtiene mediante la expresión:

$$f = \frac{T_0}{p_a} \cdot \left( \cosh \left( \frac{a \cdot p_a}{2 \cdot T_0} \right) - 1 \right)$$

siendo:

$p_a$	Peso aparente del cable (daN/m).
$T_0$	Componente horizontal de la tensión del cable correspondiente al vano de regulación (daN).
$a$	Longitud del vano (m).

Con los valores de  $p_a$  y  $T$  de cada vano de regulación obtenidos en las siguientes hipótesis:

Flecha máxima: aquella que resulte mayor de la comparación de las condiciones siguientes:

- Temperatura  $\theta_2 = 85\text{ °C}$  sin sobrecarga
- Temperatura  $\theta_2 = 0\text{ °C}$  y sobrecarga de hielo
- Temperatura  $\theta_2 = 15\text{ °C}$  y sobrecarga de viento

Flecha mínima:

- Temperatura  $\theta_2 = -15\text{ °C}$  sin sobrecarga

Se obtienen los parámetros de la catenaria de las curvas de replanteo correspondientes a la flecha máxima y mínima respectivamente.



CALCULO MECANICO DEL CABLE DE TIERRA OPGW 24

ZONA B

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-15°C		50°C		-10°C + V (140km/h)		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-10°C + V/2		-15°C + H + V		0°C + H + V		CHS a -5°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
1	2.813,3	391,4	1.386	7,62	1.048	10,08	2.451	10,86	2.420	11,00	2.302	11,56	1.742	9,27	2.438	10,60	2.344	11,03	1.320	16,43	1.205	15,00	2.451	3,28

CALCULO MECANICO DEL CABLE DE TIERRA OPGW 24

ZONA A

Nº Cantón	Tensión inicial	Vano reg. (m)	-5°C		50°C		-5°C + V (140km/h)		15°C + V (140km/h)		-5°C + V/2		CHS a 0°C		EDS a 15°C		Ten. máxima	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	%	T	%	T	C.S.
2	2.676,7	376,7	1.327	7,37	1.040	9,41	2.396	10,29	2.274	10,84	1.737	8,61	1.294	16,11	1.205	15,00	2.396	3,35
3	1	2.813,3	427,0	1.305	9,63	1.065	11,81	2.470	12,83	2.360	13,42	1.752	10,97	1.278	15,92	1.205	15,00	2.470
4	2	2.813,3	410,4	1.312	8,85	1.057	10,99	2.447	11,96	2.334	12,54	1.748	10,16	1.283	15,98	1.205	15,00	2.447
5	3	0,0	50,0	637	0,27	227	0,76	851	0,51	672	0,65	710	0,37	568	7,08	403	5,02	851

#### 1.10.5.8. Tabla de regulación

Las tablas de regulación indican las flechas con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura y sin actuar sobrecarga alguna.

La tensión a que se ve sometido un cable en un punto determinado de la catenaria vendrá dado por la siguiente expresión:

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

siendo:

- $T$  Tensión del cable (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- $H$  Parámetro de la catenaria (m).
- $x$  Coordenada en el eje x del cable (m).

La dirección de esta tensión en este punto será tangente a la catenaria.

La tensión en el punto medio de un vano no nivelado vendrá dado por la siguiente expresión:

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

donde:

$$x_m = H \operatorname{argsh} \left[ \frac{\frac{b}{2H}}{\operatorname{sh} \frac{a}{2H}} \right] \quad (\text{m})$$

siendo:

- $T_m$  Tensión del cable en el punto medio del vano (daN).
- $T_0$  Componente horizontal de la tensión del cable (daN).
- $H$  Parámetro de la catenaria (m).
- $x_m$  Coordenada en el eje x del punto medio del vano (m).
- $a$  Longitud del vano medido en la dirección longitudinal (m).
- $b$  Desnivel del vano medido en la dirección vertical (m).

Las flechas de cada vano del cantón se determinarán mediante la siguiente expresión:

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

donde:

- f: Flecha (m).
- $T_{mi}$ : Tensión del cable en el punto medio del vano i (daN).
- H: Parámetro de la catenaria (m).
- p: Fuerza por unidad de longitud o peso aparente (daN/m).
- $a_i$ : Longitud del vano i medido en la dirección longitudinal (m).

Operando de esta forma, se obtiene el cuadro de valores siguiente:

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 1 ZONA B**
**APOYO INICIAL: 85A**
**VANO DE REGULACIÓN: 931,40m**
**APOYO FINAL N°: 91A**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)				
		Longitud del vano (m)				
		Desnivel (m)				
		Apoyos del vano				
		397,2	355,0	355,0	403,4	430,0
		-9,4	-1,7	-6,6	-4,7	-8,4
		2-3	3-4	4-5	5-6	6-7
0	1.288,8	8,439	6,738	6,739	8,702	9,891
5	1.259,3	8,636	6,895	6,896	8,906	10,122
10	1.231,3	8,833	7,053	7,054	9,109	10,353
15	1.204,5	9,030	7,210	7,211	9,312	10,584
20	1.178,9	9,226	7,366	7,367	9,514	10,814
25	1.154,5	9,421	7,522	7,523	9,716	11,043
30	1.131,2	9,616	7,678	7,679	9,917	11,271
35	1.108,9	9,809	7,832	7,833	10,116	11,498
40	1.087,6	10,002	7,986	7,987	10,315	11,724
45	1.067,2	10,194	8,139	8,140	10,512	11,948
50	1.047,7	10,384	8,290	8,292	10,709	12,172

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 2 ZONA A**
**APOYO INICIAL N°: 107**
**VANO DE REGULACIÓN: 376,7m**
**APOYO FINAL N°: 113**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)				
		Longitud del vano (m)				
		Desnivel (m)				
		Apoyos del vano				
		363,8	399,4	410,0	358,0	362,1
		-28,2	2,4	6,8	12,9	16,7
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
0	1.293,8	7,069	8,497	8,954	6,831	6,992
5	1.262,6	7,244	8,707	9,175	7,000	7,165
10	1.232,8	7,419	8,917	9,397	7,169	7,338
15	1.204,5	7,594	9,128	9,619	7,338	7,511
20	1.177,5	7,768	9,337	9,840	7,506	7,683
25	1.151,7	7,942	9,547	10,060	7,674	7,855
30	1.127,1	8,116	9,755	10,280	7,842	8,027
35	1.103,7	8,288	9,963	10,499	8,009	8,198
40	1.081,3	8,460	10,169	10,716	8,175	8,367
45	1.059,9	8,631	10,374	10,933	8,340	8,536
50	1.039,5	8,801	10,579	11,148	8,504	8,704



### CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN

Cantón N°: 3 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 145A

VANO DE REGULACIÓN: 427,0m

APOYO FINAL N°: 146A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		427,0	
		-5,7	
		2-3	
0	1.278,3	9,834	
5	1.252,6	10,036	
10	1.228,0	10,237	
15	1.204,5	10,437	
20	1.181,9	10,637	
25	1.160,3	10,835	
30	1.139,6	11,033	
35	1.119,7	11,229	
40	1.100,6	11,424	
45	1.082,3	11,618	
50	1.064,7	11,811	

### CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN

Cantón N°: 4 ZONA A

APOYO INICIAL N°: 146A

VANO DE REGULACIÓN: 410,4m

APOYO FINAL N°: 148A

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)	
		Longitud del vano (m)	
		Desnivel (m)	
		Apoyos del vano	
		391,2	427,3
		-6,5	-8,8
		3-4	4-5
0	1.283,0	8,224	9,809
5	1.255,6	8,403	10,023
10	1.229,5	8,582	10,236
15	1.204,5	8,760	10,449
20	1.180,6	8,938	10,661
25	1.157,7	9,114	10,872
30	1.135,8	9,290	11,082
35	1.114,9	9,465	11,291
40	1.094,8	9,639	11,498
45	1.075,5	9,812	11,705
50	1.057,1	9,984	11,910

**CABLE OPGW-24 - TABLA DE REGULACIÓN**
**Cantón N°: 5 ZONA A**
**APOYO INICIAL N°: 148A**
**VANO DE REGULACIÓN: 50,0m**
**APOYO FINAL N°: PÓRTICO**

TEMPERATURA (°C)	TENSE (daN)	FLECHA MÁXIMA (m)
		Longitud del vano (m)
		Desnivel (m)
		Apoyos del vano
		50,0
		-26,6
		5-6
0	568,2	0,343
5	505,9	0,386
10	450,7	0,433
15	403,0	0,484
20	362,6	0,538
25	328,8	0,593
30	300,7	0,649
35	277,3	0,704
40	257,6	0,757
45	241,0	0,809
50	226,9	0,860

#### 1.10.5.9. Distancia de los conductores y el cable de tierra

De acuerdo con lo establecido en el punto 5.4.1 de la ITC 07 del Reglamento de líneas eléctricas, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores y cables de tierra debidas al viento y al desprendimiento de nieve acumulada sobre ellos, la distancia de los conductores vendrá dada por la siguiente expresión:

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

siendo:

- D Distancia mínima entre conductor y cable de tierra en m
- $f_{\max}$  Flecha máxima del conductor o cable de tierra en m
- $D_{pp}$  Distancia mínima aérea especificada definida anteriormente
- L Longitud de la cadena en m
- K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento
- K' Coeficiente en función de la categoría de la línea

El ángulo de oscilación de los conductores se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\mu = \arctg \frac{p_v}{p_c}$$

Calculando la presión de viento para una velocidad de 120km/h.

Debido a que existen dos conductores se empleará el valor de K mayor de ambos. También en el caso de la flecha máxima se empleará la mayor, esto es la del conductor que normalmente tendrá mayor flecha que el cable de tierra al estar tendido por encima. Para el citado ángulo de oscilación, el Reglamento de Líneas de Alta Tensión da un valor de:

Categoría: Especial<sup>a</sup>

$$\mu_c = 42,89^\circ \quad K_c = 0,65$$

$$\mu_t = 59,52^\circ \quad K_t = 0,65 \quad K' = 0,85$$

Nº Apoyo	K		F.cond (m)		F.cable (m)		Hipótesis	L (m)	d. mín (m)	d. Real (m)	% sup.
	cond.	cable	v. ant	v. post	v. ant	v. post					
85A	0,65	0,65	14,031	13,048	12,695	11,908	Viento	0,000	5,155	7,295	29,34%
86A	0,65	0,65	13,048	10,416	11,908	9,507	Viento	3,926	5,398	7,502	28,05%
87A	0,65	0,65	10,416	10,418	9,507	9,509	Viento	3,926	5,182	7,502	30,93%
88A	0,65	0,65	10,418	13,456	9,509	12,281	Viento	3,926	5,430	7,502	27,62%
89A	0,65	0,65	13,456	15,293	12,281	13,959	Viento	3,926	5,570	7,502	25,76%

Nº Apoyo	K		F.cond (m)		F.cable (m)		Hipótesis	L (m)	d. mín (m)	d. Real (m)	% sup.
	cond.	cable	v. ant	v. post	v. ant	v. post					
91A	0,65	0,65	15,293	0,000	13,959	0,000	Viento	0,000	5,262	4,522	16,36%
107A	0,65	0,65	0,000	10,435	0,000	10,137	Viento	0,000	4,820	7,378	34,68%
145A	0,65	0,65	12,853	14,116	11,466	13,424	Viento	0,000	5,162	7,336	29,63%
146A	0,65	0,65	14,116	11,905	13,424	11,394	Viento	0,000	5,162	7,432	30,54%
147A	0,65	0,65	11,905	14,197	11,394	13,593	Viento	3,926	5,487	10,980	50,03%
148A	0,65	0,65	14,197	5,655	13,593	0,731	Viento	0,000	5,169	7,305	29,24%



### 1.10.6. Cálculo mecánico de apoyos

Los cálculos mecánicos de apoyos se realizan de forma individual y para cada una de las distintas hipótesis de carga que establece la ITC 07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión.

Estos cálculos incluyen para cada hipótesis los esfuerzos individuales que cada conductor y cable transmiten a la cruceta y a la cúpula de tierra y el esfuerzo equivalente de todos ellos sobre el apoyo.

Los esfuerzos se referencian en un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (longitudinal, transversal, vertical).

Las distintas hipótesis de carga a considerar en el cálculo mecánico de apoyos serán las establecidas en las tablas 5 a 8 de la ITC-07 del RLAT siendo las siguientes:

- Hipótesis normales
- Hipótesis anormales

#### 1.10.6.1. Hipótesis normales

Las hipótesis normales a considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas según las zonas de aplicación A y B son las indicadas en la siguiente tabla:

TIPO APOYO	ZONA A		ZONA B			
		1ª HIPÓTESIS: VIENTO		1ª HIPÓTESIS: VIENTO		2ª HIPÓTESIS: HIELO
Suspensión de alineación o Suspensión de ángulo	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas hielo (3.1.3)
	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo(3.1.6)
	L	No aplica	L	No aplica	L	No aplica
Amarre de alineación o Amarre de ángulo	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas hielo (3.1.3)
	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo(3.1.6)
	L	No aplica	L	No aplica	L	No aplica
Anclaje de alineación o Anclaje de ángulo	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas hielo (3.1.3)
	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Esfuerzo de viento sobre conductores (3.1.2) y apoyos en caso de ángulo Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo(3.1.6)
	L	No aplica	L	No aplica	L	No aplica
Fin de línea	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas permanentes (3.1.1)	V	Cargas hielo (3.1.3)
	T	Esfuerzo de viento sobre conductores y apoyos (3.1.2)	T	Esfuerzo de viento sobre conductores y apoyos (3.1.2)	T	No aplica
	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.4)	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.4)	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.4)

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo Longitudinal

T = Esfuerzo transversal

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,5 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas respecto al límite de fluencia.

#### 1.10.6.1.1. Esfuerzos verticales

##### 1.10.6.1.1.1. Teoría del Gravivano

El cálculo de los esfuerzos verticales que conductores y cables transmiten a las cruce-tas y a la cúpula de tierra se realiza mediante la teoría del gravivano.

Se denomina gravivano a la longitud de vano que hay que considerar para determinar los esfuerzos verticales que debido a los pesos aparentes de conductores y cables se transmiten al apoyo.

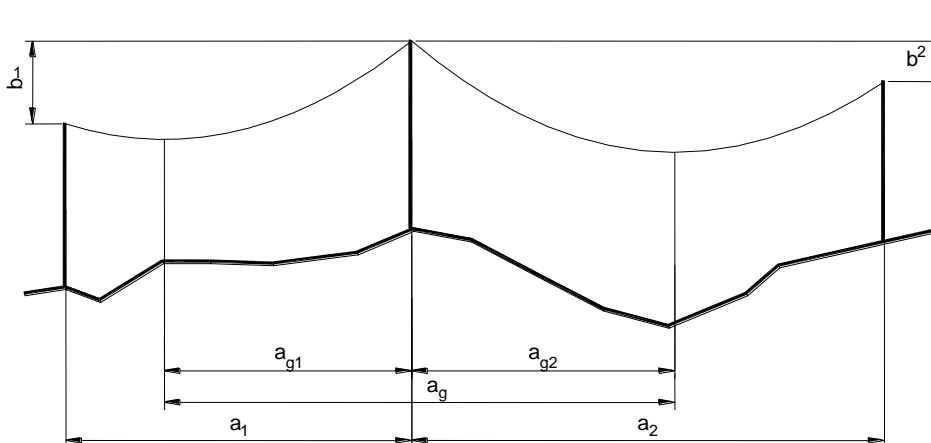
Dicha longitud viene determinada por la distancia horizontal que existe entre los vérti-ces de las catenarias de los vanos contiguos al apoyo ( $a_g$ ).

El vértice de la catenaria modifica su situación con respecto a cada apoyo en función del parámetro de la catenaria, que varía con la temperatura y con el coeficiente de sobrecarga de cada hipótesis.

Para cada hipótesis normal y para cada apoyo se determina el valor del gravivano del conductor y cable de tierra.

Adicionalmente también se calcula el gravivano del conductor para la hipótesis de mínima flecha con el objeto de evitar el posible ahorcamiento en las cadenas de sus-pensión.

En el dibujo se pueden observar los tramos de la catenaria que intervienen en la de-terminación del gravivano de un apoyo.



En los apoyos de anclaje se tendrá presente la diferencia del parámetro de la catena-ria en cada semigravivano.

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

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

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

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

$$b_1 > 0 \quad \text{si } y_{b1} - y_{a1} > 0$$

$$b_1 < 0 \quad \text{si } y_{b1} - y_{a1} < 0$$

$$b_2 > 0 \quad \text{si } y_{b2} - y_{a2} > 0$$

$$b_2 < 0 \quad \text{si } y_{b2} - y_{a2} < 0$$

Conocido el gravivano se determinan los esfuerzos verticales que el conductor y el cable transmiten sobre cruceta y cúpula de tierra respectivamente.

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

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

siendo:

- P Esfuerzo vertical que el cable o conductor transmite a la cruceta o cúpula de tierra (daN).
- $P_A$  Esfuerzo vertical que el cable o conductor del vano anterior al apoyo transmite a la cruceta o cúpula de tierra (daN).
- $P_B$  Esfuerzo vertical que el cable o conductor del vano posterior al apoyo transmite a la cruceta o cúpula de tierra (daN).
- $p_a$  Peso aparente del cable o conductor (daN/m).
- $a_g$  Gravivano del cable o conductor (m).
- $H_1$  Parámetro de la catenaria del cable o conductor en el vano anterior al apoyo (m).
- $H_2$  Parámetro de la catenaria del cable o conductor en el vano posterior al apoyo (m).

#### 1.10.6.1.1.2. Cargas permanentes

De acuerdo con el apartado 3.1.1 de la ITC-07 del RLEAT se consideran como cargas permanentes las cargas verticales debidas al peso propio de conductores, cables de tierra, aisladores y herrajes, apoyos y cimentaciones.

#### 1.10.6.1.1.3. Fuerzas del viento sobre los componentes de las líneas aéreas

De acuerdo con el apartado 3.1.2 de la ITC-07 del RLEAT se considera un viento de 140km/h que se supone horizontal actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

#### 1.10.6.1.1.4. Sobrecargas motivadas por el viento

De acuerdo con el apartado 3.1.2 de la ITC-07 del RLEAT los conductores y cables se consideran sometidos a una sobrecarga horizontal transversal por viento por unidad de longitud, cuyo valor será:

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

siendo:

$d$  Diámetro del conductor o cable (mm).

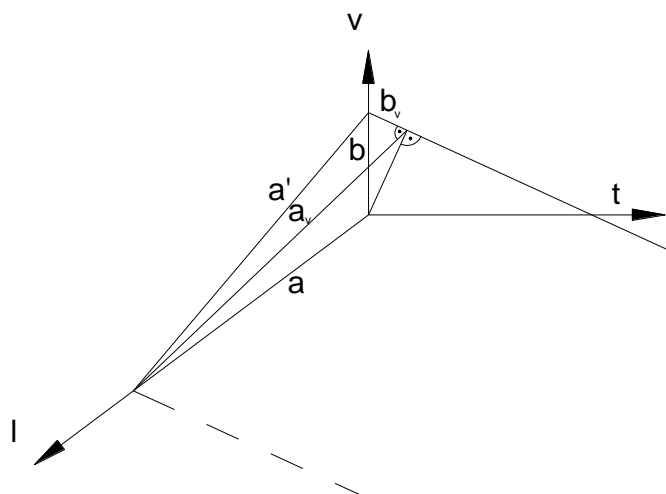
$q$  Presión de viento

$$q = 60 \left( \frac{v}{120} \right)^2 \text{ para conductores } d < 16\text{mm}$$

$$q = 50 \left( \frac{v}{120} \right)^2 \text{ para conductores } d > 16\text{mm}$$

Al no ser las fuerzas debidas al viento por unidad de longitud coplanarias con el plano vertical, la catenaria se sitúa en el plano resultante de las fuerzas ( $\gamma$ ).

Para poder aplicar la teoría del gravivano habrá que considerar las proyecciones de  $a$  y  $b$  sobre el plano que contiene a la catenaria ( $\gamma$ ).



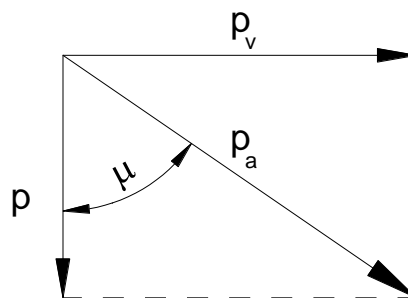
$$b_v = b \cos(\mu) \text{ (m)}$$

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

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

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

siendo:



$b_v$  Proyección de  $b$  sobre el plano que contiene la catenaria (m).

$a_v$  Proyección de  $a$  sobre el plano que contiene la catenaria (m).

Una vez aplicada la teoría del gravivano para referenciar el valor del esfuerzo vertical en el sistema de coordenadas principal se proyecta el valor del mismo sobre el plano vertical.

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

donde:

- $P'$  Esfuerzo vertical que el conductor o cable transmiten a la cruceta o cúpula de tierra referido al sistema de coordenadas secundario (plano que contiene la catenaria) (daN).
- $P$  Esfuerzo vertical que el conductor o cable transmiten a la cruceta o cúpula de tierra referido al sistema de coordenadas principal (plano vertical) (daN).

#### 1.10.6.1.1.5. Sobrecargas motivadas por el hielo

De acuerdo con el apartado 3.1.3 de la ITC-07 del RLEAT los conductores y cables se consideran sometidos en la zona de cálculo B a una sobrecarga por manguito de hielo por unidad de longitud, cuyo valor es:

$$p_h = 0,180 \sqrt{d} \text{ (daN/m)}$$

siendo:

d Diámetro del conductor o cable (mm).

Los cálculos del gravivano para la hipótesis de hielo se realizan según lo establecido en el apartado anterior, considerando como peso aparente de los conductores y cables su propio peso y la sobrecarga de hielo.

#### 1.10.6.1.2. Esfuerzos horizontales longitudinales y transversales

##### 1.10.6.1.2.1. Teoría del Eolovano

Para el cálculo de los esfuerzos horizontales transversales ( $F_t$ ) que los conductores y cables transmiten a las crucetas y a la cúpula de tierra se emplea la teoría del eolovano.

Se define el eolovano como la longitud de vano horizontal a considerar para la determinación del esfuerzo transversal que, debido a la acción del viento, los conductores y cables transmiten al apoyo. Esta longitud queda determinada por la semisuma de los dos vanos contiguos al apoyo.

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

siendo:

$a_v$  Longitud del eolovano medido en la dirección longitudinal (m).

$a_1$  Longitud del vano anterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).

$a_2$  Longitud del vano posterior al apoyo medido en la dirección longitudinal (m).

##### 1.10.6.1.2.2. Apoyos de alineación y anclaje, con cadena de suspensión y amarre.

###### a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor o cable de tierra, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 5 y 6, de la ITC-07 del RLEAT mediante las siguientes expresiones:

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

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

siendo:

- $a_v$  Longitud del eolovano medido en la dirección longitudinal (m).
- $p_v$  Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m).

b) Hipótesis del hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, serán nulos.

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

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

1.10.6.1.2.3. Apoyos de ángulo con cadena de suspensión o amarre y anclaje.

a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 5 y 6, de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

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

siendo:

- $T_{0v1} T_{0v2}$  Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de viento en los vanos anterior y posterior al apoyo (daN).
- $p_v$  Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m).
- $a_1$  Longitud del vano anterior al apoyo medida en la dirección longitudinal (m).
- $a_2$  Longitud del vano posterior al apoyo medida en la dirección longitudinal (m).
- $\alpha$  Ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior a la alineación posterior

b) Hipótesis de hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.3 y con la tabla 5 y 6, de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

$$F_t = 2 \max [T_{0h1}, T_{0h2}] \left| \cos \frac{\alpha}{2} \right| \text{ (daN)}$$

siendo:

- $T_{0h1}$   $T_{0h2}$  Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo en los vanos anterior y posterior al apoyo (daN/m).  
 $\alpha$  Ángulo en grados sexagesimales que forman las alineaciones, medido en sentido horario desde la alineación anterior a la alineación posterior

#### 1.10.6.1.2.4. Apoyos de fin de línea

##### a) Hipótesis del viento:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del viento, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.2.1 y con la tabla 6, de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

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

siendo:

- $T_{0v}$  Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de viento (N).  
 $p_v$  Fuerza por unidad de longitud del viento sobre el conductor o cable (daN/m).  
 $a_1$  Longitud del vano del apoyo medido en la dirección longitudinal (m).

##### b) Hipótesis del hielo:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) y transversales ( $F_t$ ) que cada conductor, cable de fibra óptica o cable de tierra, debido a la acción del manguito de hielo, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.3 y con la tabla 6, de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

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

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

siendo:

- $T_{0h}$  Componente horizontal de la tensión del conductor o cable para la hipótesis de hielo (daN).



#### 1.10.6.1.3. Viento excepcional

Al ser una línea de categoría Especial se considera un viento de 140km/h.

Los fabricantes de apoyos nos proporcionan el esfuerzo admisible por los apoyos coincidente con un viento de 120km/h. Al ser el esfuerzo real superior al que calcula el fabricante, se debe evaluar el sobreesfuerzo provocado por la diferencia de velocidades del viento.

La presión que el viento ejerce sobre los apoyos de celosía en función de la velocidad de este según el Reglamento de líneas de Alta Tensión, se puede escribir como:

$$P = 170 \left( \frac{v}{120} \right)^2 \text{ daN/m}^2$$

Siendo

P: Presión ejercida sobre un plano

v: Velocidad del viento en km/h

La diferencia de presión entre el viento considerado y los 120km/h contemplados en el reglamento es:

$$\Delta P = 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \text{ daN/m}^2$$

El esfuerzo sobre un apoyo metálico de celosía de perfiles normales es esta presión de viento por el área del apoyo expuesta en el plano normal a la dirección del viento.

La diferencia de esfuerzo en el apoyo es:

$$\Delta F = A_T 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \text{ daN}$$

Este esfuerzo está aplicado en el centro de gravedad del apoyo, por tanto habrá que referenciar la fuerza al punto de aplicación de los esfuerzos, según la ecuación:

$$\Delta F = A_T 170 \left( \left( \frac{v}{120} \right)^2 - 1 \right) \frac{h_{CDG}}{h_u} \text{ daN}$$

Siendo:

$\Delta F$ : Diferencia de esfuerzo al considerar viento excepcional (daN)

h: Coeficiente de opacidad del apoyo

A: Área expuesta al viento del apoyo (m<sup>2</sup>)

v: Velocidad del viento excepcional (km/h)

$h_{CDG}$ : Altura del centro de áreas de la silueta del apoyo (m)

$h_u$ : Altura referencia de esfuerzos (m)

En la siguiente tabla se puede ver el cálculo de este esfuerzo excepcional para cada uno de los apoyos de la línea:

Nº Apoyo	Tipo apoyo	Presión (daN/m²)	Area (m²)	Opacidad	Hcdg (m)	Hu (m)	Esfuerzo (daN)
85A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
86A	AL	61,39	160,24	0,50	15,74	38,20	2.026,6
87A	AL	61,39	160,24	0,50	15,74	38,20	2.026,6
88A	AL	61,39	165,60	0,50	16,64	41,20	2.052,7
89A	AL	61,39	160,24	0,50	15,74	38,20	2.026,6
91A	FL-PAS	61,39	160,24	0,50	15,74	38,20	2.026,6
107	FL-PAS	61,39	233,86	0,50	16,55	33,00	3.600,8
145A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
146A	AG-AM	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
147A	AL	61,39	221,89	0,50	14,92	38,00	2.673,8
184A	FL	61,39	233,86	0,50	16,55	33,00	3.600,8

#### 1.10.6.1.4. Esfuerzo equivalente en el apoyo

Los distintos esfuerzos que los conductores y cables de tierra transmiten al apoyo en las hipótesis normales pueden representarse mediante un único esfuerzo aplicado en un punto del mismo ( $x_{\text{equi}}$ ,  $y_{\text{equi}}$ ) en donde las distintas componentes de este esfuerzo se calculan mediante las siguientes expresiones:

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

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

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

donde:

$F_{\text{lequi}}$  Componente longitudinal del esfuerzo equivalente (daN).

$F_{\text{tequi}}$  Componente transversal del esfuerzo equivalente (daN).

$F_{\text{vequi}}$  Componente vertical del esfuerzo equivalente (daN).

#### 1.10.6.1.5. Esfuerzo resistente en el apoyo con cúpula de tierra

Los esfuerzos que se facilitan en el catálogo del fabricante para diferentes hipótesis consideradas sobre los apoyos, son esfuerzos aplicados en el centro de la cabeza que corresponda. En caso que la línea lleve conductor de protección existe alguna dificultad en determinar cómo afectan al apoyo los esfuerzos transmitidos por este conductor, y además, teniendo en cuenta la altura a la que están aplicados, penalizan de forma importante al apoyo dependiendo del módulo de estos esfuerzos.

### 1.10.6.2. Hipótesis anormales

Las hipótesis anormales a considerar con las correspondientes sobrecargas a aplicar en cada una de ellas son las indicadas en la siguiente tabla:

TIPO APOYO	ZONAS A y B			
	3ª HIPÓTESIS: DESEQUILIBRIO		4ª HIPÓTESIS: ROTURA CONDUCTORES	
Suspensión de alineación o Suspensión de ángulo	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)
	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)
	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.1)	L	Rotura de conductores y cables de tierra (3.1.5.1)
Amarre de alineación o Amarre de ángulo	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)
	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)
	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.2)	L	Rotura de conductores y cables de tierra (3.1.5.2)
Anclaje de alineación o Anclaje de ángulo	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)
	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)	T	Alineación: No aplica Ángulo: Resultante de ángulo (3.1.6)
	L	Desequilibrio de tracciones (3.1.4.3)	L	Rotura de conductores y cables de tierra (3.1.5.3)
Fin de línea	V	No Aplica	V	Zona A: Cargas Permanentes (3.1.1) Zona B: Cargas Hielo (3.1.3)
	T	No Aplica	T	No Aplica
	L	No Aplica	L	Rotura de conductores y cables de tierra (3.1.5.4)

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo Longitudinal

T = Esfuerzo transversal

El coeficiente de seguridad no será inferior a 1,2 en el caso de en apoyos y crucetas metálicas respecto al límite de fluencia.

#### 1.10.6.2.1. Esfuerzos verticales

Los esfuerzos verticales para hipótesis anormales se calculan con el mismo procedimiento indicado en el apartado anterior, teniendo en cuenta que para la hipótesis de rotura de conductor se considerará que el conductor o cable de tierra roto no ejerce esfuerzo vertical. El resto de conductores se calculará con el mismo gravitativo que las hipótesis anteriores.

#### 1.10.6.2.2. Esfuerzos horizontales longitudinales

##### 1.10.6.2.2.1. Apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión

###### a) Desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que cada conductor o cable de tierra, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.4.1 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = 0,15 T_0 \text{ (daN)}$$

Siendo:

$T_0$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en la citada hipótesis (daN).

Este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores al apoyo.

###### b) Rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que debidos a la rotura de un conductor o cable de tierra, se transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.5.1 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = 0,5 T_0 \text{ (daN)}$$

siendo:

$T_0$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable (daN).

En apoyos de ángulo con cadena de suspensión se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

##### 1.10.6.2.2.2. Apoyos de alineación y ángulo con cadenas de amarre

###### a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que cada conductor o cable de tierra, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.4.2 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = 0,25 \max [T_{01}, T_{02}] \text{ (daN)}$$

siendo:

$T_{01} T_{02}$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

Este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores al apoyo.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido a esta circunstancia.

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que debidos a la rotura de un conductor o cable de tierra, se transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.5.2 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN})$$

siendo:

$T_{01}T_{02}$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

1.10.6.2.2.3. Apoyos de anclaje

a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que cada conductor o cable de tierra, debidos al desequilibrio de tracciones, transmiten a la cruceta o cúpula de tierra se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.4.3 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = 0,5 \max [T_{01}, T_{02}] (\text{daN})$$

siendo:

$T_{01}T_{02}$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

Este esfuerzo se aplicará en el punto de fijación de los conductores al apoyo.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido a esta circunstancia.

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_I$ ) que debidos a la rotura de un conductor o cable de tierra, se transmiten a la cruceta o cúpula de tierra, se determinan, de acuerdo con el apartado 3.1.5.3 de la ITC-07 del RLEAT, mediante las siguientes expresiones:

$$F_I = \max [T_{01}, T_{02}] \quad (\text{daN}) \text{ para } n' = 1 \text{ conductores normales}$$

$$F_I = \max [T_{01}, T_{02}] n' 50\% \quad (\text{daN}) \text{ para } n' > 1 \text{ conductores en haz}$$

siendo:

$T_{01}T_{02}$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable en los vanos contiguos al apoyo (daN).

$n'$  Número de conductores por fase

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

#### 1.10.6.2.2.4. Apoyos de fin de línea

a) Hipótesis de desequilibrio de tracciones:

En apoyos fin de línea no se considera la hipótesis

b) Hipótesis de rotura de conductores:

Los esfuerzos horizontales longitudinales ( $F_l$ ) que debidos a la rotura de un conductor, serán los mismos que en el apartado anterior, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda:

$$F_l = T_0 n' \text{ (daN)}$$

siendo:

$T_0$  Componente horizontal de la tensión máxima del conductor o cable (daN).

$n'$  Número de conductores por fase

#### 1.10.6.2.3. Esfuerzo equivalente en el apoyo

##### 1.10.6.2.3.1. Desequilibrio de tracciones

Los distintos esfuerzos que los conductores y cable de tierra transmiten al apoyo en la hipótesis de desequilibrio de tracciones pueden representarse mediante un único esfuerzo aplicado en un punto del mismo ( $x_{equi}$ ,  $y_{equi}$ ) en donde las distintas componentes de este esfuerzo se calcularán según lo establecido en el apartado anterior.

En apoyos de ángulo se estudiará el esfuerzo de ángulo debido a esta circunstancia.

##### 1.10.6.2.3.2. Rotura de conductores

La sollicitación que la rotura de un conductor transmite al apoyo se representa mediante un momento torsor en la dirección del eje vertical y un esfuerzo vertical aplicado en un punto del mismo ( $x_{equi}$ ,  $y_{equi}$ ) calculados según las siguientes expresiones:

$$M_{tequi} = F_{li} x_i \text{ (daN m)}$$

$$F_{vequi} = \sum_i^n F_{vi} \text{ (daN)}$$

El momento torsor se representa mediante un esfuerzo aplicado en un punto del apoyo a una distancia  $d$  del eje vertical. El valor de este esfuerzo equivalente se calcula según la siguiente expresión:

$$F_{lequi} = \frac{M_{tequi}}{d} \text{ (daN)}$$

En apoyos de ángulo se valorará además del esfuerzo de torsión, el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia en su punto de aplicación.

#### 1.10.6.3. Tablas de resultados

A continuación se reflejan los resultados obtenidos para en el cálculo mecánico de apoyos, así como los coeficientes de seguridad de apoyos y crucetas referidos a cada hipótesis.

Los apoyos seleccionados deberán ser verificados por el suministrador de los mismos en base a los cálculos mecánicos que se muestran a continuación.



CARACTERÍSTICAS DE LOS APOYOS

ZONA B

Nº apoyo	Tipo de apoyo	Angulo apoyo(g)	Cota apoyo (m)	Altura punto Engrape (m)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Tense máx.(daN)			
							LA-455		OPGW-24	
							Viento	Hielo	Viento	Hielo
85A	AG-AM	251,48	663,65	30,00	413,2	397,2	3.929,9	4.133,3	2.480,5	2.464,2
86A	AL	0,00	657,73	26,27	397,2	355,0	3.927,7	4.133,3	2.451,1	2.437,9
87A	AL	0,00	656,04	26,27	355,0	355,0	3.927,7	4.133,3	2.451,1	2.437,9
88A	AL	0,00	646,48	29,27	355,0	403,4	3.927,7	4.133,3	2.451,1	2.437,9
89A	AL	0,00	644,76	26,27	403,4	430,0	3.927,7	4.133,3	2.451,1	2.437,9
91A	FL-PAS	0,00	636,37	30,20	430,0	-----	3.927,7	4.133,3	2.451,1	2.437,9

ZONA A

Nº apoyo	Tipo de apoyo	Angulo apoyo(g)	Cota apoyo (m)	Altura punto Engrape (m)	Vano anterior (m)	Vano posterior (m)	Tense máx.(daN)	
							LA-455	OPGW-24
107	FL-PAS	0,00	391,27	25,00	-----	363,8	4.101,1	2.395,6
145A	AG-AM	244,54	375,35	30,00	406,3	427,0	4.118,5	2.633,0
146A	AG-AM	221,45	369,63	30,00	427,0	391,2	4.118,5	2.470,0
147A	AL	0,00	363,10	26,07	391,2	427,3	4.113,5	2.447,1
148A	FL	233,31	359,43	25,00	427,3	50,0	4.113,5	2.447,1
PÓRTICO	PORTICO	0,00	359,03	18,00	50,0	-----	137,3	851,2

CÁLCULO DE EOLOVANOS Y GRAVIVANOS ZONA B

Apoyo N°	Eolovano (m)	Gravivano (m)				
		Hipótesis 1ª (VIENTO)		Hipótesis 2ª (HIELO)		Flecha mínima (-15°C)
		LA-455	OPGW-24	LA-455	OPGW-24	LA-455
85A	405,2	464,6	452,7	499,6	524,8	509,2
86A	376,1	356,7	363,3	344,7	342,4	341,0
87A	355,0	369,8	365,3	378,3	380,4	380,7
88A	379,2	373,0	375,1	368,9	367,7	367,5
89A	416,7	416,5	423,3	415,7	431,9	415,3
91A	215,0	204,8	201,6	198,4	180,1	196,4

CÁLCULO DE EOLOVANOS Y GRAVIVANOS ZONA A

Apoyo N°	Eolovano (m)	Gravivano (m)		
		Hipótesis 1ª (VIENTO)		Flecha mínima (0°C)
		LA-455	OPGW-24	LA-455
107	181,9	265,6	235,6	332,4
145A	416,7	438,6	431,3	454,4
146A	409,1	424,3	412,3	435,3
147A	409,3	393,6	412,9	380,7

Apoyo N°	Eolovano (m)	Gravivano (m)		
		Hipótesis 1ª (VIENTO)		Flecha mínima (0°C)
		LA-455	OPGW-24	LA-455
148A	238,6	233,8	354,9	228,2
PÓRTICO	25,0	20,3	-104,0	17,1

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA - CONDUCTOR LA-455

ZONA A\_B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	2.028		7.712	3.080		6.998	665	570	1.708	360	2.281	976
86A	AL	1.229		1.419	1.846		458	435	368		238	2.451	
87A	AL	1.268		1.339	2.010		433	483	368		270	2.451	
88A	AL	1.277		1.431	1.964		462	467	368		285	2.451	
89A	AL	1.407		1.572	2.193		508	548	368		320	2.451	
91A	FL-PAS	1.253	7.855	811	1.610	8.267	262					2.451	
107	FL-PAS	1.435	8.202	686							717	8.202	
145A	AG-AM	1.951		7.218				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	1.908		4.306				230	609	725	117	2.435	414
147A	AL	1.339		1.544				231	367		129	2.447	
148A	FL	1.340	8.227	900								1.930	517

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - CABLE OPGW-24

ZONAS A y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	252		2.468	665		2.132	665	570	1.708	360	2.281	976
86A	AL	203		479	435		179	435	368		238	2.451	
87A	AL	204		452	483		169	483	368		270	2.451	
88A	AL	210		483	467		181	467	368		285	2.451	
89A	AL	236		531	548		198	548	368		320	2.451	
91A	FL	114	2.451	274	230	2.438	102					2.451	
107	FL-PAS	133	2.396	232								2.396	
145A	AG-AM	241		2.275				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	230		1.349				230	609	725	117	2.435	414
147A	AL	231		521				231	367		129	2.447	
148A	FL	199	2.447	304								1.930	517

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA - ALINEACIÓN EN SUSPENSIÓN - CONDUCTOR LA-455

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
86A	AL	1.229		1.419	1.846		458	435	368		238	2.451	
87A	AL	1.268		1.339	2.010		433	483	368		270	2.451	
88A	AL	1.277		1.431	1.964		462	467	368		285	2.451	
89A	AL	1.407		1.572	2.193		508	548	368		320	2.451	
147A	AL	1.339		1.544				231	367		129	2.447	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - ALINEACIÓN EN SUSPENSIÓN - CABLE OPGW-24

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
86A	AL	203		479	435		179	435	368		238	2.451	
87A	AL	204		452	483		169	483	368		270	2.451	
88A	AL	210		483	467		181	467	368		285	2.451	
89A	AL	236		531	548		198	548	368		320	2.451	
147A	AL	231		521				231	367		129	2.447	

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA – ÁNGULO EN AMARRE - CONDUCTOR LA-455

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	2.028		7.712	3.080		6.998	665	570	1.708	360	2.281	976
145A	AG-AM	1.951		7.218				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	1.908		4.306				230	609	725	117	2.435	414



SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - ÁNGULO EN AMARRE - CABLE OPGW-24

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
85A	AG-AM	252		2.468	665		2.132	665	570	1.708	360	2.281	976
145A	AG-AM	241		2.275				241	598	1.526	126	2.391	872
146A	AG-AM	230		1.349				230	609	725	117	2.435	414

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CRUCETA – FIN DE LÍNEA - CONDUCTOR LA-455

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
91A	FL-PAS	1.253	7.855	811	1.610	8.267	262					2.451	
107	FL-PAS	1.435	8.202	686							717	8.202	
148A	FL	1.340	8.227	900								1.930	517

SOLICITACIONES COMBINADAS EN CUPULA DE TIERRA - FIN DE LÍNEA - CABLE OPGW-24

ZONAS A Y B

Nº APOYO	TIPO APOYO	1º Hipótesis			2º Hipótesis			3º Hipótesis			4º Hipótesis		
		Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft	Fv	FI	Ft
91A	FL	114	2.451	274	230	2.438	102					2.451	
107	FL-PAS	133	2.396	232								2.396	
148A	FL	199	2.447	304								1.930	517

RESUMEN DE APOYOS - CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES

Nº APOYO	TIPO APOYO	Denominación	Hi (m)	Hm (m)	Hs (m)	Ht (m)	Hu (m)	Brazo Cruc. Inferior (m)	Brazo Cruc. Media (m)	Brazo Cruc. Superior (m)	Brazo Cruc. Cúpula (m)
85A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,50	25%	50%
86A	AL	30 / IME-SUS-DC-400	30,20	38,20	46,20	48,80	38,20	7,00	7,00	15%	50%
87A	AL	30 / IME-SUS-DC-400	30,20	38,20	46,20	48,80	38,20	7,00	7,00	15%	50%
88A	AL	33 / IME-SUS-DC-400	33,20	41,20	49,20	51,80	41,20	7,00	7,00	15%	50%
89A	AL	30 / IME-SUS-DC-400	30,20	38,20	46,20	48,80	38,20	7,00	7,00	15%	50%
91A	FL-PAS	30 / IME-SUS-DC-400 PAS	30,20	38,20	46,20	48,80	38,20	7,00	7,00	100%	100%
107	FL-PAS	25 / IME-FL1-DC-400 PAS	25,00	33,00	41,00	47,20	33,00	7,50	7,50	25%	50%
145A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,50	25%	50%
146A	AG-AM	30 / IME-AN2-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,50	25%	50%
147A	AL	30 / IME-AN-DC-400	30,00	38,00	46,00	52,30	38,00	7,50	7,50	15%	50%
148A	FL	25 / IME-FL1-DC-400	25,00	33,00	41,00	47,20	33,00	7,50	7,50	100%	100%

siendo:

- $H_i$  Altura de la cruceta inferior (m).  
 $H_m$  Altura de la cruceta media (m).  
 $H_s$  Altura de la cruceta superior (m).  
 $H_u$  Punto de aplicación para cálculo de esfuerzos (m).  
 $H_t$  Altura total de la estructura (m).

### 1.10.7. Cálculo mecánico de cimentaciones

Las cimentaciones serán fraccionadas.

En las cimentaciones cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, de acuerdo con lo establecido en el apdo. 1 del Art. 31 del Reglamento de líneas eléctricas, el coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normales ..... 1,50
- Hipótesis anormales ..... 1,20

En las cimentaciones cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno de acuerdo con lo establecido en el apdo. 2 del Reglamento de líneas eléctricas, la tangente del ángulo de giro al alcanzar el equilibrio no será superior a 0,01, siendo el coeficiente de seguridad al vuelco para las distintas hipótesis no inferior a los siguientes valores:

- Para  $0 < \frac{M_{ch}}{M_{cv}} \leq 1$  ..... 1,50
- Para  $\frac{M_{ch}}{M_{cv}} > 1$  ..... 1,50

Siendo:

- $M_{ch}$ : Momento estabilizador debido a las reacciones horizontales del terreno sobre las paredes del macizo (daN m)
- $M_{cv}$ : Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno sobre el fondo del macizo (daNm)

Estos coeficientes de seguridad se verán aumentados un 25% para las hipótesis normales en aquellos apoyos que intervengan en cruzamientos con otras líneas o con vías de comunicación y paso sobre zonas urbanas.

Las tensiones máximas que la cimentación transmite al terreno no excederán los valores máximos fijados para el mismo.

#### 1.10.7.1. Comprobación al arranque

Se considerarán todas las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo:

- Peso propio de la cimentación
- Peso de las tierras que arrastraría el macizo de hormigón al ser arrancado

Se comprobará que el coeficiente de estabilidad de la cimentación, definido como la relación entre las fuerzas que se oponen al arranque del apoyo y la carga nominal de arranque, no sea inferior a 1,5 para las hipótesis normales y 1,2 para las hipótesis eventuales.

#### 1.10.7.2. Comprobación a la compresión

Se considerarán todas las cargas de compresión que la cimentación transmite al terreno:

- Peso propio de la cimentación
- Peso de las tierras que actúan sobre la solera de la cimentación
- Carga de compresión ejercida por el apoyo

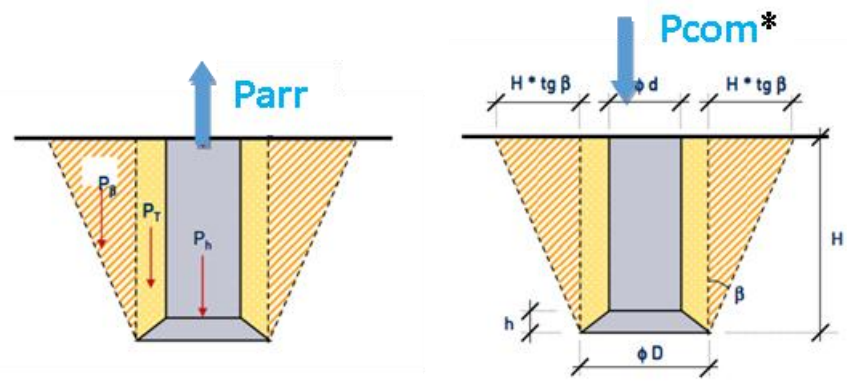
#### 1.10.7.3. Cimentaciones fraccionadas

Las cimentaciones fraccionadas están constituidas por cuatro macizos de hormigón armado, de forma tronco cónica en la parte inferior y de sección cilíndrica en la parte superior.

Este tipo de cimentaciones deben de absorber las cargas de compresión y arranque que el apoyo trasmite al suelo. De los cuatro macizos constituyentes de la cimentación, para un determinado esfuerzo transversal o longitudinal aplicado al apoyo, dos de ellos trabajan al arranque y los otros a la compresión. El cálculo de las cargas de compresión y de arranque está basado en el método del talud natural o ángulo de arranque de tierras.

Para el cálculo se deberán conocer las máximas reacciones en la base transmitidas por cada apoyo, mayoradas con el coeficiente de seguridad correspondiente al tipo de carga. El fabricante del apoyo deberá facilitar el valor máximo de las reacciones mayoradas, al arranque ( $P_{arr}$ ) y a la compresión ( $P_{com}$ ), obtenidas a partir del árbol de cargas y los esfuerzos de viento que actúan sobre cada estructura, además de los coeficientes de seguridad aplicados en cada caso.





El peso del apoyo está implícito en la reacción a tracción en la base.

#### 1.10.7.3.1. Comprobación al arranque:

El esfuerzo estabilizador  $P_e$  (daN) para equilibrar el arranque ( $P_{arr}$ ) viene dado por la expresión:

$$P_e = \frac{P_a}{4} + P_h + P_t + P_\beta$$

siendo:

- $P_e$  Esfuerzo estabilizador (daN)
- $P_a$  Peso del apoyo (daN)
- $P_h$  Peso del bloque de hormigón (daN)
- $P_t$  Peso de tierras que gravitan sobre el hormigón (daN)
- $P_\beta$  Peso de tierras que serían arrancadas según el ángulo natural del terreno o ángulo de fricción del mismo (daN)

Las fuerzas que se oponen a la salida del macizo del terreno vienen definidas por:

- Peso del macizo

$$P_h = \delta_h \cdot \pi \left[ (H - h) \cdot \frac{d^2}{4} + \frac{h}{3} \cdot \left[ \frac{D^2 + D \cdot d + d^2}{4} \right] \right]$$

- $\frac{1}{4}$  parte del peso del apoyo
- Peso de la tierra que gravita sobre la cimentación

$$P_t = \delta_t \cdot \left[ H \cdot L^2 - \frac{P_h}{\delta_h} \right]$$

- Peso de la tierra comprendida en un tronco de cono cuya superficie está limitada por una generatriz que partiendo de la arista inferior del macizo tiene una inclinación hacia el exterior definida por el ángulo de arranque  $\beta$ .

$$P_{\beta} = \delta_T \cdot \left[ 4 \cdot \frac{H}{3} \left[ \left( \frac{D}{2} + Htg\beta \right)^2 + \frac{D}{2} \left( \frac{D}{2} + Htg\beta \right) + \left( \frac{D}{2} \right)^2 \right] - \frac{P_h}{\delta_h} - \frac{P_T}{\delta_T} \right]$$

siendo:

$\delta_h$	Peso específico del hormigón
$\delta_T$	Peso específico del terreno (daN/m <sup>3</sup> )
D	Diámetro de la base tronco-piramidal (m)
d	Diámetro de la base recta (m)
H	Altura de la cimentación (m)
h	Altura de la campana (m)
$\beta$	Ángulo de arranque del terreno

Si la reacción  $P_{arr}$  esta mayorada, la cimentación estará validada si:

$$P_{arr} \leq P_e$$

#### 1.10.7.3.2. Comprobación a la compresión:

Se calculará la  $\sigma_c$  (daN/cm<sup>2</sup>) transmitida por la cimentación al terreno, considerando que las acciones que contribuyen a la compresión son:

C:	la reacción en la base del apoyo a compresión (sin mayorar)
$P_h$	Peso del bloque de hormigón (daN)
$P_a$	Peso del apoyo (daN)
$P_t$	Peso de tierras que gravitan sobre hormigón (daN)

$$\sigma_c = \frac{C + \frac{P_a}{4} + P_h + P_t}{S}$$

siendo

S Superficie de la base del macizo (cm<sup>2</sup>)

El valor de  $\sigma_c$  debe resultar inferior o igual al marcado en el reglamento para cada tipo de terreno.

El coeficiente de seguridad al vuelco viene dado por la expresión:



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

En este caso se ha considerado un ángulo de arranque del terreno de 30,0°, una densidad del terreno de 1.700daN/m³ y una densidad del hormigón de 2.156daN/m³.

El valor de la resistencia mecánica del terreno es 3,50daN/cm².

Con estos valores se calculan las siguientes tablas, donde se pueden ver los coeficientes de seguridad al arranque y a compresión de las cimentaciones para las distintas hipótesis reglamentarias.

#### 1.10.7.3.3. Dimensiones propuestas

Las estructuras propuestas tienen previstas unas cimentaciones que se describen a continuación.

Las dimensiones de la geometría de estas cimentaciones son solo una referencia, y se deberán validar una vez que se tengan datos obtenidos del estudio geotécnico del terreno, y las reacciones en la base mayoradas del fabricante.

Para el cálculo de estas cimentaciones se ha considerado un terreno normal ( $\sigma_{adm} = 10$  daN/cm² /  $\beta = 30^\circ$ ).

Apoyo Nº	Tipo de apoyo	Cimentación fraccionada (m)				V excav. (m³)	V horm. (m³)
		d	D	h	H		
85A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	8,32	33,80
86A	AL	1,35	2,10	0,75	3,85	6,95	31,68
87A	AL	1,35	2,10	0,75	3,85	6,95	31,68
88A	AL	1,35	2,10	0,75	3,85	7,40	31,68
89A	AL	1,35	2,10	0,75	3,85	6,95	31,68
91A	FL-PAS	1,35	2,10	0,75	3,85	6,95	31,68
107	FL-PAS	1,50	3,05	1,55	4,30	6,97	58,08
145A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	8,32	33,80
146A	AG-AM	1,30	2,50	1,20	3,55	8,32	33,80
147A	AL	1,30	2,50	1,20	3,55	8,32	33,80
148A	FL	1,50	3,05	1,55	4,30	6,97	58,08

#### 1.10.8. Puesta a tierra

Los apoyos, se conectarán a tierra teniendo presente lo especificado en el apartado 7 de la ITC-07 del Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión.

Los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra son:

- Electrodo de puesta a tierra
- Línea de tierra



#### 1.10.8.1. Electrodo de puesta a tierra

Se utilizarán como electrodos de puesta a tierra:

- Electrodo de difusión vertical para apoyos no frecuentados
- Anillo cerrado de cobre para apoyos frecuentados

En la siguiente tabla se exponen las características de la puesta a tierra de los distintos apoyos en función de su tensión y ubicación:

Nº Apoyo	Tipo Apoyo	Frecuentado	Maniobra	Paso A/S	Tipo PAT
85A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
86A	AL	No	No	No	Pica Doble
87A	AL	No	No	No	Pica Doble
88A	AL	No	No	No	Pica Doble
89A	AL	No	No	No	Pica Doble
91A	FL-PAS	No	No	No	Pica Doble
107	FL-PAS	No	No	No	Pica Doble
145A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
146A	AG-AM	No	No	No	Pica Doble
147A	AL	No	No	No	Pica Doble
148A	FL	No	No	No	Pica Doble

##### 1.10.8.1.1. Electrodo de difusión vertical

Se utilizará como electrodo de difusión vertical picas con alma de acero y recubrimiento de cobre de 2 m de longitud.

El extremo superior de cada pica quedará al menos a 0,50 m por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irá también la línea de tierra que conecte las picas con el apoyo.

La puesta a tierra doble se realizará mediante dos picas de puesta a tierra situadas a ambos lados del apoyo y perpendicularmente a la dirección de la línea.

##### 1.10.8.2. Línea de tierra

Estará constituida por un doble cable de acero galvanizado de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Los apoyos de la línea de 400 kV dispondrán de dos líneas de tierra situadas en lados opuestos del apoyo.

La corriente de cortocircuito máxima admitida por la línea de tierra en función de la duración del defecto y de las características de los conductores de puesta a tierra, a efectos de no sobrepasar la temperatura máxima permisible, considerando el proceso adiabático, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_{th} = k \cdot \frac{S}{\sqrt{t}}$$

donde:

$$k = \sqrt{\frac{\gamma \cdot c}{\rho_{cc} \cdot \alpha} \cdot \ln \frac{1 + \alpha \cdot (\theta_2 - 20)}{1 + \alpha \cdot (\theta_1 - 20)}}$$

siendo:

- $I_{th}$  : Corriente de cortocircuito térmica equivalente (A)
- $S$ : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- $t$ : Tiempo de duración de la falta (s)
- $\gamma$ : Densidad del conductor (kg/m<sup>3</sup>)
- $c$ : Calor específico del conductor (J/kg °C)
- $\rho_{cc}$ : Resistividad del conductor en corriente continua a 20 °C (Ω m)
- $\alpha$ : Coeficiente de variación de la resistividad del conductor con la temperatura (°C<sup>-1</sup>)
- $\theta_1$ : Temperatura inicial del conductor (°C)
- $\theta_2$ : Temperatura final del conductor (°C)

Si se considera la temperatura inicial de 40 °C y una temperatura máxima de 300 °C, para un defecto de una duración de 0,5 s, las corrientes de cortocircuito térmicas equivalentes máximas admisibles serán:

SECCIÓN (MM <sup>2</sup> )	$I_{TH}$ (KA)
2x50	7,96
2x(2x50)	15,92

La unión de los conductores de acero con la estructura metálica del apoyo se realizará mediante grapa sobre estructura para dos cables.

La unión entre la línea de tierra y los electrodos de puesta a tierra se realizará mediante bridas con estribos para dos cables en el caso de unión a pica de acero-cobre o mediante soldadura aluminotérmica en caso de unión a anillo cerrado de cobre.

## 1.11. Prescripciones especiales

### 1.11.1. Cruzamientos aéreos

#### 1.11.1.1. Líneas eléctricas y de telecomunicación

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión más elevada, y en el caso de igual tensión, la que se instale con posterioridad. En todo caso, siempre que fuera preciso sobreelevar la línea preexistente, será de cargo del nuevo concesionario la modificación de la línea ya instalada. Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la superior no será menor de:

$$D_{lin} = D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el}$$

Con un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión nominal hasta 45kV
- 3 metros para líneas de tensión nominal hasta 66kV
- 4 metros para líneas de tensión nominal hasta 132kV
- 5 metros para líneas de tensión nominal hasta 220kV
- 7 metros para líneas de tensión nominal hasta 400kV

y considerándose los conductores bajo la máxima desviación bajo la acción del viento.

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

$$D_{vert} = D_{add} + D_{el}$$

Tensión nominal (kV)	Dadd (m)	
	Distancia apoyo línea superior al punto cruce < 25m	Distancia apoyo punto línea superior al cruce > 25m
De 3 a 30	1,8	2,5
De 45 o 66	2,5	
De 110 a 150	3	
220	3,5	
400	4	

La distancia mínima vertical entre los conductores de fase de la línea superior y los cables de tierra de la línea inferior, no deberá ser inferior a

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

con un mínimo de 2 metros.

Esta comprobación se realizará con los conductores de fase de la línea superior en condiciones de flecha máxima establecidos en el proyecto.

Con los conductores de fase o cables de guarda de la línea eléctrica inferior sin sobrecarga a la temperatura mínima según la zona.

#### 1.11.1.2. Carreteras y ferrocarriles sin electrificar

La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de carriles en el caso de ferrocarriles sin electrificar será de:

$$D_{ctra} = D_{add} + D_{el}$$

con un mínimo de 7 metros.

$D_{add}$  toma un valor de 7,5m para líneas de categoría especial y de 6,3 metros en el resto.

#### 1.11.2. Cruzamientos subterráneos

##### 1.11.2.1. Calles y carreteras

En los cruces con calles y carreteras los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en su total longitud. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 metros.

##### 1.11.2.2. Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 metros.

### 1.12. Relación de cruzamientos

Nº Cruza- miento	Tramo línea	Apoyo ante- rior	Apoyo pos- terior	Longitud vano (m)	Distancia al apoyo más próximo (m)	Distancia al apoyo de la línea que cruza (m)	Distancia vertical teórica (m)	Distancia vertical real (m)	Afección	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.	
											X	Y
1	3	87A	88A	354,98	110,80	-	8,10	13,465	PASO DESDE VALDORIA HASTA EL MÁS QUEMA- DO	DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, GA- NADERÍA Y MEDIO AM- BIENTE DEL GOBIER- NO DE ARAGÓN	711.271	4.546.532
2	3	89A	91A	430.01	14,20	-	8,10	22,59	CMNO. SAN- TIAGO ANDO- RRA- ALBALATE DEL ARZO- BISPO	SERVICIO DE PATRI- MONIO DEL DEPAR- TAMENTO DE HACIENDA Y ADMI- NISTRACIÓN PÚBLICA DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	711.738	4.546.980
3	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	BARRANCO	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	711.272	4.548.947
4	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-223 PK: 23+946	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	711.117	4.549.155
5	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ARROYO	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	710.384	4.550.756

Nº Cruza- miento	Tramo línea	Apoyo ante- rior	Apoyo pos- terior	Longitud vano (m)	Distancia al apoyo más	Distancia al apoyo de la	Distancia vertical teórica	Distancia vertical real (m)	Afección	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.	
6	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-223 PK: 27+145,00	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.919	4.551.982
7	4	-	-	-	-	-	0,60	3,50	CRTA. A-1401 PK: 34+712	DIR. GRAL. CARRETE- RAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.83	4.551.997
8	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DE MELIDA	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.705	4.552.192
9	4	-	-	-	-	-	0,60	0,60	CMNO. SAN- TIAGO ANDO- RRA- ALBALATE DEL ARZO- BISPO	SERVICIO DE PATRI- MONIO DEL DEPAR- TAMENTO DE HACIENDA Y ADMI- NISTRACIÓN PÚBLICA DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	709.52	4.552.525
10	4	-	-	-	-	-	0,20	3,50	RÍO MARTÍN	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	709.442	4.552.799
11	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.062	4.552.974
12	4	-	-	-	-	-	0,20	0,20	ACEQUIA DEL CAMPO DEL LUGAR	COMUNIDAD DE RE- GANTES DEL RÍO EBRO	709.013	4.553.066
13	5	147A	148A	427,25	62,00	-	8,10	11,314	BARRANCO DE LOS ES- TANCOS	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	700.891	4.556.066

### 1.13. Relación paralelismos

Nº Paralelismo	Tramo de línea	Long. Afección (m)	D mínima (m)	Tipo de Paralelismo	Organismo propietario	Coordenadas inicio U.T.M.		Coordenadas fin U.T.M.	
						X	Y	X	Y
1	4	3.082,14	10,00	CRTA. A-223	DIR. GRAL. CARRETERAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN	711.041	4.549.203	709.959	4.551.970
2	4	97,64	61,23	RÍO MARTÍN	CONF. HIDROGRÁFICA DEL EBRO	709.526	4.552.628	709.544	4.552.724

### 1.14. Paso por zonas

Tipo de zona	Tramo de línea	Long. Afección (m)	Organismo propietario	Comunidad Autónoma	Provincia	Término municipal
ZONA ESPECIAL PROTECCIÓN AVES	4	8.482,30	INAGA	ARAGÓN	TERUEL	ALBALATE DEL ARZOBISPO

### 1.15. Relación de Organismos afectados

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS DEL GOBIERNO DE ARAGÓN
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL EBRO
- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y MEDIO AMBIENTE DEL GOBIERNO DE ARAGÓN
- SERVICIO DE PATRIMONIO DEL DEPARTAMENTO DE HACIENDA Y ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL GOBIERNO DE ARAGÓN
- COMUNIDAD DE REGANTES DEL RÍO EBRO
- INSTITUTO ARAGONÉS DE GESTIÓN AMBIENTAL
- AYUNTAMIENTO DE ANDORRA
- AYUNTAMIENTO DE ALBALATE DEL ARZOBISPO
- AYUNTAMIENTO DE HIJAR



#### 1.16. Seguridad y Salud

Como anexo a este PROYECTO se adjunta el Estudio de Seguridad y Salud de la línea proyectada en cumplimiento del Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre (Art. 4).

#### 1.17. Relación de Bienes y Derecho Afectados

Como anexo a este PROYECTO se adjunta la Relación de Bienes y Derecho Afectados de la línea proyectada.

#### 1.18. Conclusión

Considerando expuestas en esta memoria de la LAT 400KV DC EVACUACIÓN PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS, todas las razones que justifican la construcción de la misma, se espera sea concedida la Autorización Administrativa y la Aprobación del Proyecto.

Madrid, Febrero de 2023



EL INGENIERO INDUSTRIAL  
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
COLEGIADO DE ICAI Nº 1813/1024



## **2. PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS**

## 2.1. Objeto y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de obras de instalación de líneas aéreas de alta tensión descritas en este proyecto.

Este Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de los materiales necesarios en el montaje las líneas.

Los Pliegos de Condiciones Particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

## 2.2. Normativa aplicable

Se aplicarán las normas citadas en este documento, teniendo en cuenta las actualizaciones posteriores a las mismas, y que sean de aplicación a este proyecto.

## 2.3. Replanteo y medición

El replanteo de los apoyos y las mediciones de cualquier carácter en la línea correrán a cargo del Contratista. El replanteo de los apoyos y trazados de los tramos subterráneos se deberán encargar a la ingeniería que desarrollo el proyecto de la línea.

## 2.4. Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a este Pliego de Condiciones.

### 2.4.1. Línea Subterránea

#### 2.4.1.1. Trazado

Las canalizaciones se realizarán según el trazado definido en el proyecto, considerando los acuerdos firmados con los propietarios y las condiciones definidas en el procedimiento de expropiación, si lo hubiere.

El trazado será lo mas rectilíneo posible.

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se contendrá el terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto.

Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que vayan a colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor, siendo este radio mínimo 50 (D) donde D es el diámetro exterior del tubo, o al mínimo marcado por el fabricante (si este fuera mayor).

#### 2.4.1.2. Apertura de zanjas

La excavación la realizará una empresa especializada, que trabaje con los planos de trazado suministrados en el proyecto de ejecución.

Las zanjas se harán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

Se procurará dejar un paso de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja. La tierra excavada y el pavimento deben depositarse por separado. La planta de la zanja debe limpiarse de piedras agudas, que podrían dañar las cubiertas exteriores de los cables.

Se deben tomar todas las precauciones precisas para no tapar con tierras registros.

Las dimensiones de las zanjas se harán según las tablas indicadas en los planos del proyecto, en función de la sección de los cables y el tipo de instalación: bajo tubo hormigonada.

Si deben abrirse las zanjas en terreno de relleno o de poca consistencia debe recurrirse al entibado en previsión de desmontes.

El fondo de la zanja, establecida su profundidad, es necesario que esté en terreno firme, para evitar corrimientos en profundidad que sometan a los cables a esfuerzos por estiramientos.

#### 2.4.1.3. Canalización enterrada bajo tubo hormigonado

En el lecho de la zanja irá una capa de hormigón de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los tubos. Por encima de los tubos irá otra capa de hormigón de 10 cm de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja. Por encima de esta capa irán situados los tubos de comunicaciones.

Los cables deben estar enterrados a profundidad no inferior a 0,8 m, en cruzamiento y en terreno normal, excepción hecha en el caso en que se atravesen terrenos rocosos. Los eventuales obstáculos deben ser evitados pasando el cable por debajo de los mismos.

Los tubos serán de polietileno de alta densidad o polipropileno de 6 m de longitud, de superficie interna lisa, siendo su diámetro exterior de 200 mm.



Para la manguera OPGW de comunicaciones se utilizarán un tubo de idénticas características de diámetro exterior 40 mm.

Los tubos dispondrán de ensamblamientos que eviten la posibilidad de rozamientos internos contra los bordes durante el tendido. A pesar de ello, se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro del cable, para evitar enganches contra dichos bordes.

Al construir la canalización con tubos se dejará un alambre o hilo de nylon en su interior que facilite posteriormente el enhebrado de los elementos para tendido.

Se empleará, en los supuestos descritos anteriormente, hormigón en masa del tipo HM-20/B/20.

A continuación, se rellenará toda la zanja con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario. Se compactará esta tierra en tongadas de 300 mm, hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% de Proctor Modificado (P.M.).

Con objeto de efectuar una señalización de los cables enterrados, se colocará una cinta señalizadora por terna, a una profundidad aproximada de 300 mm de la superficie, sobre el eje de la terna.

#### 2.4.1.4. Paralelismos y cruzamientos

Los cruzamientos y paralelismos están definidos en el proyecto. En caso de plantearse distintas alternativas para resolver estos paralelismos o cruzamientos, será el Director de Obra quien decida que alternativa adoptar, basándose en razones técnicas, económicas y de seguridad.

#### 2.4.1.5. Transporte de bobinas de cables

La carga y descarga, sobre camiones o remolques apropiados, se hará siempre mediante una barra adecuada que pase por el orificio central de la bobina.

Las bobinas de cable se transportarán siempre de pie y nunca tumbadas sobre una de las tapas.

Cuando se coloquen las bobinas en cualquier tipo de transportador, éstas deberán quedar en línea, en contacto una con otra, y bloqueadas firmemente en los extremos y a lo largo de sus tapas.

El bloqueo de las bobinas se debe hacer con tacos de madera lo suficientemente largos y resistentes, con un largo total que cubra completamente el ancho de la bobina y puedan apoyarse los perfiles de las dos tapas. Las caras del taco tienen que ser uniformes para que las duelas no se puedan romper dañando entonces el cable.

En sustitución de estos tacos también se pueden emplear unas cuñas de madera que se colocarán en el perfil de cada tapa, y se clavarán por ambos lados al piso de la plataforma para su inmovilidad. Estas cuñas nunca se pondrán sobre la parte central de las duelas, sino en los extremos, para que apoyen sobre los perfiles de las tapas.



Bajo ningún concepto se podrá retener la bobina con cuerdas, cables o cadenas que abracen la bobina y se apoyen sobre la capa exterior del cable enrollado; asimismo no se podrá dejar caer la bobina al suelo desde un camión o remolque. En caso de no disponer de elementos de suspensión, se montará una rampa provisional formada por tabloncillos de madera o vigas, con una inclinación no superior a 1/4. Debe guiarse la bobina con cables de retención. Es aconsejable acumular arena a una altura de 200 mm al final del recorrido, para que actúe como freno.

Cuando se desplace la bobina rodándola, habrá que fijarse en el sentido de rotación, generalmente indicado con una flecha, con el fin de evitar que se afloje el cable enrollado en la misma. Además, deberá evitarse que la bobina ruede sobre un suelo accidentado.

Esta operación será aceptable únicamente para pequeños recorridos.

En cualquiera de estas maniobras debe cuidarse la integridad de las duelas de madera con que se tapan las bobinas, ya que las roturas suelen producir astillas que se introducen hacia el interior con el consiguiente peligro para el cable.

Siempre que sea posible debe evitarse la colocación de bobinas de cable a la intemperie, sobre todo si el tiempo de almacenamiento ha de ser prolongado, pues pueden presentarse deterioros considerables en la madera (especialmente en las tapas, que causarían importantes problemas al transportarlas, elevarlas y girarlas durante el tendido).

Cuando deba almacenarse una bobina de la que se ha utilizado una parte del cable que contenía, han de taponarse los extremos de los cables, utilizando capuchones retráctiles.

Antes de empezar el tendido del cable se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el tendido.

#### 2.4.1.6. Tendido de cables

La bobina de cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del cable se efectúe por su parte superior y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alimentación. En el caso de trazados con pendiente, es preferible el tendido en sentido descendente.

Para el tendido la bobina estará siempre elevada y sujeta por gatos mecánicos y una barra, de dimensiones y resistencia apropiada al peso de la bobina.

La base de los gatos será suficientemente amplia para que se garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

Al retirar las duelas de protección se cuidará hacerlo de forma que ni ellas, ni el elemento empleado para enclavarla, puedan dañar el cable.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado, evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable no debe ser inferior al indicado como mínimo por el fabricante del cable.



Cuando los cables se tiendan a mano, los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja.

También se puede tender mediante cabrestantes, tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado la cabeza tractora apropiada y con un esfuerzo de tracción por milímetro cuadrado de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo.

Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tracción.

El tendido se hará obligatoriamente a través de rodillos que puedan girar libremente, y contruidos de forma que no dañen el cable.

Estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro; dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impida que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Se distanciarán entre sí de acuerdo con las características del cable, peso y rigidez mecánica principalmente, de forma que no permitan un vano pronunciado del cable entre rodillos contiguos, que daría lugar a ondulaciones perjudiciales. Esta colocación será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que facilitan el deslizamiento deben disponerse otros verticales para evitar el ceñido del cable contra el borde de la zanja en el cambio de sentido. La cifra mínima recomendada es de un rodillo recto cada 5 m y tres rodillos de ángulo por cada cambio de dirección.

Para evitar el roce del cable contra el suelo, a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas u otros útiles; deberá hacerse siempre a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo vigilancia del Director de Obra.

Para la guía del extremo del cable a lo largo del recorrido y con el fin de salvar más fácilmente los diversos obstáculos que se encuentren y para el enhebrado en los tubos, en conducciones tubulares, se puede colocar en esa extremidad una manga tiracables a la que se ate una cuerda. Es totalmente desaconsejable situar más de dos a cinco peones tirando de dicha cuerda, según el peso del cable, ya que un excesivo esfuerzo ejercido sobre los elementos externos del cable produce en él deslizamientos y deformaciones. Si por cualquier circunstancia se precisara ejercer un esfuerzo de tiro mayor, este se aplicará sobre los propios conductores usando una cabeza de tiro homologada por el fabricante del cable.

Para evitar que en las distintas paradas que pueden producirse en el tendido, la bobina siga girando por inercia y desenrollando cable que no circula, es conveniente dotarla de un freno, por improvisado que sea, para evitar en este momento curvaturas peligrosas para el cable.

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados, no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. El cable puede calentar-



se antes de su tendido almacenando las bobinas durante varios días en un local caliente o exponiéndolos a los efectos de elementos calefactores o corrientes de aire caliente situados a una distancia adecuada. Las bobinas han de girarse a cortos intervalos de tiempo, durante el precalentamiento. El cable ha de calentarse también en la zona interior del núcleo. Durante el transporte se debe usar una lona para cubrir el cable. El trabajo del tendido se ha de planear cuidadosamente y llevar a cabo con rapidez, para que el cable no se vuelva a enfriar demasiado.

El cable se puede tender desde el vehículo en marcha, cuando hay obstáculos en la zanja o en las inmediaciones de ella.

No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 100 mm de arena fina y la placa de polietileno.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos.

Cuando dos cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en la longitud recomendada por el fabricante.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en que se encontraban primitivamente.

Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Director de Obra y a la Empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de la obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos, así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

Nunca se pasarán dos cables por un mismo tubo.

Una vez tendido el cable, los tubos se taparán de forma que el cable quede en la parte superior del tubo.

#### 2.4.1.7. Protección mecánica

Las líneas eléctricas subterráneas deben estar protegidas contra posibles averías producidas por hundimiento de tierras, por contacto con cuerpos duros y por choque de herramientas metálicas. Para ello se colocará una placa de PVC normalizada, a excepción de cables tendidos bajo tubo, donde este actúa como protección mecánica.

#### 2.4.1.8. Identificación

Los cables deberán llevar grabado de forma indeleble y fácilmente legible, como mínimo, los datos siguientes:

- Nombre del fabricante.
- Referencia de fabricación del cable.
- Designación completa del cable.



- Año de fabricación.

La separación máxima entre dos marcas consecutivas será de un metro.

#### 2.4.1.9. Cierre de zanjas

##### **Cierre de zanjas**

Para efectuar el cierre de zanjas, se rellenarán estas con tierra procedente de la misma excavación, si esta reúne las condiciones exigidas por las normas, reglamentos y ordenanzas municipales correspondientes, o bien con tierra de aportación en caso contrario.

Se compactará esta tierra en tongadas de 30 cm, empleando un rodillo vibratorio compactador manual hasta lograr una compactación, como mínimo, al 95% del Proctor Modificado (P. M.).

Se procurará que las primeras capas de tierra por encima de los elementos de protección (tubos o placas de PVC) estén exentas de piedras o cascotes, para continuar posteriormente sin tanta escrupulosidad. De cualquier forma, debe tenerse en cuenta que una abundancia de pequeñas piedras o cascotes puede elevar la resistividad térmica del terreno y disminuir con ello la posibilidad de transporte de energía del cable.

El Contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse.

La carga y transporte a vertederos de las tierras sobrantes está incluida en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

Las zanjas estarán abiertas el mínimo tiempo posible, y siempre de acuerdo con el director de la obra, y con la señalización especificada en el Plan de Seguridad y Salud.

Durante todo el tiempo que permanezcan abiertas, el contratista se responsabilizará de mantenerla correctamente señalizadas en toda su longitud, de acuerdo con el Plan de Seguridad y Salud del proyecto.

#### 2.4.1.10. Reposición de pavimento en cruzamientos

Los pavimentos serán repuestos de acuerdo con las normas y disposiciones dictadas por el propietario de los mismos.

Deberá lograrse una homogeneidad de forma que quede el pavimento nuevo lo más igualado posible al antiguo, haciendo su reconstrucción por piezas nuevas si está compuesto por losetas, baldosas, etc., o asfalto u hormigón si se trata de carreteras, o pavimentos continuos.

#### 2.4.1.11. Puesta a tierra

Las pantallas de los cables deben ser puestas a tierra en conexión Cross-Bonding.





## 2.4.2. Líneas Aéreas

### 2.4.2.1. Accesos a la situación de los apoyos

En la medida de lo posible, se usarán los caminos existentes para el transporte de la maquinaria. El contratista se responsabilizará de respetar el estado de los mismos y de reponerlos a su estado original si fuera necesario realizar alguna transformación.

En la medida de lo posible, se usarán los caminos existentes para el transporte de la maquinaria. El contratista se responsabilizará de respetar el estado de los mismos y de reponerlos a su estado original si fuera necesario realizar alguna transformación.

En caso de existir "Anexo al proyecto: accesos provisionales a los apoyos", el contratista deberá realizar los caminos de acceso a los apoyos conforme al mismo, tratando de respetar las lindes de las propiedades y siempre de acuerdo con los propietarios y ayuntamiento afectados.

El contratista será responsable en todo momento de los desperfectos y perjuicios ocasionados a los propietarios de los terrenos afectados, por el transporte y acopio del material.

### 2.4.2.2. Trabajos en los cruzamientos

Para los cruzamientos que se realicen con otras líneas de distribución o transporte, se deberá contar con la coordinación de la empresa suministradora.

En aquellos casos que sea posible la realización de descargos, el contratista deberá solicitarlo a la empresa suministradora.

En los casos que no sea posible la realización de los descargos, se deberán realizar los trabajos en tensión. Estos trabajos deberán ser presupuestados aparte, y no serán abonados en caso de no ser necesarios por realizarse el cruzamiento sin tensión.

### 2.4.2.3. Apertura de pozos

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el proyecto y al catálogo del fabricante de los apoyos. Las paredes de los pozos serán verticales. Si las dimensiones de la excavación fueran superiores a las indicadas en el proyecto, el exceso de hormigón será a cargo del contratista.

La cimentación de los apoyos está formada por cuatro bloques de hormigón en masa, proyectándose para un terreno de tipo normal con un coeficiente de compresibilidad de  $12 \text{ Kg/cm}^2$ .

El precio de la obra civil de excavación es único, independientemente del tipo de terreno en el que se excave.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para señalar adecuadamente los pozos y para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes, según su Plan de Seguridad y Salud.



Las excavaciones se realizarán con útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar el riesgo de desprendimiento en las paredes del pozo, aumentando así las dimensiones del mismo.

#### 2.4.2.4. Transporte y acopio a pie de pozo

El transporte se hará en condiciones tales que los puntos de apoyo de los postes con la caja del vehículo, queden bien promediados respecto a la longitud de los mismos.

Se evitará las sacudidas bruscas durante el transporte. En la carga y descarga de los camiones se evitará toda clase de golpes o cualquier otra causa que pueda producir el doblado de los perfiles.

Por ninguna razón el poste quedará apoyado de plano, siempre su colocación será de canto para evitar en todo momento deformaciones y grietas.

En el depósito en obra se colocarán los postes con una separación de éstos con el suelo y entre ellos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de meter los estrobos, por lo que se pondrán como mínimo tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para este fin.

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

Desde el almacén de obra se transportarán con carros especiales o elementos apropiados al pie del pozo.

Los estrobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos.

El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

Cuando se transporten apoyos despiezados es conveniente que sus elementos vayan numerados, en especial las diagonales. Por ninguna causa los elementos que componen el apoyo se utilizarán como palanca o arriostamiento.

#### 2.4.2.5. Cimentaciones

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto y conforme a la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica mínima sea  $200 \text{ kg/cm}^2$  (H-200)

La fabricación del hormigón se realizará según lo establecido en el artículo 28º de la EHE-08.

En caso de preparación en obra la composición del mismo será la siguiente:

- $250 \text{ kg/m}^3$  de cemento 2BM-32,5
- 1350 kg grava tamaño 40mm Ø
- 675 kg arena seca

- 180 l de agua limpia

El amasado del hormigón se hará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables, se efectuará a mano o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Al hacer el vertido el hormigón se apisonará al objeto de hacer desaparecer las coque-  
ras que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas  
con hormigonado continuo hasta su terminación. Si por fuerza mayor hubiera de sus-  
penderse y quedara este sin terminar, se dejarán redondos visibles y, antes de proce-  
der de nuevo al hormigonado, se levantará la concha de lechada que tenga, con todo  
cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego  
el cepillo de alambre con agua o solamente este último si con él basta, más tarde se  
procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de  
nuevo al hormigonado.

Las peanas de los apoyos sobrepasarán el nivel en 10 cm como mínimo en terrenos  
normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de esta peana estará ter-  
minada en forma de punta de diamante, a partir de mortero rico en cemento, con una  
pendiente de un 10% como mínimo como vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar dos tubos corrugados para poder colocar el cable de  
tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir a unos 30 cm bajo el nivel del suelo, y  
en la parte superior de la cimentación junto a la arista del apoyo que tenga la toma de  
tierra. La pica de toma de tierra no estará en el fondo del pozo del apoyo, sino al lado  
de la cimentación, e independiente de ella.

#### 2.4.2.5.1. Arena

Puede proceder de ríos o de canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas arc-  
illosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzo-  
so, desechando la de procedencia de terrenos que contengan mica o feldespatos.

#### 2.4.2.5.2. Piedra

Podrá proceder de canteras o de graveras de río. Siempre se suministrará limpia. Sus  
condiciones físico-químicas, las condiciones físico-mecánicas la granulometría y el  
coeficiente de forma se ajustarán a lo establecido en el artículo 28º de la EHE-08.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea piedras y arena unidas sin dosificación, así  
como cascotes o materiales blandos.

#### 2.4.2.5.3. Cementos

Los cementos utilizados en la elaboración del hormigón deberán ajustarse a lo esta-  
blecido en el artículo 26º de la EHE-08.

#### 2.4.2.5.4. Agua

Se empleará agua de río o manantial sancionadas como aceptables por la práctica,  
quedando prohibido el empleo de aguas de ciénagas.



Deben rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones establecidas en el artículo 27º de la EHE-08.

#### 2.4.2.6. Armado de apoyos

El armado de estos apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales. Cada uno de los elementos metálicos del apoyo será ensamblado y fijado por medio de tornillos.

Si en el curso del montaje aparecen dificultades de ensambladura o defectos sobre algunas piezas que necesitan su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará al Director de Obra.

No se empleará ningún elemento metálico doblado o torcido. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra.

Después de su izado y antes del tendido de los conductores se apretarán los tornillos dando a las tuercas la presión correcta. El tornillo deberá sobresalir de la tuerca por lo menos tres pasos de rosca, los cuales se granetearán para evitar que puedan aflojarse.

#### 2.4.2.7. Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados en caliente, según norma UNE 37 508.

Todos los tornillos y sus accesorios deberán estar galvanizados en caliente según norma UNE 37 507.

#### 2.4.2.8. Izado de apoyos

La operación de izado de los apoyos debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Por tratarse de postes pesados se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste. Si el montaje de las torres no se pudiera realizar con grúa por decisión del Director de Obra, se realizará por el método de barra a barra (a mano con plumín).

#### 2.4.2.9. Tendido, empalme, tensado y retencionado

La medición de la unidad de tendido y aporte de cable (conductor, OPGW, tierra), está realizada sobre la distancia entre los centros de las bases de los apoyos en línea recta y en su proyección horizontal, asumiendo el contratista los despuntes, retales, puentes, empalmes y catenaria del cable.



#### 2.4.2.9.1. Herramientas

##### 2.4.2.9.1.1. Máquina de frenado del conductor

Dispondrá esta máquina de dos tambores en serie con canaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material que será previamente aprobado por el Director de Obra.

La relación de diámetros entre tambores y conductor será fijada por el Director de Obra.

La maquina de frenado mantendrá constante la tensión durante el tendido limitando la tensión máxima y la velocidad de salida del cable.

La bobina se frenará con el exclusivo fin de que no siga girando por su propia inercia por variaciones de velocidad en la máquina de frenado. Nunca debe rebasar valores que provoquen daños en el cable por el encrustamiento en las capas inferiores.

##### 2.4.2.9.1.2. Poleas de tendido del conductor

Para tender el conductor de aluminio-acero, las gargantas de las poleas serán aluminio plástico o neopreno. El ancho y profundidad de la garganta tendrá una dimensión mínima igual a vez y media el diámetro del conductor.

Su diámetro estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades.

No se emplearán jamás poleas que se hayan utilizado para tendidos en conductores de cobre.

No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o canaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables piloto.

Las paredes laterales estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20 y 60 grados, para evitar enganches. Los bordes deberán ser biselados con el mismo fin.

Las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca con cojinete de fricción y de tal forma que permitan una fácil rodadura. Se colgarán directamente de las crucetas del apoyo.

##### 2.4.2.9.1.3. Mordazas

Se utilizarán mordazas adecuadas para efectuar la tracción del conductor que no dañen el aluminio ni al galvanizado del cable de acero cuando se aplique una tracción igual a la que determine la ecuación de cambio de condiciones a 0°C sin manguito de hielo ni viento.

El apriete de la mordaza debe ser uniforme, y si es de estribos, el par de apriete de los tornillos debe efectuarse de forma que no se produzca un desequilibrio.



#### 2.4.2.9.1.4. Máquina de tracción

Podrá utilizarse como tal la trócola, el cabestrante o cualquier otro tipo de máquina de tracción que el Director de Obra estime oportuno, en función del conductor y de la longitud del tramo a tender.

#### 2.4.2.9.1.5. Dinamómetros

Será preciso utilizar dispositivos para medir la tracción del cable durante el tendido en los extremos del tramo, es decir, en la máquina de freno y en la máquina de tracción.

El dinamómetro situado en la máquina de tracción ha de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzca una elevación anormal en la tracción de tendido.

#### 2.4.2.9.1.6. Giratorios

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinetes axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto para evitar que pase el giro de un cable a otro.

#### 2.4.2.9.2. Método de montaje

##### 2.4.2.9.2.1. Tendido

Las operaciones de tendido no comenzarán hasta que hayan pasado 15 días desde la terminación de la cimentación de los apoyos de ángulo y anclaje, salvo indicación en contrario del Director de Obra.

El Contratista se ocupará del tendido, elección de los emplazamientos del equipo y orden de entrega de las bobinas, para conseguir que los empalmes (si fueran necesarios) queden situados fuera de los sitios que prohíbe el R.L.A.T., una vez tensado el conductor.

El conductor se tendrá siempre en bobina. El conductor se sacará de éstas mediante el giro de las mismas.

Las bobinas han de ser tendidas sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes. Si en algún caso una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, el Contratista lo someterá a la consideración del Director de Obra sin cuya aprobación no podrá hacerlo.

Durante el despliegue es preciso evitar el retorcido del conductor con la consiguiente formación de cocas, que reducen extraordinariamente las características mecánicas de los mismos.

El conductor será revisado cuidadosamente en toda su longitud, con objeto de comprobar que no existe ningún hilo roto en la superficie ni abultamiento anormales que hicieran presumir alguna rotura interna. En el caso de existir algún defecto el Contratista deberá comunicarlo al Director de Obra quien decidirá lo que procede hacer.

La tracción de tendido de los conductores será, como máximo, la indicada en las tablas de tensado definitivo de conductores que corresponda a la temperatura existente en el conductor.



La tracción mínima será aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales tales como tierra, que al contener ésta sales, se depositarán en el conductor, produciendo efectos químicos que deterioren el mismo.

El anclaje de las máquinas de tracción y freno deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia imprevista, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

La longitud del tramo a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio puede considerarse un máximo de veinte poleas por conductor y por tramo; pero en el caso de existir poleas muy cargadas, ha de disminuir dicho número con el fin de no dañar el conductor.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostamiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y de anclaje.

El Contratista será responsable de las averías que se produzcan por la falta de observación de estas prescripciones.

#### 2.4.2.9.2.2. Empalmes

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas con empalmes definitivos efectuados de forma adecuada a cada tensión y sección. Dada su flexibilidad son válidos para el paso por las poleas de tendido.

Debe tenerse especial cuidado en la elección del preformado, así como en su colocación, debiendo seguirse las normas indicadas por el fabricante, prestando atención al sentido del cableado del conductor.

En la preparación del empalme debe cortarse los hilos de aluminio utilizando sierra y nunca con tijera o cizalla, cuidando de no dañar jamás el galvanizado del alma de acero y evitando que se aflojen los hilos mediante ligaduras de alambre adecuadas.

#### 2.4.2.9.2.3. Tensado

El anclaje a tierra para efectuar el tensado se hará desde un punto lo más alejado posible y como mínimo a una distancia horizontal del apoyo doble de su altura, equivalente a un ángulo de 150° entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

Se colocarán tensores de cable o varilla de acero provisionales, entre la punta de los brazos y el cuerpo del apoyo como refuerzo, en los apoyos desde los que se efectúe el tensado. Las poleas serán en dicho apoyo de diámetro adecuado, para que el alma del conductor no dañe el aluminio.

#### 2.4.2.9.2.4. Regulación de conductores

La longitud total de la línea se dividirá en trozos de longitud variable, según sea la situación de los vértices. A cada uno de estos trozos los llamaremos serie.

Cada serie dispondrá de la correspondiente tabla de tendido, indicando el vano de regulación, la temperatura, tensión y flecha.



Para el tendido se requerirá el uso de dinamómetro, ajustando la tensión de acuerdo con el conductor, longitud de vano, y temperatura ambiente.

Con el fin de compensar la variación del módulo de elasticidad del conductor entre la situación final (conductor tendido, y considerada en proyecto) y la situación inicial (conductor nuevo, sin tensión inicial), se tenderá el conductor de acuerdo a la tabla de tendido, pero considerando una temperatura 5° C menos que la existente en el momento del tendido.

En cada serie el Director de Obra fijará los vanos en que ha de ser medida la flecha. Estos vanos pueden ser de regulación, o sea, aquellos en que se mide la flecha primeramente elegidos entre todos los que constituyen la serie y los de comprobación variables en número, según sean las características del perfil en los cálculos efectuados y que señalarán los errores motivados por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Después del tensado y regulación de los conductores se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

#### 2.4.2.9.2.5. Retencionado

La suspensión de los conductores se hará por intermedio de estrobos de cuerda, o de acero forrados de cuero para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes: primeramente se suspenderá el conductor, se aflojará la grapa y se correrá a mano donde sea necesario.

Tanto en los puntos de amarre como en los de suspensión, reforzaremos el conductor con las adecuadas varillas preformadas de protección.

#### 2.4.2.10. Reposición del terreno

Las tierras sobrantes procedentes de la excavación, así como los restos del hormigonado deberán ser retiradas a vertedero, a cargo del Contratista siendo de su responsabilidad el reacondicionamiento de las zonas afectadas.

#### 2.4.2.11. Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico

Se numerarán los apoyos con pintura negra, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La placa de señalización de riesgo eléctrico se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo. Deberá cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203.



#### 2.4.2.12. Puesta a tierra

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

En contratista medirá todas y cada una de ellas, y entregará una relación completa de las mediciones. La dirección de obra realizará una verificación aleatoria de las mediciones obtenidas y exigirá que sean rebajadas aquellas que sean superiores a lo indicado en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

#### 2.5. Materiales

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad. El director de obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

El Contratista se hace responsable de la conservación y, de cualquier desperfecto que puedan producirse en los materiales, así como de las consecuencias de ellos, hasta la recepción completa de la obra.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Director de Obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Los cables instalados serán los que figuran en el presente Proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes.

##### 2.5.1. Apoyos

Los apoyos estarán contruidos con perfiles laminados de acero de los seleccionados en la Recomendación UNESA 6702 y de acuerdo con la Norma UNE 36531-1ª R.

##### 2.5.2. Herrajes

Serán del tipo indicado en el presente Proyecto. Todos estarán galvanizados en caliente.

Los herrajes para las cadenas de suspensión y amarre cumplirán con las Norma UNE-EN 61284.

En donde sea necesario adoptar disposiciones de seguridad se emplearán varillas preformadas de acuerdo con la Recomendación UNESA 6617.



### 2.5.3. Aisladores

Los aisladores empleados en las cadenas de suspensión o amarre en caso de utilizar vidrio, cumplirán las especificaciones de la Norma UNE-EN 60305. En caso de aislamiento compuesto la norma aplicable será la UNE-EN 61466.

En cualquier caso el tipo de aislador será el que figura en el presente Proyecto.

### 2.5.4. Conductor

Serán los que figuran en el presente Proyecto y deberán estar de acuerdo con la Norma UNE-EN 50182.

### 2.5.5. Salvapájaros

Se instalarán en el cable de tierra según las indicaciones dadas (tipo y distancia entre ellos) por la consejería de Medio Ambiente, según la Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

### 2.5.6. Señalizaciones diurnas (bolas)

Las bolas de señalización diurnas para el cruce de las carreteras y su montaje están incluidas y repercutidas en el precio unitario del cable de tierra.

## 2.6. Recepción de obra

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción completa de la obra.

En la recepción de la instalación el contratista deberá aportar los resultados del control de calidad realizado sobre la conductividad de las tomas de tierra de cada apoyo, las pruebas de aislamiento, y mediciones de las flechas y tensiones aplicadas en cada vano.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, previa conformidad del Control de Obra por parte del cliente, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.



### 2.6.1. Calidad de cimentaciones

El contratista contratará a su cargo un laboratorio independiente para la certificación de la resistencia mecánica del hormigón utilizado.

Se realizarán muestras en probeta de hormigón por cada 10 apoyos para efectuar ensayos que certificarán dicha resistencia a los 28 días del vertido.

### 2.6.2. Tolerancias de ejecución

#### 2.6.2.1. Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.

Si "D" representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $(D/100) + 10$ , expresada en centímetros.

#### 2.6.2.2. Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal

El desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea con relación a su situación prevista no debe suponer un aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Reglamento.

#### 2.6.2.3. Verticalidad de los apoyos.

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2% sobre la altura de apoyo.

#### 2.6.2.4. Altura de flechas.

Los errores máximos admitidos en flechas en cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores serán de:

±3% En el conductor que se regula.

±3% Entre dos conductores situados en el plano vertical.

±6% Entre dos conductores situados en el plano horizontal.

La medición de las flechas se realizará según norma UNE 21 101.

Cuando se utilice un conductor en haz múltiple, la diferencia entre las flechas de un haz de los dos subconductores no excederá del diámetro del conductor.

#### 2.6.2.5. Estado y colocación de los aisladores y herrajes.

Se comprobará que el montaje de las cadenas de aisladores y herrajes, son correctos conforme a los planos de montaje.



No se admitirá una desviación horizontal de las cadenas de aisladores de suspensión superior al 1% de la longitud de la cadena.

#### 2.6.2.6. Distancias a masa

Se comprobará que las distancias fase-tierra son mayores que las que mínimas establecidas por el R.L.A.T.

#### 2.7. Plan de seguridad y salud de la obra.

El plan de seguridad en obra se ajustará al Estudio de Seguridad y Salud correspondiente al proyecto de la obra, y en la partida alzada de la aplicación del estudio de seguridad y salud, el contratista se obliga a aportar todas las unidades de seguridad marcadas por el estudio de seguridad aprobado por la propiedad, para la obra.

Se someterá a la aprobación de la Dirección de Obra, y del coordinador de seguridad, la inclusión en el plan de seguridad, y por lo tanto en la obra, de cualquier subcontrata.

#### 2.8. Planning de ejecución de la obra.

El contratista deberá aportar antes de comenzar la obra el planning de realización de los trabajos que se ajustará al Estudio de Seguridad y Salud con las medidas correspondientes. Dicho planning será realizado en Microsoft Project o herramienta similar.

Ante ordenes de la propiedad de parada e inicio de obra, la empresa contratista responderá en 24 horas ante la parada y en 72 horas ante la notificación de inicio de obra. El plazo de la obra será considerado como la suma parcial de los periodos comprendidos entre las ordenes de inicio y parada de ejecución de obra. Este será el plazo en el que como máximo la empresa de contrata tendrá estipulado la finalización de la obra.

Después del inicio de la obra, ante paradas obligadas y propuestas por la propiedad, el contratista no repercutirá ningún coste adicional.

La contrata propondrá a la propiedad, por escrito y justificadamente, la aprobación de cualquier posible modificación de dicho planning.

#### 2.9. Dirección de obra.

El contratista deberá dar el servicio de Dirección de Obra, con las siguientes condiciones:

1. Deberá emitir el documento de Compromiso de Dirección de Obra, que deberá visarse en el colegio de Ingenieros Industriales, asumiendo por escrito las responsabilidades inherentes a dicho cargo. Este documento deberá ser presentado con la documentación que proporcione el contratista antes de la firma del acta de replanteo. Su nombre deberá figurar al solicitar la Licencia de obras en los organismos que lo requieran.



2. En las obras afectadas por el RD 1627/97 (Seguridad y Salud en obras de construcción), cuando no sea necesaria la designación de Coordinador de Seguridad, la dirección Facultativa de la obra será el máximo responsable de seguridad en la obra designado por el promotor, y deberá:
  - Aprobar por escrito el plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista adjudicatario de la obra, así como todas las subcontrataciones
  - Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra
  - Cumplimentar el libro de incidencias (el cual se deberá mantener siempre en la obra), Custodiar el mismo, y anotar la variaciones o incidencias que se produzcan en la obra
3. En las obras afectadas por el RD 1627/97 (Seguridad y Salud en obras de construcción), en las que se haya designado Coordinador de Seguridad, la Dirección Facultativa de obras deberá figurar en el libro de incidencias y en algunos casos en el Acta de Aprobación del plan de Seguridad y Salud que ha realizado el Coordinador de Seguridad.
4. En las obras no afectadas por el RD 1627/97 (Seguridad y Salud en obras de construcción), la Dirección Facultativa de obras deberá aprobar el Plan de Seguridad y Salud específico elaborado por el contratista adjudicatario de la obra, así como los correspondientes a todos los subcontratistas.

La dirección de obra deberá mantener periódicamente informado al control de obra por parte de la empresa propietaria, aportando la documentación necesaria (planos, mediciones, cálculos,...).

El contratista deberá responsabilizarse con la firma del Documento de Dirección de Obra Terminada, visado en el Colegio Oficial de Ingenieros.

El documento que se presente en el Colegio, deberá certificar la realización de la obra conforme al proyecto constructivo. En caso de haber sido necesario realizar modificaciones se deberán documentar, incorporando los cálculos justificativos, y planos que describan la obra terminada.

Además se deberán incorporar los datos de las mediciones realizadas por el contratista (resistencias de puesta a tierra, tensiones de paso y contacto, mediciones de aislamiento), y demás datos solicitados para la tramitación del proyecto en la Delegación de Industria correspondiente.



### 3. PLANOS

### 3.1. Lista de planos

Situación.....	FE-20000033-01
Emplazamiento.....	FE-20000033-02
Perfil y Planta Tramo Aéreos.....	FE-20000033-03
Planta Tramo Subterráneo .....	FE-20000033-04
Perfil Tramo Subterráneo .....	FE-20000033-05
Catastral.....	FE-20000033-06
Apoyos Tipo.....	FE-20000033-07
Dispositivos Salvapájaros .....	FE-20000033-08
Zanjas Tipo.....	FE-20000033-09
Cámaras de Empalme .....	FE-20000033-10
Esquema Conexión Pantallas.....	FE-20000033-11
Caja Tripolar Puesta a Tierra.....	FE-20000033-12
Caja Unipolar Puesta a Tierra.....	FE-20000033-13
Hitos Señalización .....	FE-20000033-14
Arquetas Telecomunicaciones Tipo.....	FE-20000033-15





SISTEMAS DE COORDENADAS: UTM ETRS89 - HUSO 30

LEYENDA:	
<span style="color: green;">—</span>	Tramo Aéreo LAT 400 KV DC SET Ejulve - SET Cámaras
<span style="color: orange;">—</span>	Tramo Subterráneo LAT 400 KV DC SET Ejulve - SET Cámaras
<span style="color: cyan;">—</span>	LAAT 220/400 KV CC AP2 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar Promotores - AP62 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar
<span style="color: magenta;">—</span>	LAAT 220/400 KV TC SET Ejulve - AP2 LAAT SET Iberos a SET Mudéjar Promotores



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala:	1/150.000
Revisión:	00
Hoja:	01.01
Siguiente:	—
Código:	FE-20000033

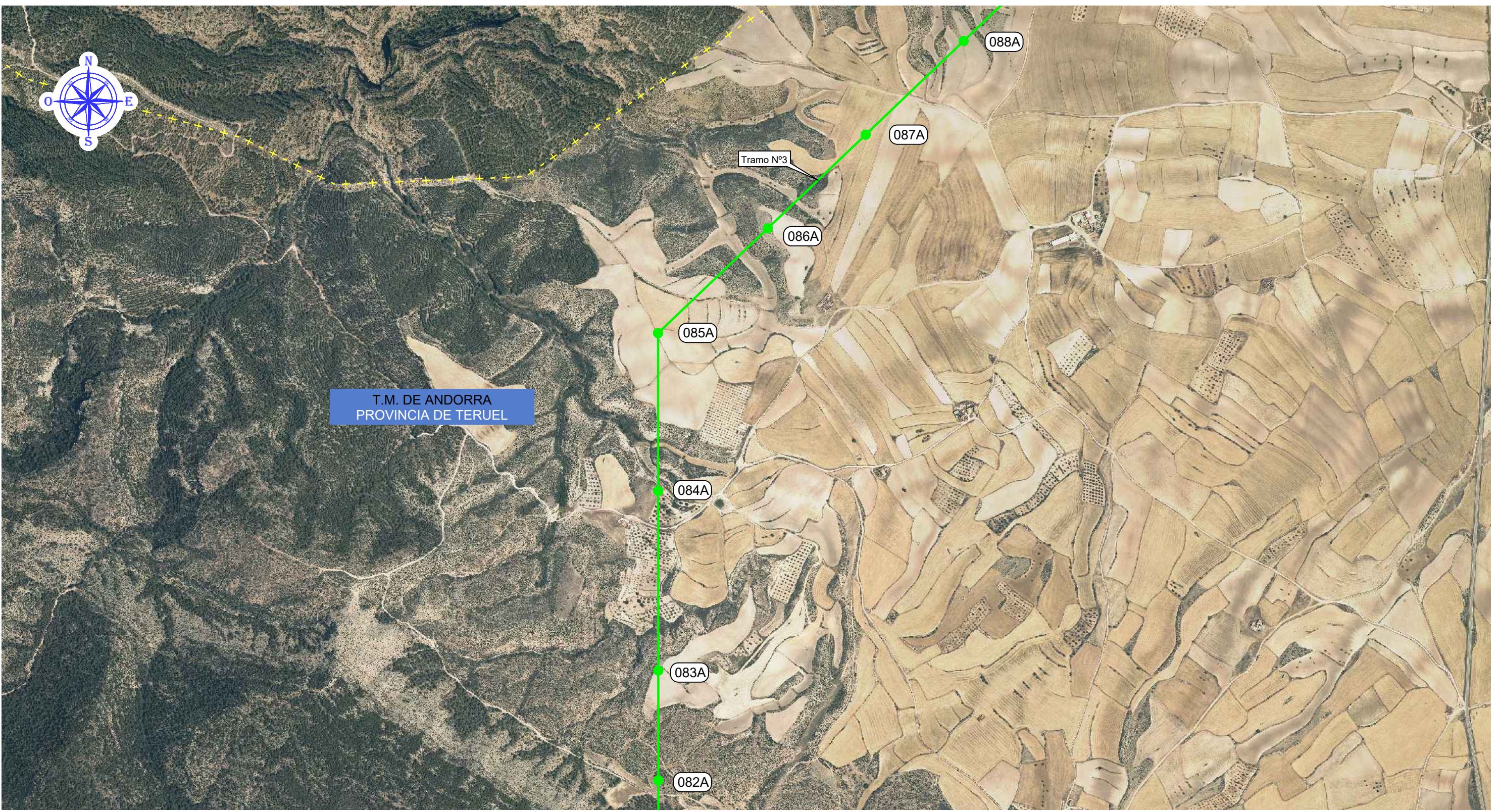
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

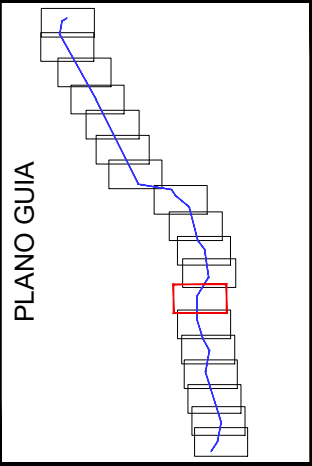
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

PLANO DE SITUACIÓN





SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30




LEYENDA:

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Íberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

*RFB*



Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

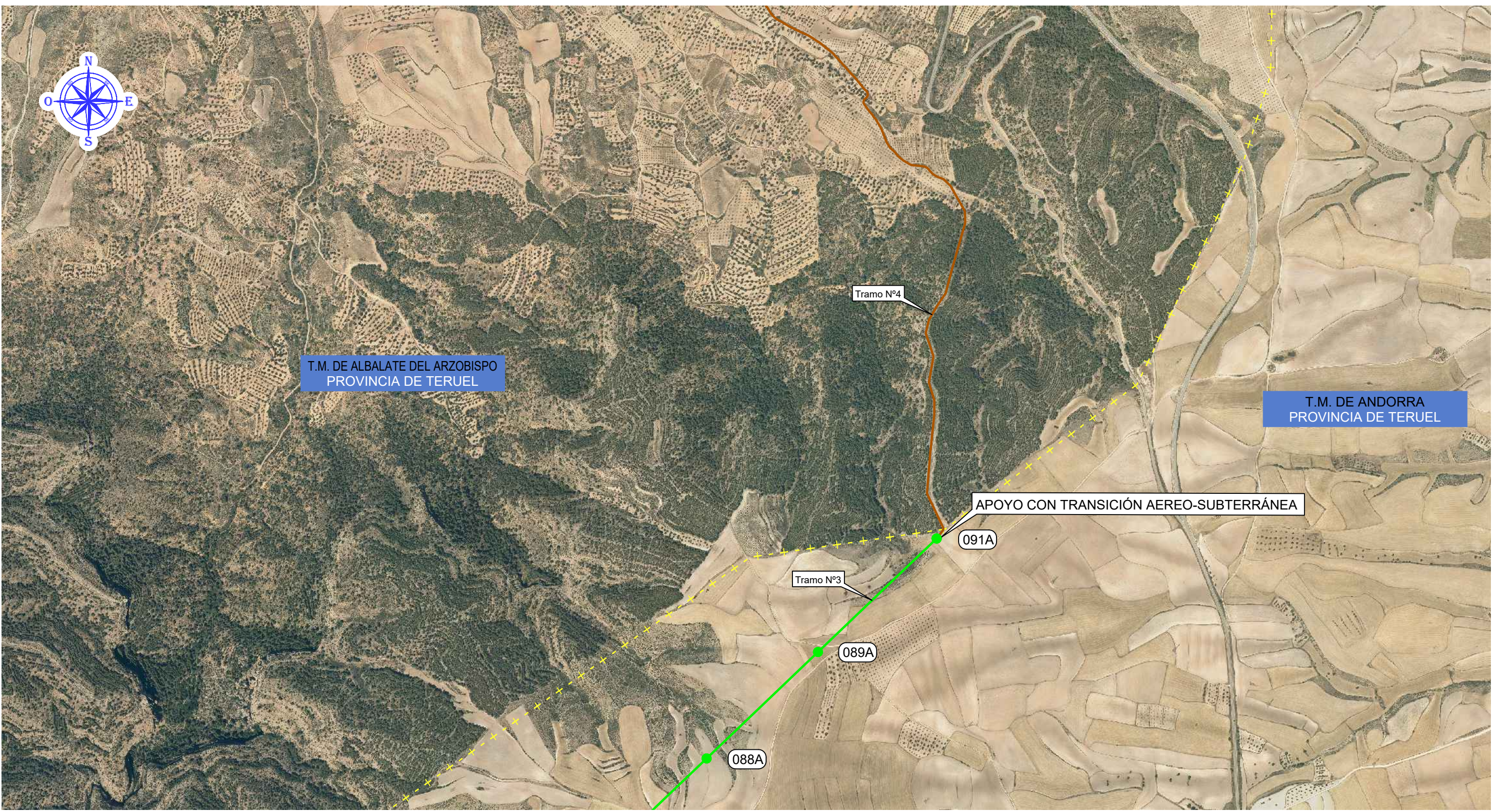
PLANO DE EMPLAZAMIENTO

Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

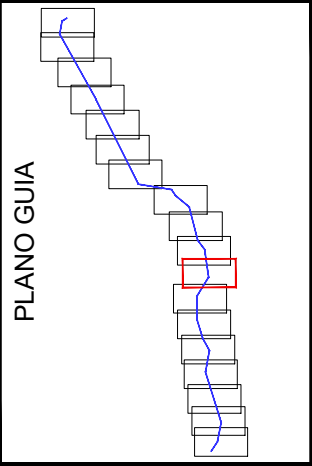
Fecha:	Nombre:
02/2023	ALM
02/2023	ALM
02/2023	RFB

Escala:	1/10.000
Revisión:	00
Hoja:	02.01
Siguiente:	02.02
Código:	FE-20000033





SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30




LEYENDA:

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Íberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

*RFB*



Grupo **Sisener** Ingenieros

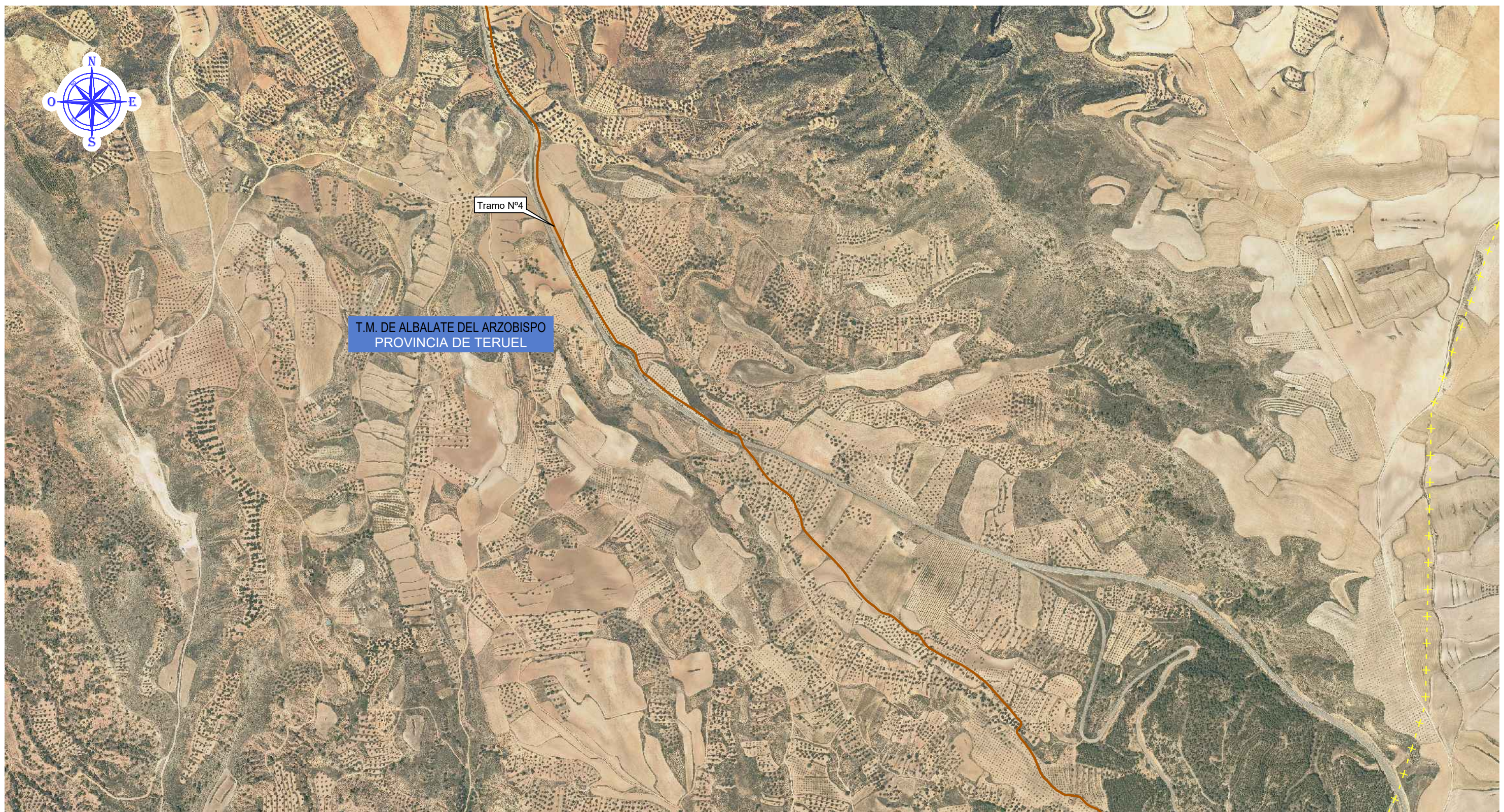
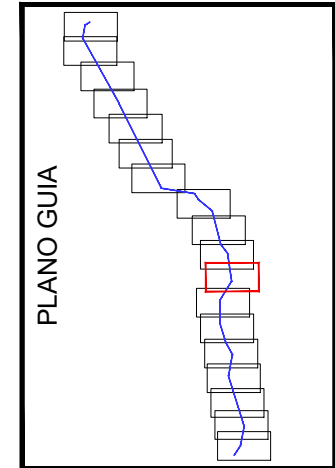
MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE EMPLAZAMIENTO

Fecha:	Nombre:
02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023
ALM	
Aprobado:	02/2023
RFB	

Escala:	1/10.000
Revisión:	00
Hoja:	02.02
Siguiente:	02.03
Código:	FE-20000033





**LEYENDA:**

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Íberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1/10.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	02.03
-------	-------

Siguiente:	02.04
------------	-------

Código:  
FE-20000033

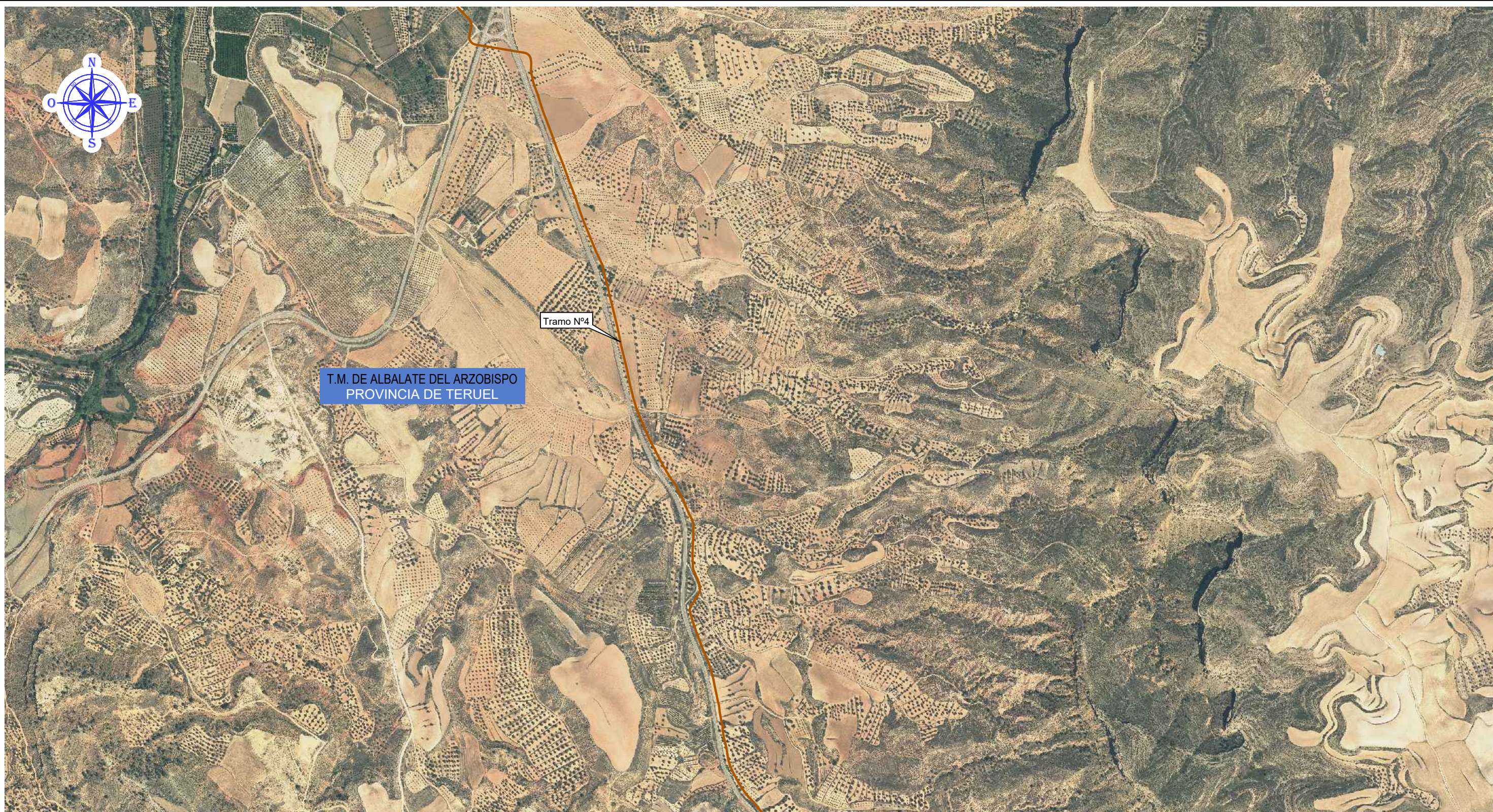
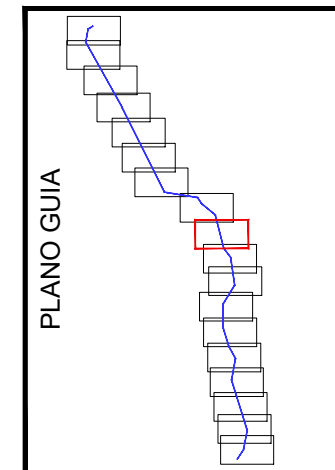
## PLANO DE EMPLAZAMIENTO

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf3

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30

LEYENDA:

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Íberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

<p>Escala:</p> <p>1/10.000</p>
--------------------------------

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	02.04
-------	-------

Siguiente:	02.05
------------	-------

Código:	FE-20000033
---------	-------------

## PLANO DE EMPLAZAMIENTO

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

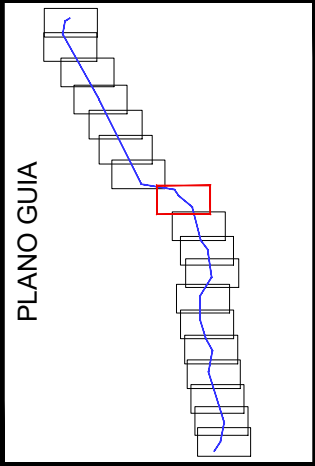
Rf-3

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30



LEYENDA:

Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras

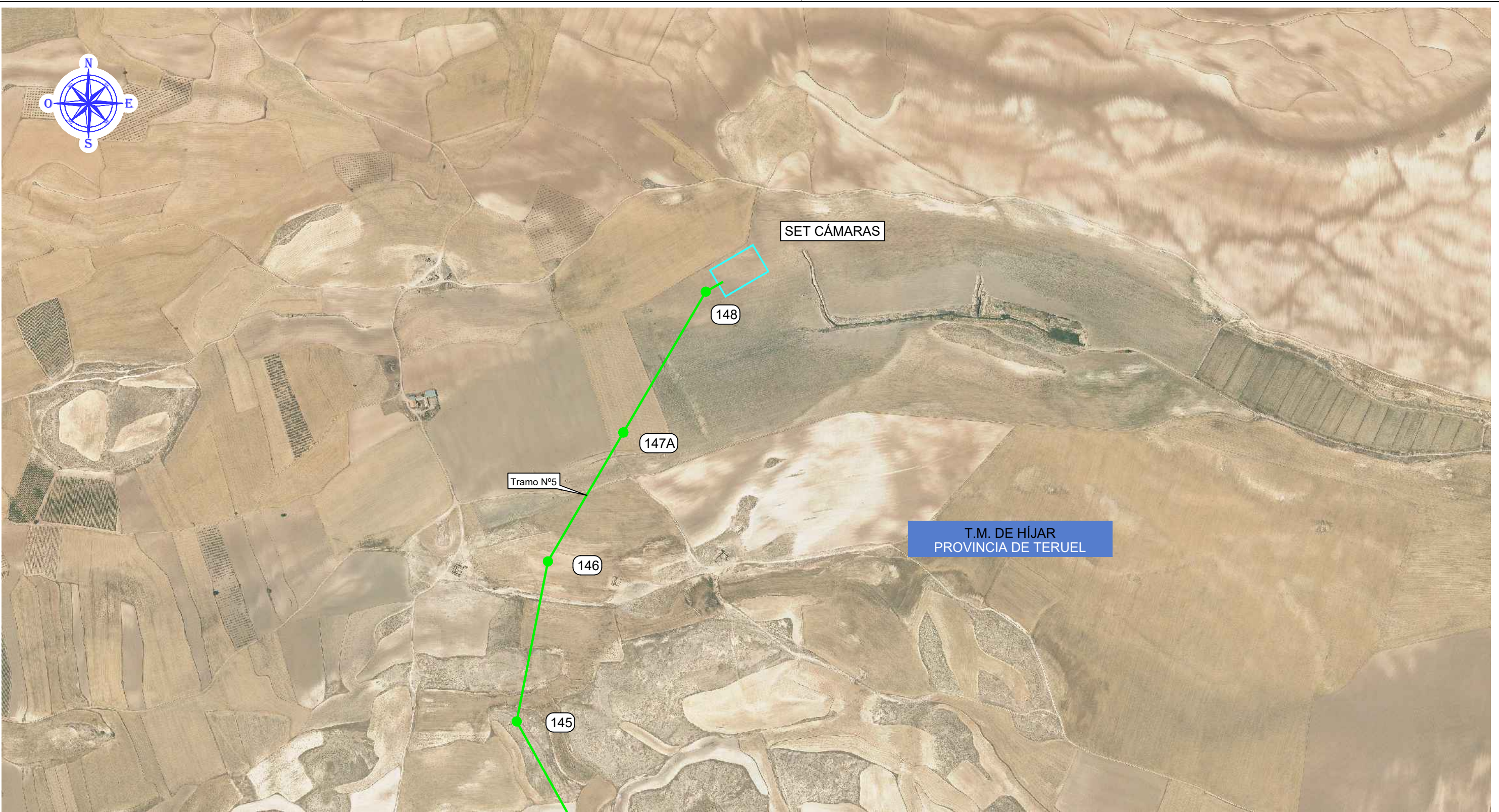
Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras

Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Iberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

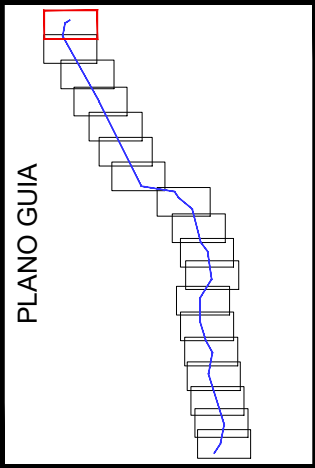
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

<div></div>			MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC. PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS		Escala: 1/10.000
					Revisión: 00
					Hoja: 02.05
					Siguiente: 02.06
					Código: FE-20000033
			PLANO DE EMPLAZAMIENTO		
			Fecha:	Nombre:	
Dibujado:			02/2023	ALM	
Comprobado:			02/2023	ALM	
Aprobado:			02/2023	RFB	





SISTEMAS DE COORDENADAS UTM ETRS89 - HUSO 30





LEYENDA:

- Tramo Aéreo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Tramo Subterráneo LAT 400 kV DC SET Ejulve - SET Cámaras
- Ubicación apoyos LASAT 400 kV DC AP62 LAT SET Iberos a SET Mudejar Promotores - SET Cámaras

Nota: Ubicación aproximada de apoyos 147A.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

*RFB*

<div> <b>FEMTAB</b></div> <div>Grupo <b>Sisener</b> Ingenieros</div>			MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DC EVAC. PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS		Escala:  1/10.000	
					Revisión:	00
	Fecha:	Nombre:	PLANO DE EMPLAZAMIENTO		Hoja:	02.06
Dibujado:	02/2023	ALM			Siguiente:	—
Comprobado:	02/2023	ALM			Código: FE-20000033	
Aprobado:	02/2023	RFB				



COOR. GEOGRAFICAS

COORDENADAS U.T.M.

DISTANCIA A ORIGEN

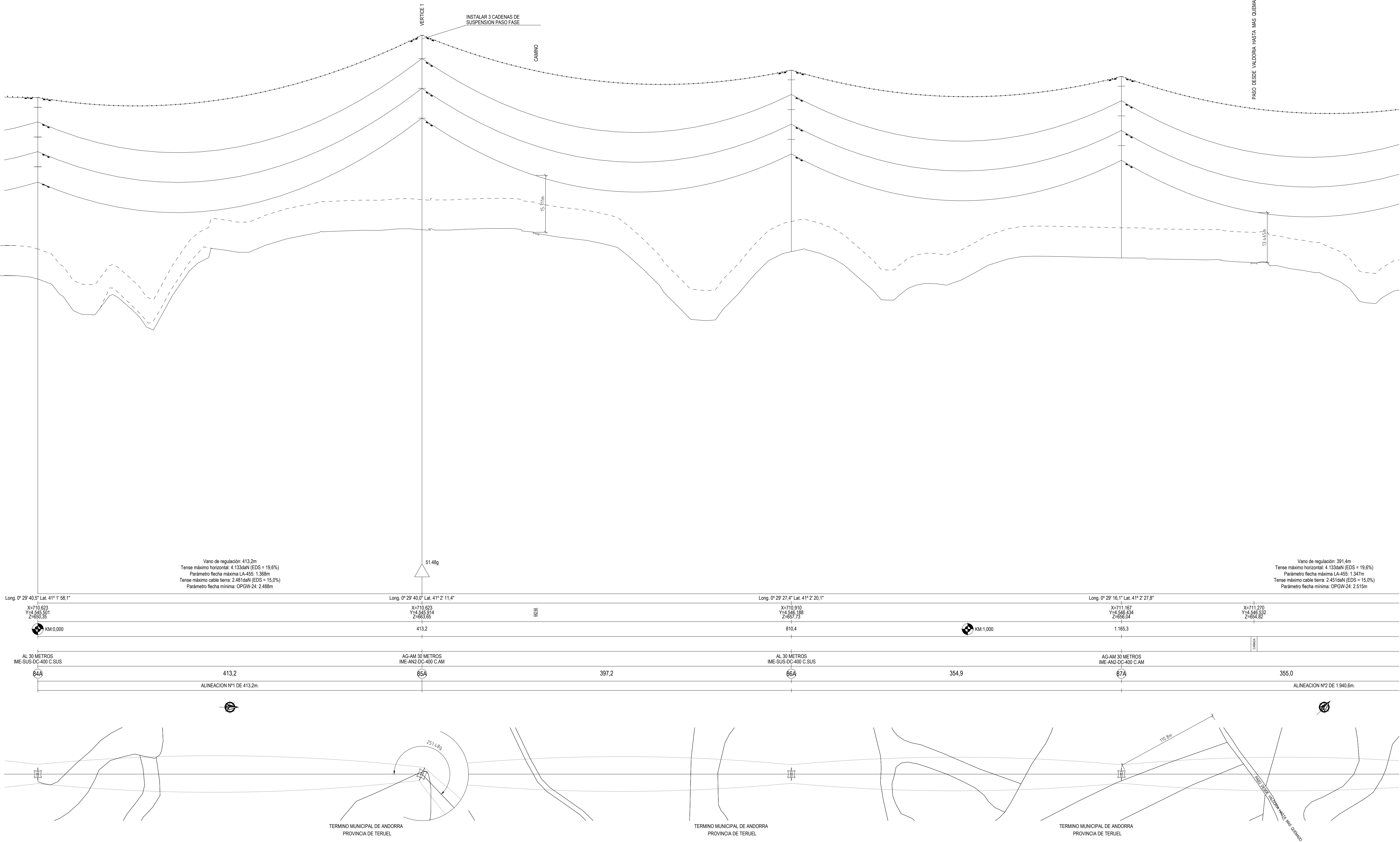
CLASE DE TERRENO

TIPO APOYOS

VANOS Y N° APOYOS

ALINEACIONES

PLANTA GENERAL



MODIFICACIÓN: 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS

Escala: H:1/2000

Revisión: 00 V:1/500

Hoja: 03.01

Siguiente: 03.02

Código: FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICA COL. N° 18131024

Fecha: 02/2023

Nombre: ALM

Comprobado: 02/2023

Aprobado: 02/2023

Nombre: ALM

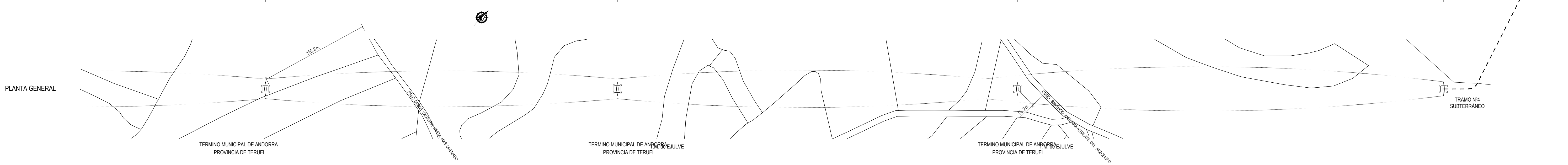
Nombre: ALM

Nombre: RFB

PLANTA Y PERFIL  
TRAMO N° 3 LINEA  
DESDE APOYO 84A A APOYO 87A



COOR. GEOGRAFICAS	Long. 0° 29' 16.1" Lat. 41° 2' 27.8"				Long. 0° 29' 4.8" Lat. 41° 2' 35.5"				Long. 0° 28' 52.0" Lat. 41° 2' 44.2"				Long. 0° 28' 38.4" Lat. 41° 2' 53.6"			
COORDENADAS U.T.M.	X=711.167 Y=4.546.434 Z=656.04				X=711.270 Y=4.546.532 Z=654.62				X=711.423 Y=4.546.679 Z=646.48				X=711.715 Y=4.546.958 Z=644.76			
DISTANCIA A ORIGEN	1.165,3				1.520,3				1.923,7				2.354,0			
CLASE DE TERRENO	CANCHA				AG-AM 30 METROS IME-AN2-DC-400 C.A.M				AG-AM 30 METROS IME-AN2-DC-400 C.A.M				FL 30 METROS IME-FL1-DC-400 PAS C.A.M			
TIPO APOYOS	AG-AM 30 METROS IME-AN2-DC-400 C.A.M								AG-AM 30 METROS IME-AN2-DC-400 C.A.M							
VANOS Y N° APOYOS	354,9				355,0				403,4				430,0			
ALINEACIONES	ALINEACION N°2 DE 1.940,6m.															



MODIFICACIÓN: 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS

Escala: H:1/2000

Revisión: 00

Hoja: 03.01

Siguiente: 03.02

Código: FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICA COL. N° 18131024

Fecha:

Nombre:

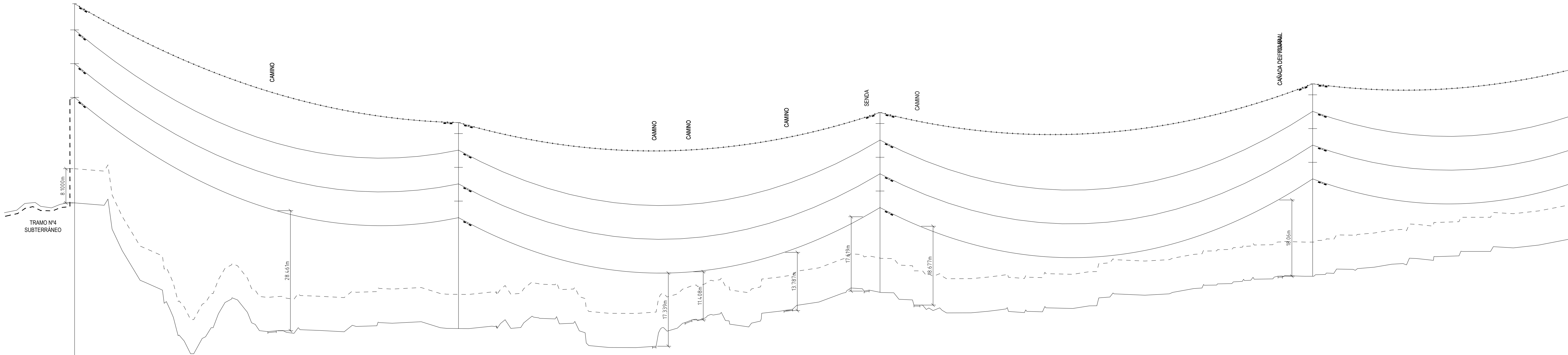
Dibujado: 02/2023 ALM

Comprobado: 02/2023 ALM

Aprobado: 02/2023 RFB

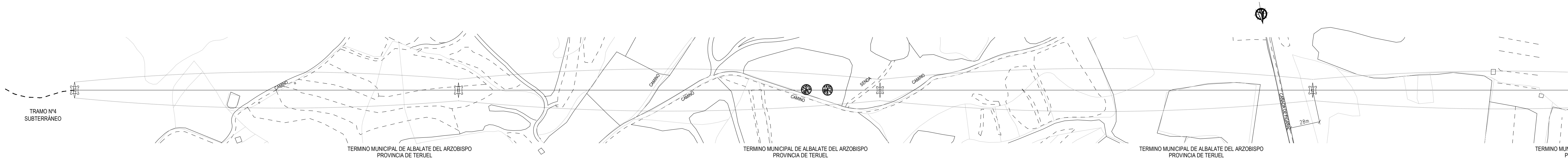
PLANTA Y PERFIL  
TRAMO N°3  
DESDE APOYO 87A A APOYO 91


COOR. GEOGRAFICAS  
COORDENADAS U.T.M.  
DISTANCIA A ORIGEN  
CLASE DE TERRENO  
TIPO APOYOS  
VANOS Y N° APOYOS  
ALINEACIONES




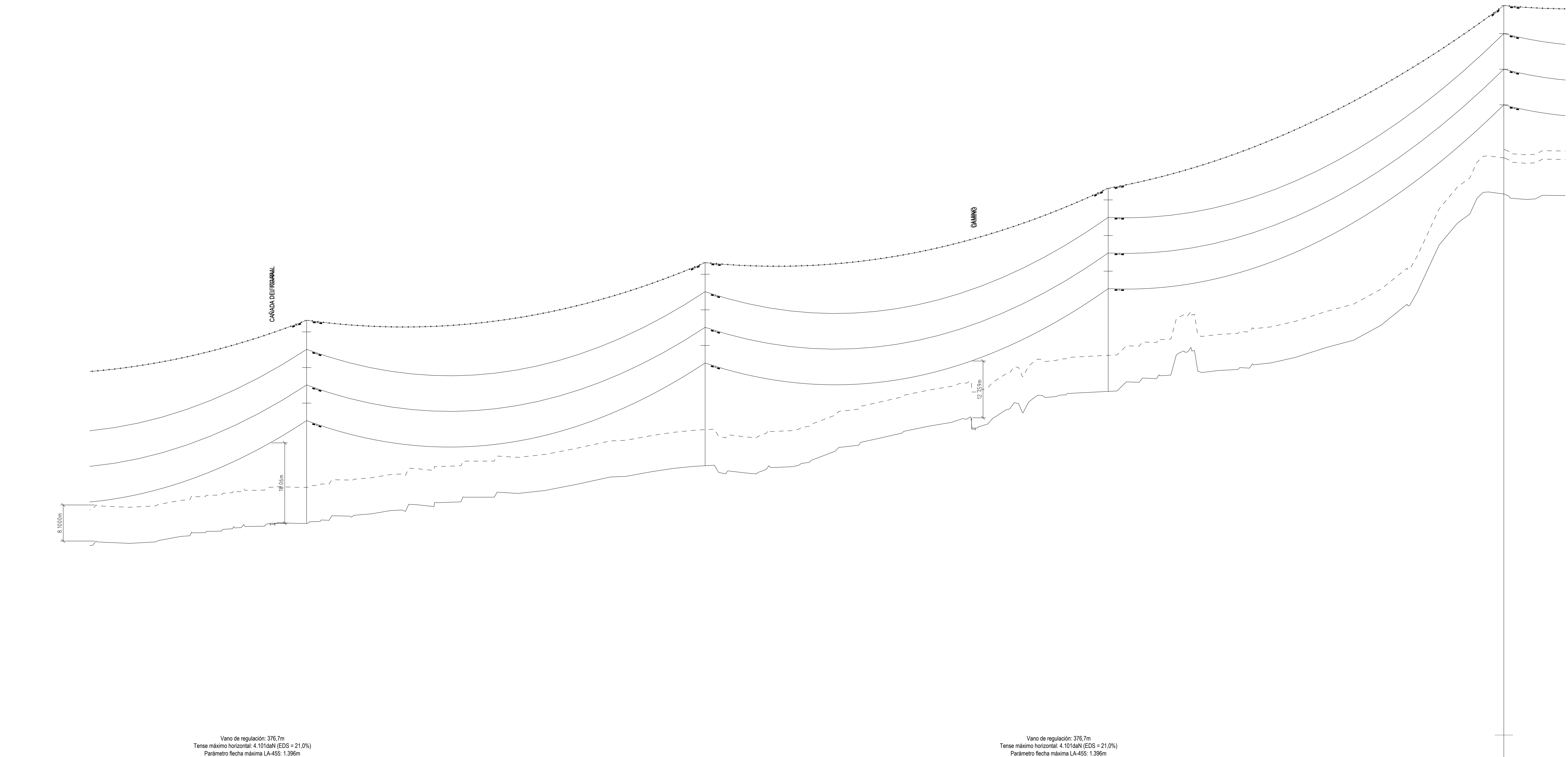
Long. 0° 31' 0.1" Lat. 41° 6' 27.7"		Long. 0° 31' 15.4" Lat. 41° 6' 30.0"		Long. 0° 31' 32.2" Lat. 41° 6' 32.5"		Long. 0° 31' 49.4" Lat. 41° 6' 35.1"	
X=708.528 Y=4.553.795 Z=391.27		X=708.169 Y=4.553.826 Z=361.50		X=707.775 Y=4.553.892 Z=370.08		X=707.371 Y=4.553.960 Z=373.88	
KM:0.000		363.8		763.2		1.173.1	
FL 25 METROS IME-FL1-DC-400 PAS C.AM		AL 30 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS		AL 24 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS		AL 27 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS	
107		108		109		110	
363.8		399.4		409.9		358.0	

PLANTA GENERAL

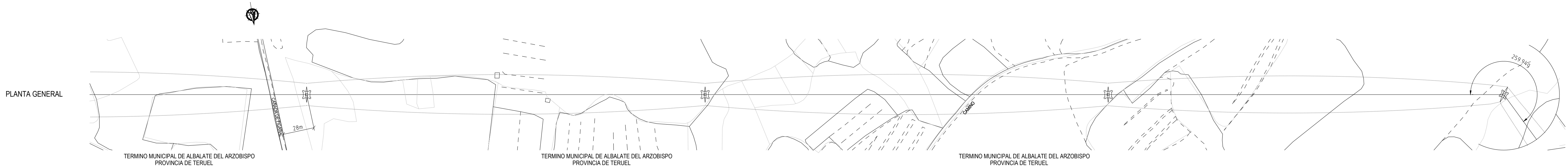


 <b>Grupo Sisener Ingenieros</b>			MODIFICACIÓN: 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC. PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS		Escala: H:1/2000 V:1/500
Dibujado: 02/2023 ALM			Revisión: 00		Hoja: 03.01
Comprobado: 02/2023 ALM			Siguiente: 03.02		Código: FE-20000033
Aprobado: 02/2023 RFB			PLANTA Y PERFIL TRAMO N°5 DESDE APOYO 107 A APOYO 110		

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICA COL. N° 18131024  




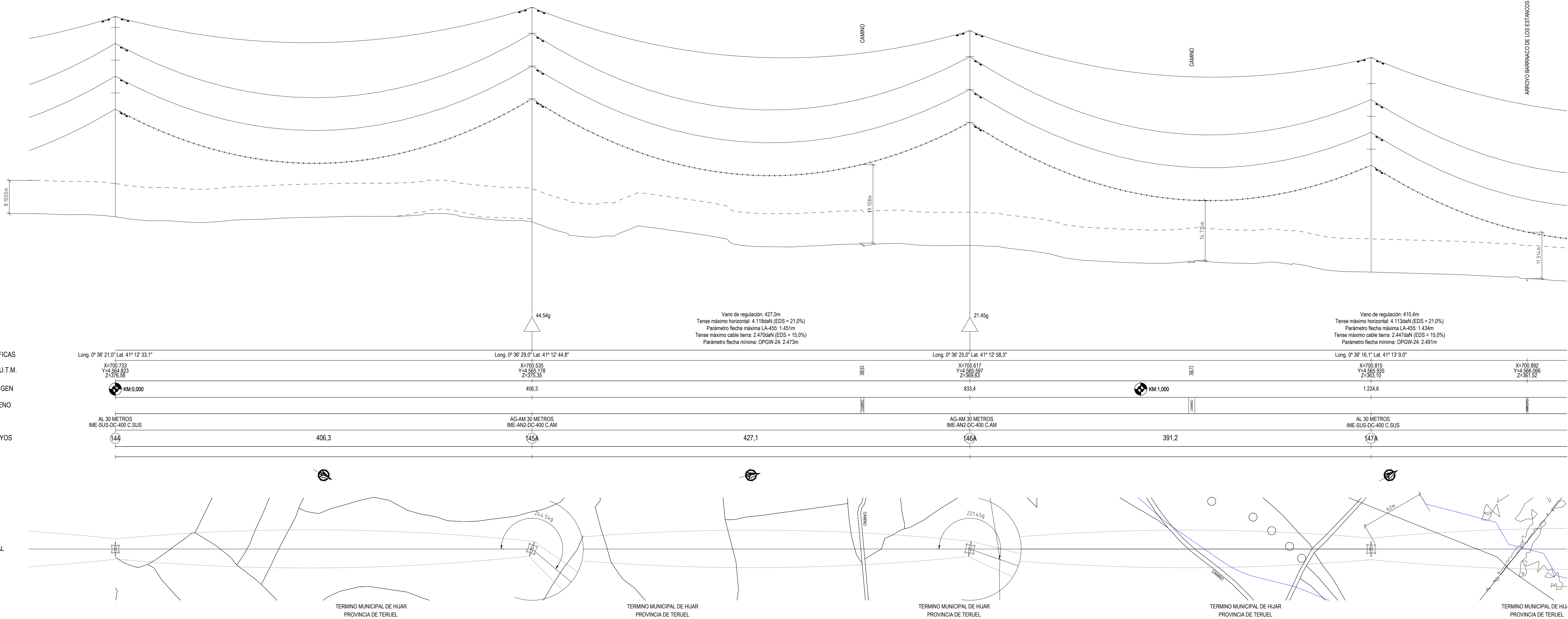
COOR. GEOGRAFICAS	Vano de regulación: 376.7m Tense máximo horizontal: 4.101daN (EDS = 21.0%) Parámetro flecha máxima LA-455: 1.396m Tense máximo cable tierra: 2.395daN (EDS = 15.0%) Parámetro flecha mínima: OPGW-24: 2.535m				Vano de regulación: 376.7m Tense máximo horizontal: 4.101daN (EDS = 21.0%) Parámetro flecha máxima LA-455: 1.396m Tense máximo cable tierra: 2.395daN (EDS = 15.0%) Parámetro flecha mínima: OPGW-24: 2.535m			
COORDENADAS U.T.M.	Long. 0° 31' 49.4" Lat. 41° 6' 35.1" X=707.371 Y=4.553.960 Z=373.88				Long. 0° 32' 4.5" Lat. 41° 6' 37.4" X=707.018 Y=4.554.000 Z=386.83			
DISTANCIA A ORIGEN	KM 1.000 1.173,1				362,1 1.531,1			
CLASE DE TERRENO	AL 27 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS				AL 27 METROS IME-SUS-DC-400 C.SUS			
TIPO APOYOS	110				111			
VANOS Y N° APOYOS	358,0				362,1			
ALINEACIONES	110				111			






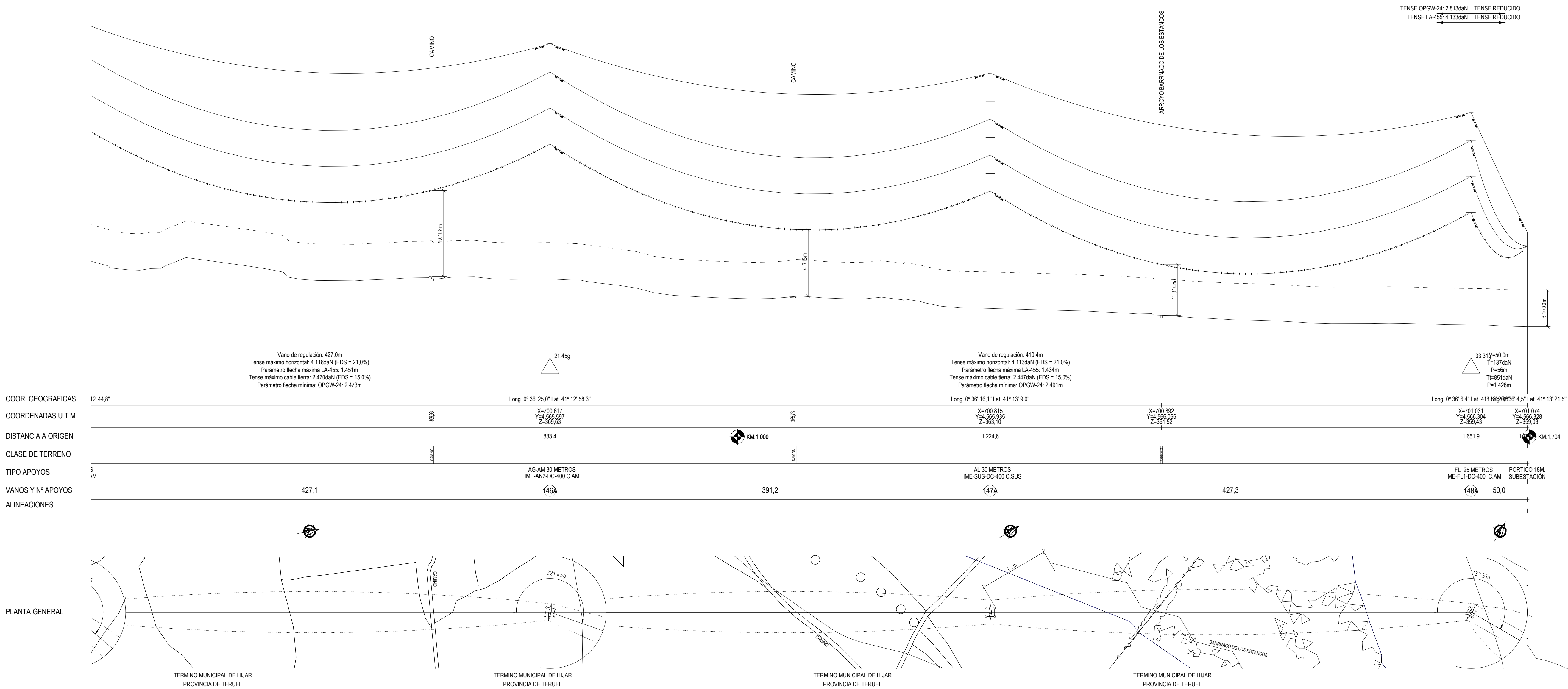
COOR. GEOGRAFICAS  
COORDENADAS U.T.M.  
DISTANCIA A ORIGEN  
CLASE DE TERRENO  
TIPO APOYOS  
VANOS Y N° APOYOS  
ALINEACIONES

PLANTA GENERAL



<div>D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS INGENIERO DEL ICA COL. N° 18131024</div> <div>RF3</div>	<div><div><b>Grupo Sisener Ingenieros</b></div></div>	MODIFICACIÓN PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVACUACIÓN PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS		Escala: H:1/2000 v:1/500 Revisión: 00 Hoja: 03.01 Siguierte: 03.02 Código: FE-20000033
	Dibujado:	02/2023	ALM	PLANTA Y PERFIL TRAMO N°5 DESDE APOYO 144 A APOYO 147A
	Comprobado:	02/2023	ALM	
	Aprobado:	02/2023	RFB	





MODIFICACIÓN PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVACUACIÓN  
PE DE SET ANDORRA A SET CÁMARAS

Escala:	H:1/2000
Revisión:	00
Hoja:	03.01
Siguiente:	03.02
Código:	FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICA COL. N° 18131024





RFB

Fecha:	02/2023	Nombre:	ALM
Dibujado:	02/2023	Comprobado:	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB	

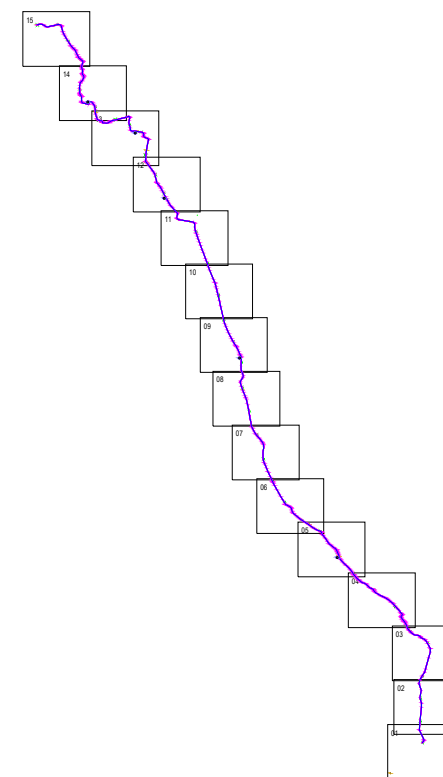
PLANTA Y PERFIL  
TRAMO N°5  
DESDE APOYO 146A A PÓRTICO SET CÁMARAS





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

<p>                     Escala:  <math>1/2.000</math> </p>
--

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	01.15
-------	-------

Siguiente:	02.15
------------	-------

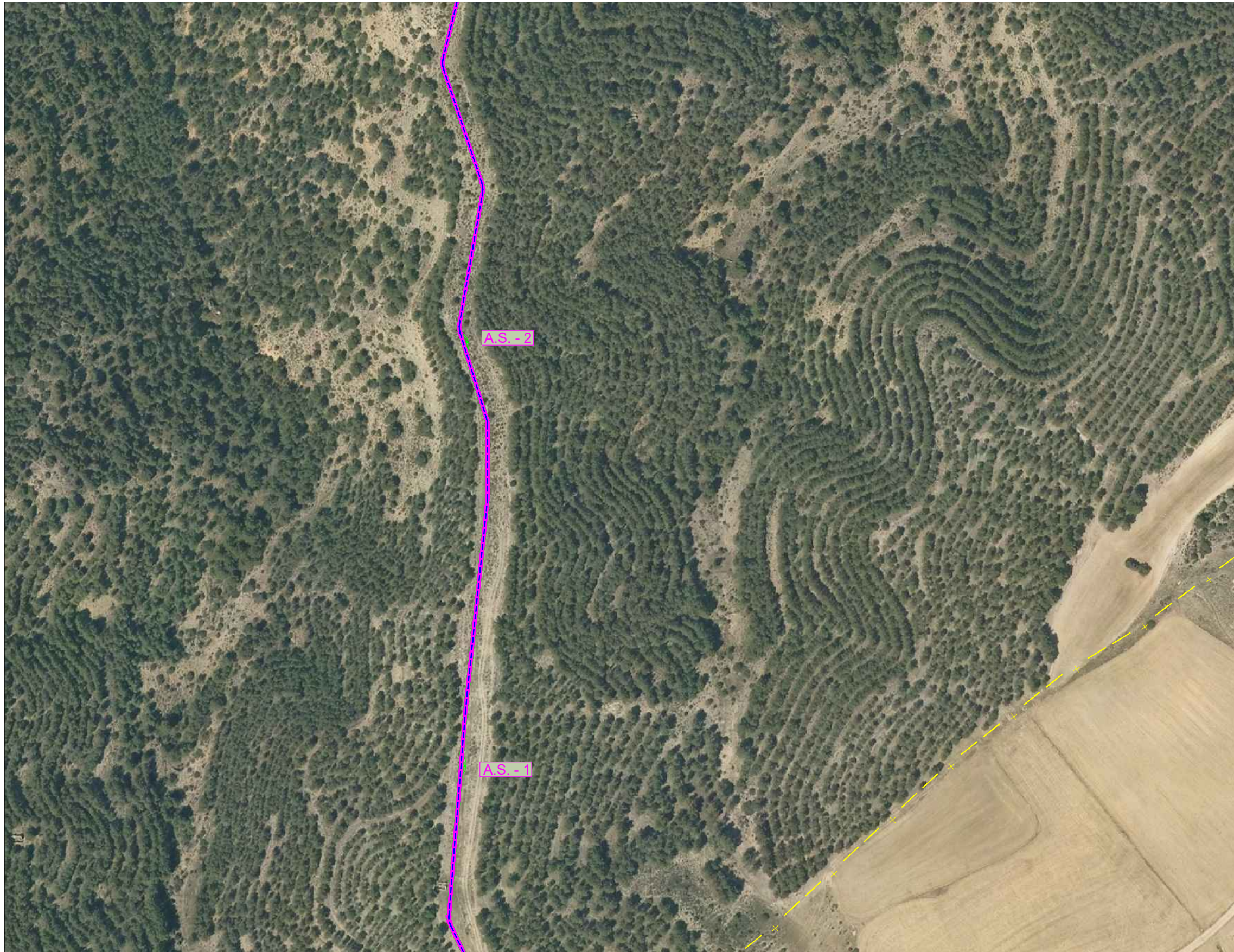
Código:  
FE-20000033






D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RF-3

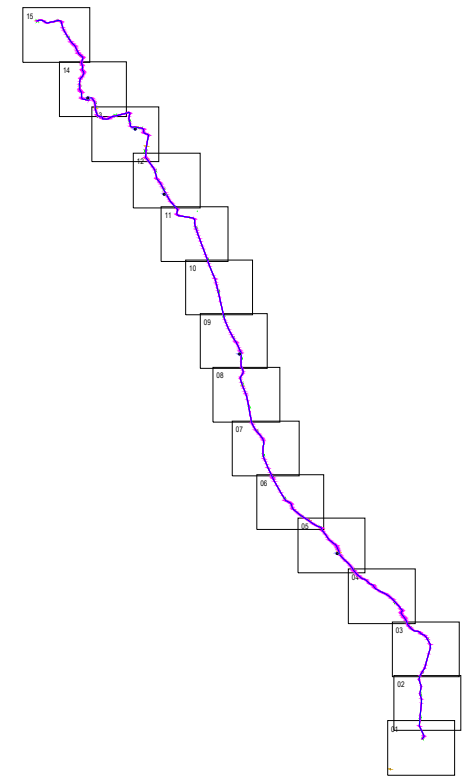
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOLUMNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RF3

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

Escala: 1/2.000

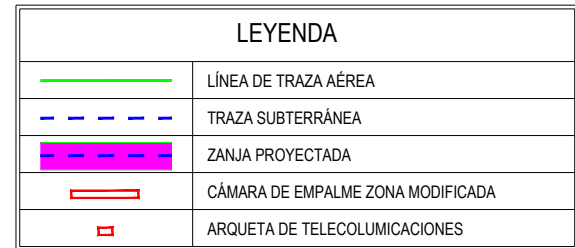
Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	02.15
-------	-------

Siguiente:	03.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033





## PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

Código:  
FE-20000033

RF3






	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB



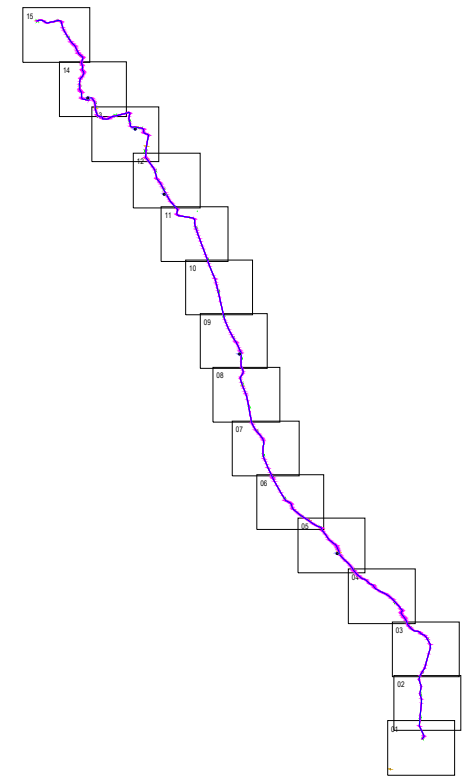






LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

Escala: 1/2.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	05.15
-------	-------

Siguiente:	06.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

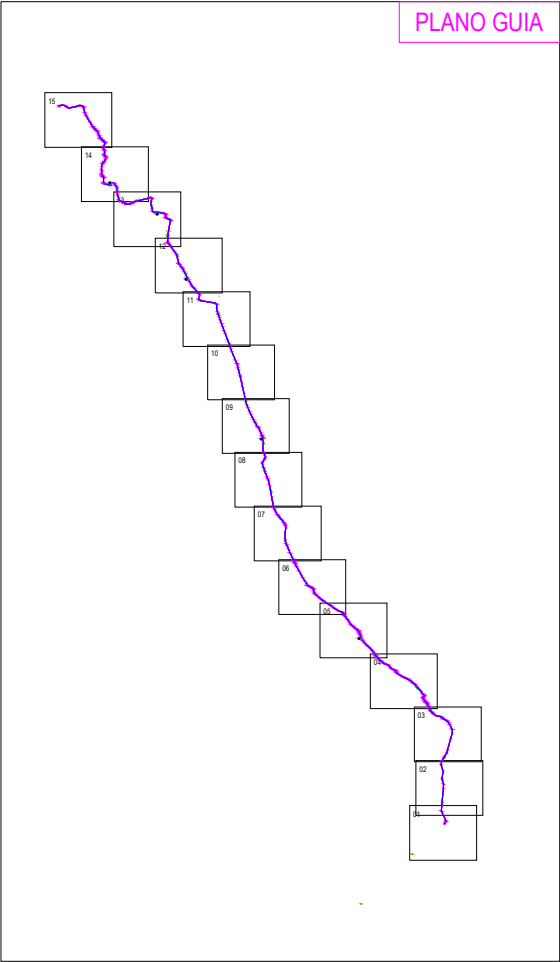
Rf3

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES



D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS

INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

Grupo

Sisener Ingenieros

Fecha:	02/2023	Nombre:	ALM
Dibujado:	02/2023	Comprobado:	02/2023
Aprobado:	02/2023		RFB





MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

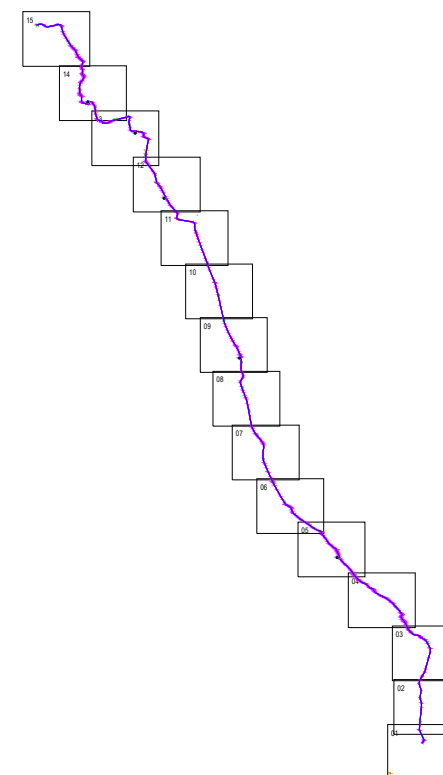
Escala:	1/2.000
Revisión:	00
Hoja:	06.15
Siguiente:	07.15
Código:	FE-20000033





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

<p>                     Escala:                     <span style="float: right;">1/2.000</span> </p>
---

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	07.15
-------	-------

Siguiente:	08.15
------------	-------

Código:	FE-20000033
---------	-------------

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf

	Fecha:	Nombre:
--	--------	---------

Dibujado:	02/2023	ALM
-----------	---------	-----

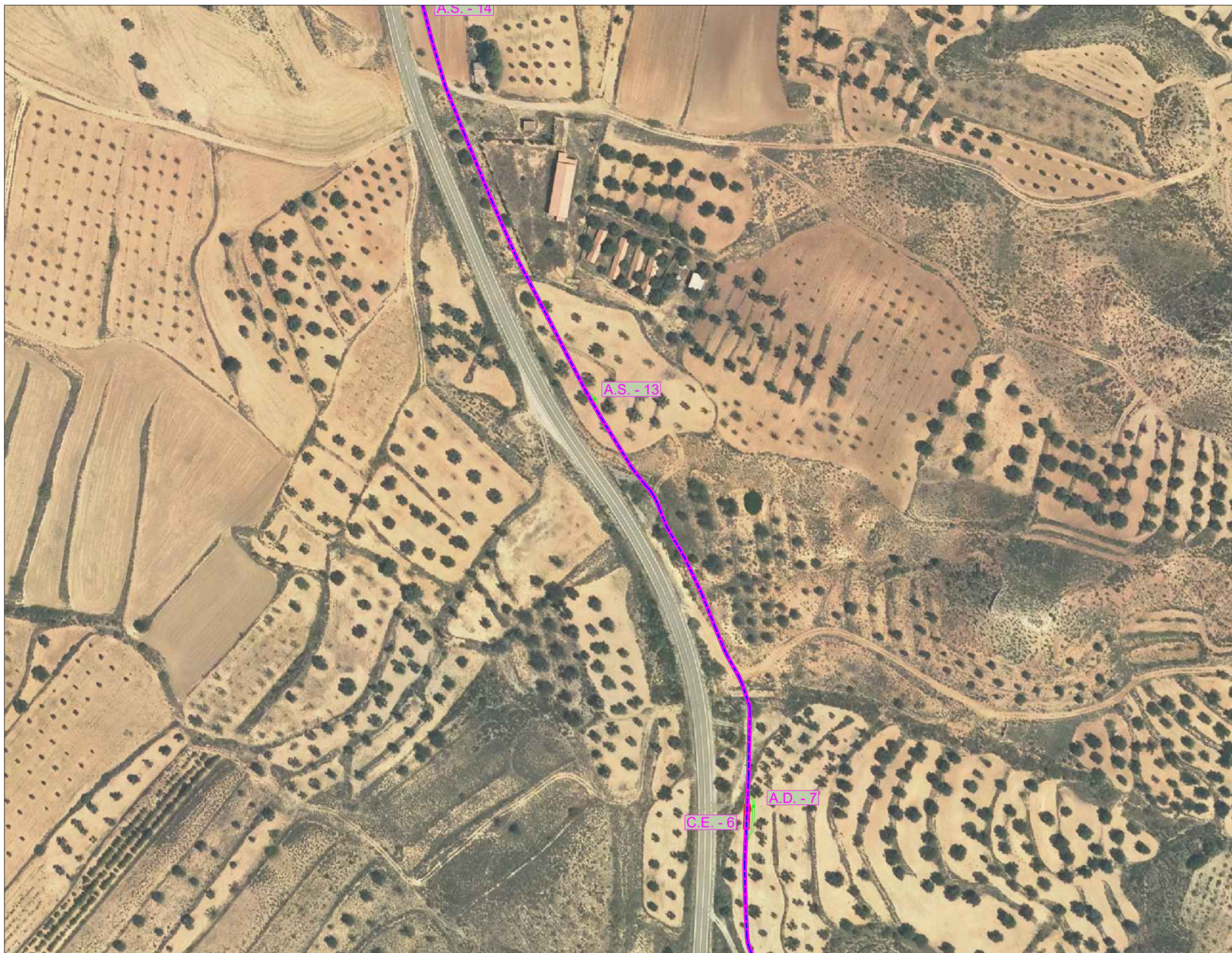
Comprobado:	02/2023	ALM
-------------	---------	-----





Aprobado:	02/2023	RFB
-----------	---------	-----



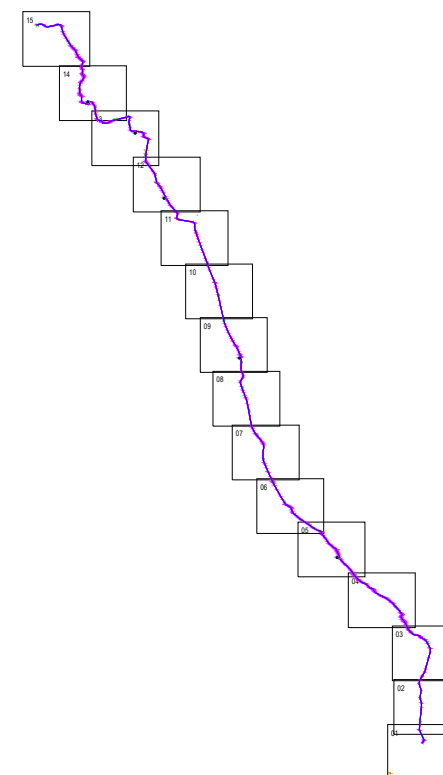






LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOLUMNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

<p>Escala:</p> <p>1/2.000</p>
-------------------------------

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	09.15
-------	-------

Siguiente:	10.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033






D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf =

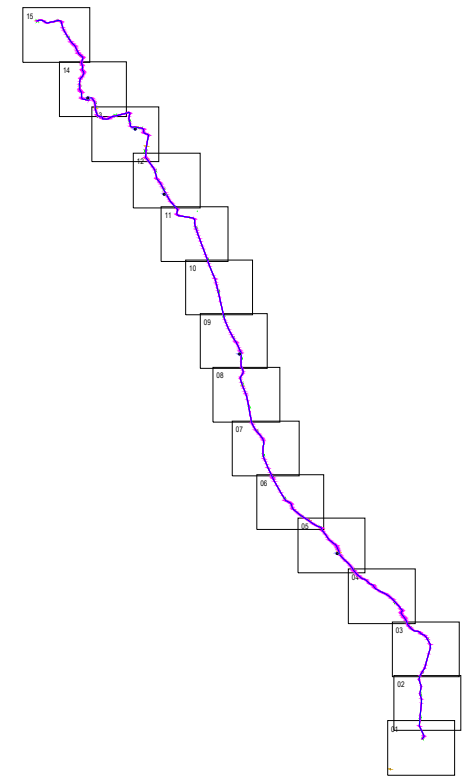
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOLUMNICACIONES

PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1/2.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	10.15
-------	-------

Siguiente:	11.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033

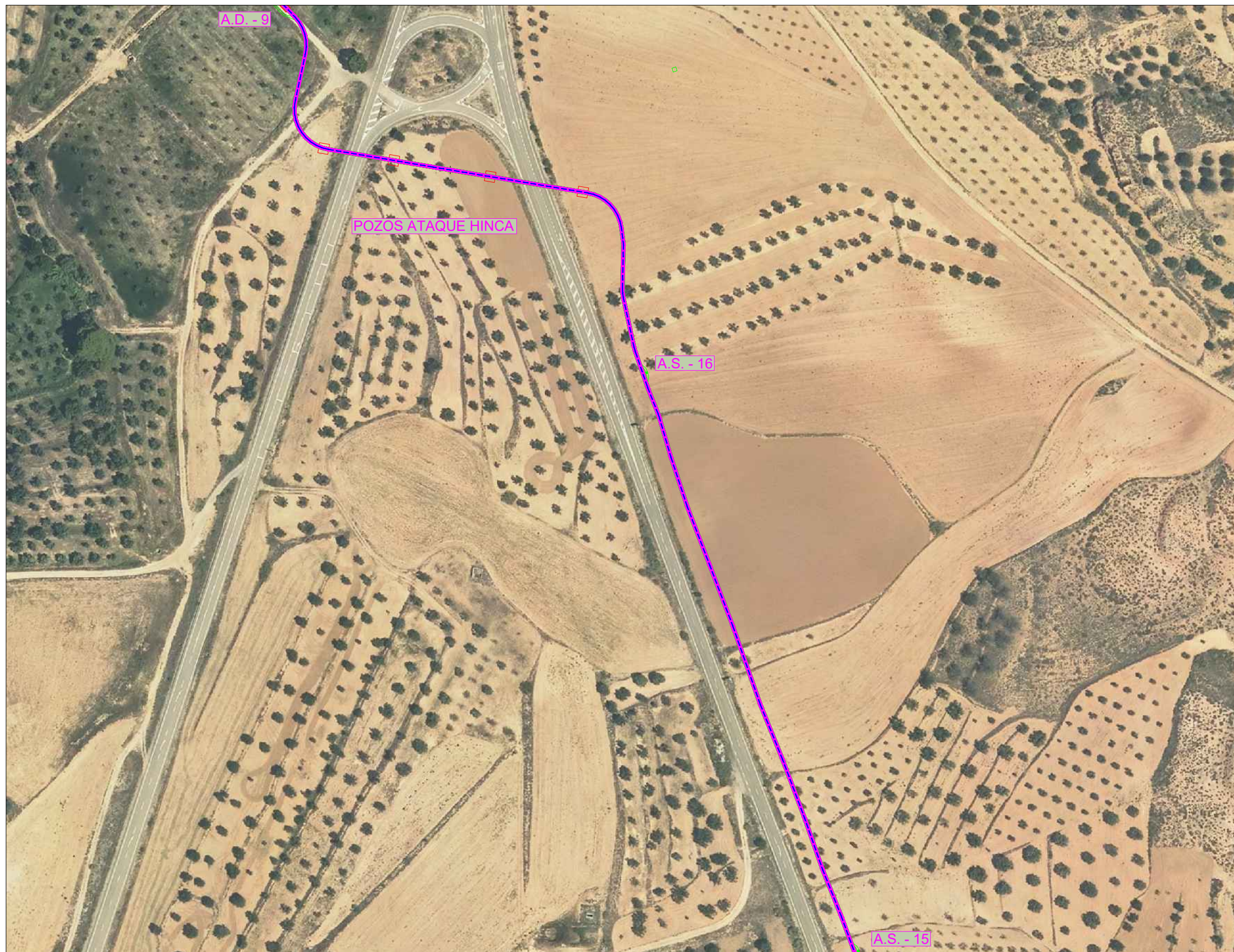
### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA






D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf

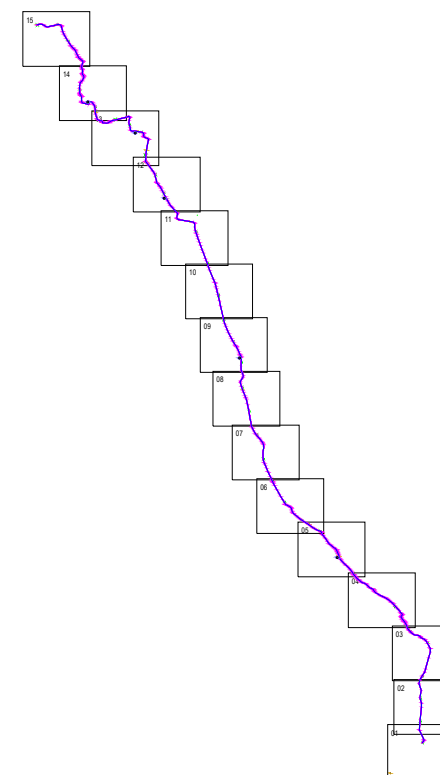
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOLUMNICACIONES

## PLANO GUIA



 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

<p>                     Escala:  <math>1/2.000</math> </p>
--

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	11.15
-------	-------

Siguiente:	12.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033

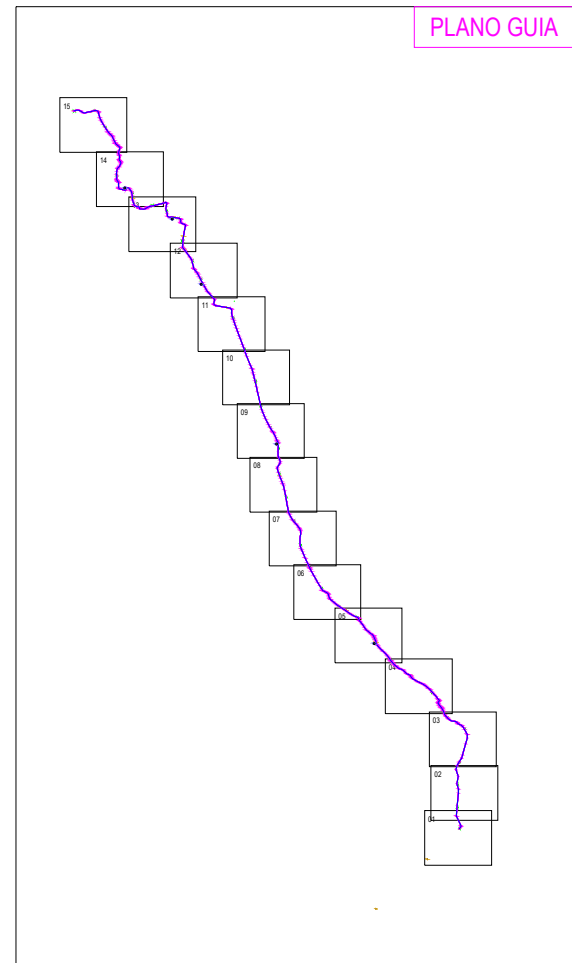
### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

 $R_3$ 

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB





 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1/2.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	12.15
-------	-------

Siguiente:	13.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf3

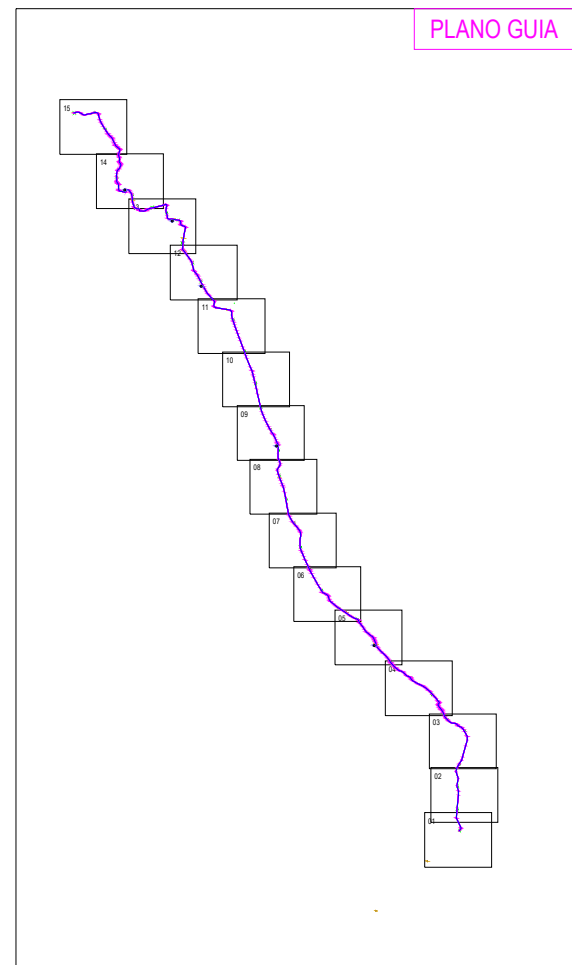
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

## PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA









MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

RF-3

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

<p>                     Escala:                     <span style="float: right;">1/2.000</span> </p>
---

Revisión:	00
-----------	----






Hoja:	14.15
-------	-------

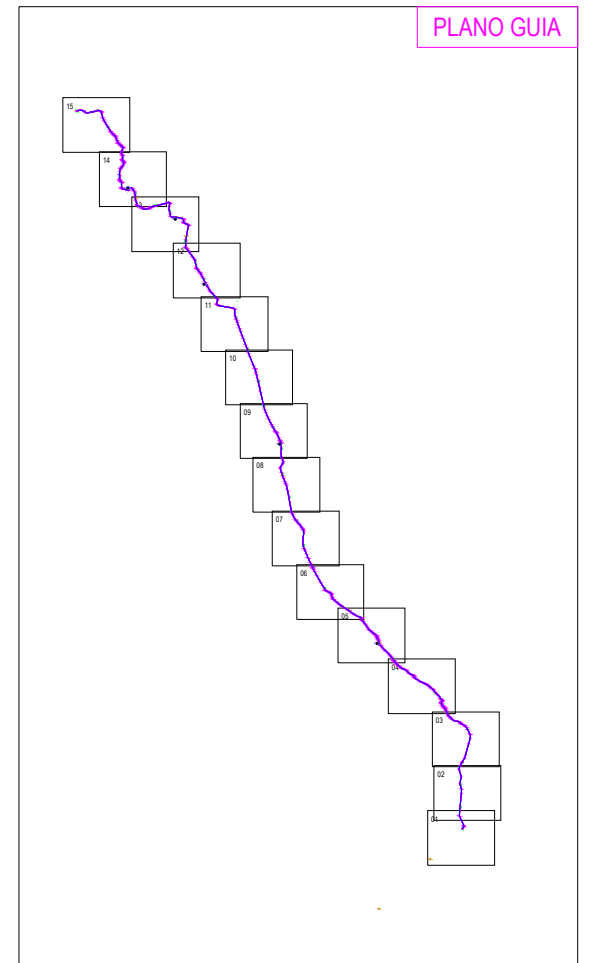
Siguiente:	15.15
------------	-------

Código:  
FE-20000033





LEYENDA	
	LÍNEA DE TRAZA AÉREA
	TRAZA SUBTERRÁNEA
	ZANJA PROYECTADA
	CÁMARA DE EMPALME ZONA MODIFICADA
	ARQUETA DE TELECOLUMNICACIONES





D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024



	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

### PLANO DE PLANTA SUBTERRÁNEA

Escala:		1/2.000
 		
Revisión:	00	
Hoja:	15.15	
Siguiente:	— —	
Código: FE-20000033		



650.0

APOYO PAS N°90A

ARQ. DOBLE  
TELEC. N°1

CAMINO

RUINA

ARQ. SIMPLE  
TELEC. N°1

625.0

V=1:500  
H=1:2000  
Escala

0+000

0+050

0+100

0+150

0+200  
0+204

0+250

ALTURA DE ZANJA	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70 1.70	1.70
RASANTE	634.34	634.77	634.02	634.00	632.14 632.01	631.01
TERRENO	634.34	634.77	634.02	634.00	632.14 632.01	631.01
TIPO ZANJA						

LEYENDA TRAMO SUBTERRÁNEO

LÍNEA DE TERRENO

CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

ZANJA TERRENO AGRÍCOLA

ARQUETA SIMPLE

ARQUETA DOBLE

CÁMARA DE EMPALME



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala:	1/10.000
Revisión:	00
Hoja:	05.01
Siguiente:	05.02
Código:	FE-20000033

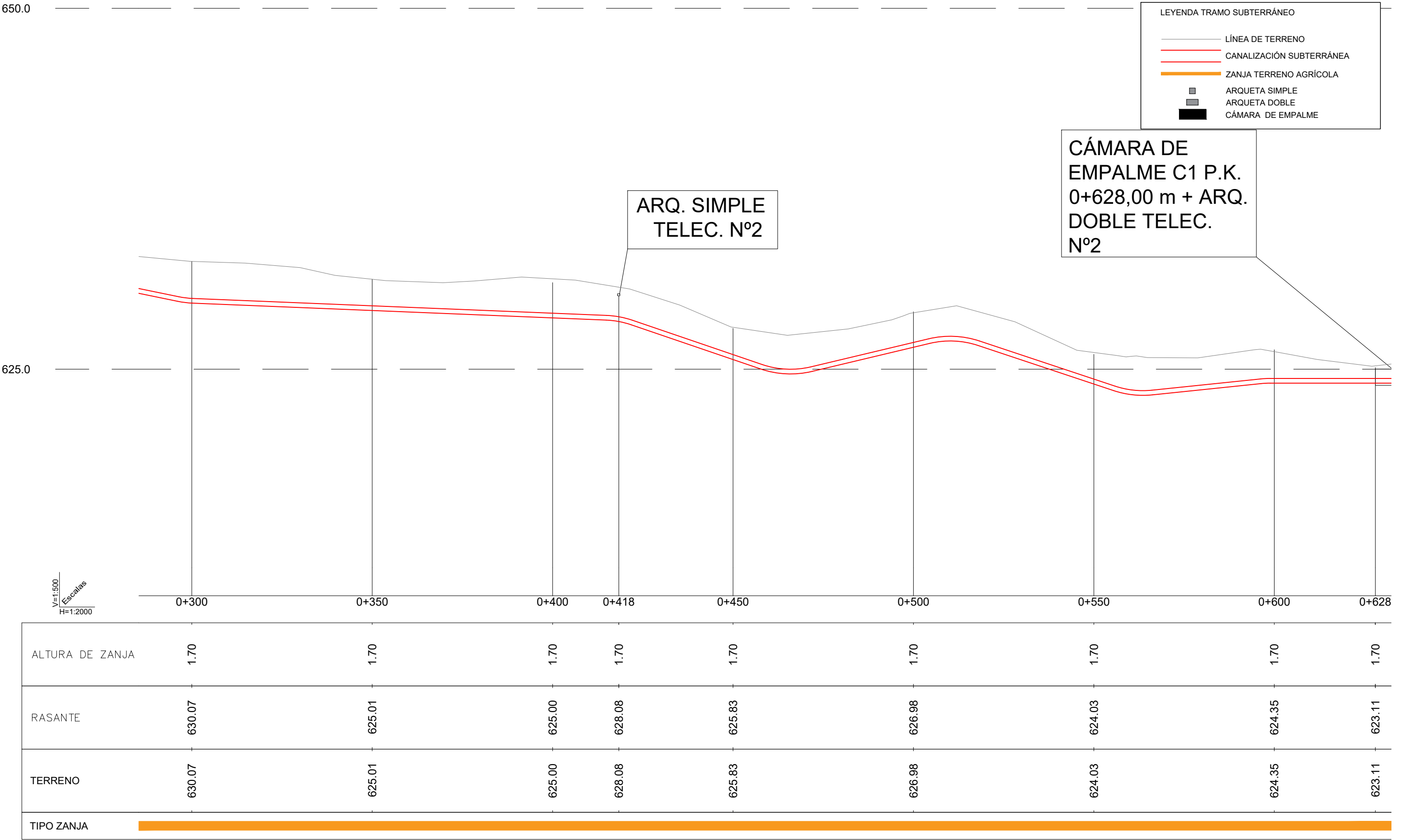
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO





D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS

INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

Fecha: 02/2023

Nombre: ALM

Comprobado: 02/2023

ALM

Aprobado: 02/2023

RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

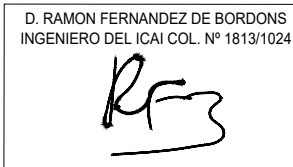
Escala: 1/10.000

Revisión: 00

Hoja: 05.02

Siguiente: 05.03

Código: FE-20000033



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

## PLANO DE PERFIL SUBTERRÂNEO

Escala: 1/10.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	05.03
-------	-------

Siguiente:	05.04
------------	-------

Código:  
FE-20000033

575.0

V=1:500  
Escalas  
H=1:2000

0+700

0+750

0+800

0+850

0+900

0+950

1+000

ALTURA DE ZANJA	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
RASANTE	619.68	597.41	572.40	553.73	533.17	527.86	528.73
TERRENO	619.68	597.41	572.40	553.73	533.17	527.86	528.73
TIPO ZANJA							

LEYENDA TRAMO SUBTERRÁNEO

LÍNEA DE TERRENO

CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

ZANJA TERRENO AGRÍCOLA

ARQUETA SIMPLE

ARQUETA DOBLE

CÁMARA DE EMPALME

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RF3

  
Grupo Sisener Ingenieros

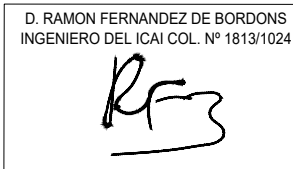
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

Escala:	1/10.000
Revisión:	00
Hoja:	05.04
Siguiente:	05.05
Código:	FE-20000033





MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

## PLANO DE PERFIL SUBTERRÂNEO

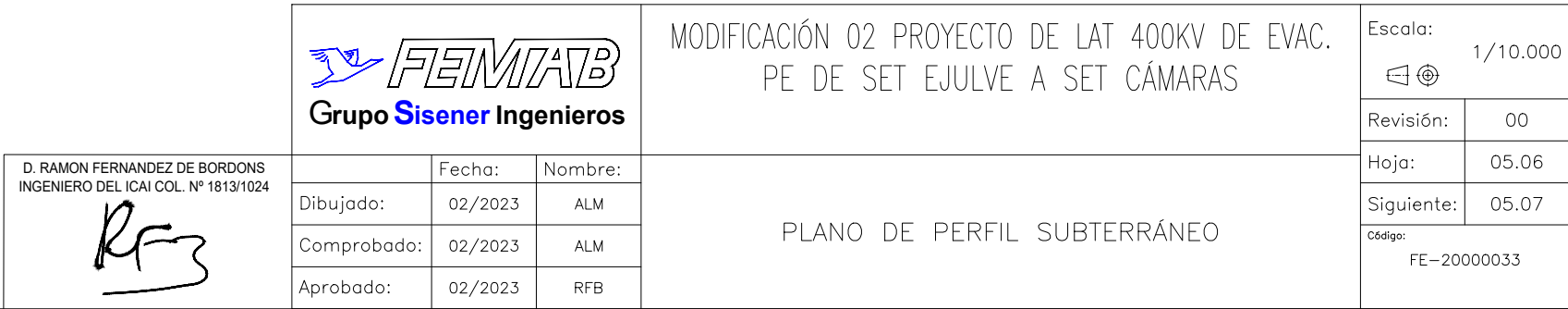
Escala: 1/10.000

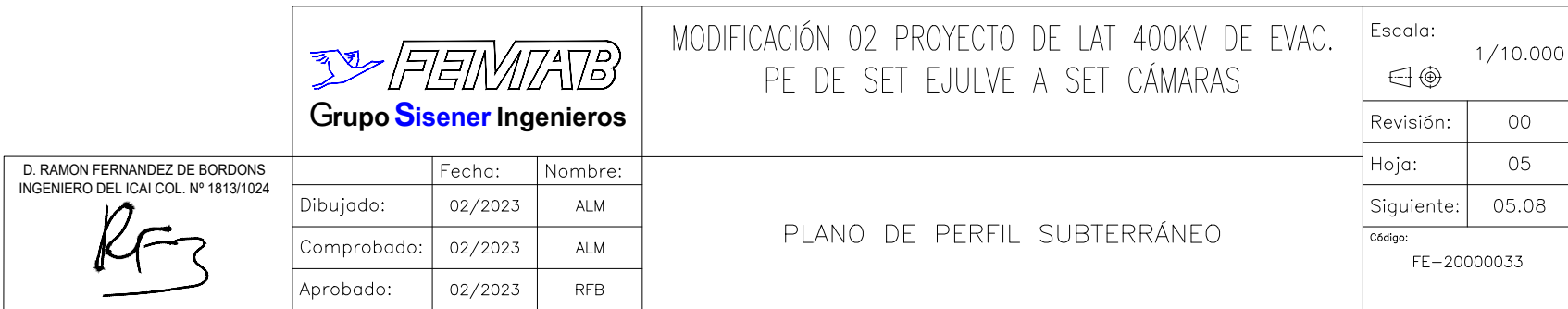
Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	05.05
-------	-------

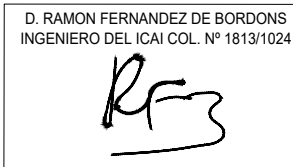
Siguiente:	05.06
------------	-------

Código:  
FE-20000033









MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

## PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

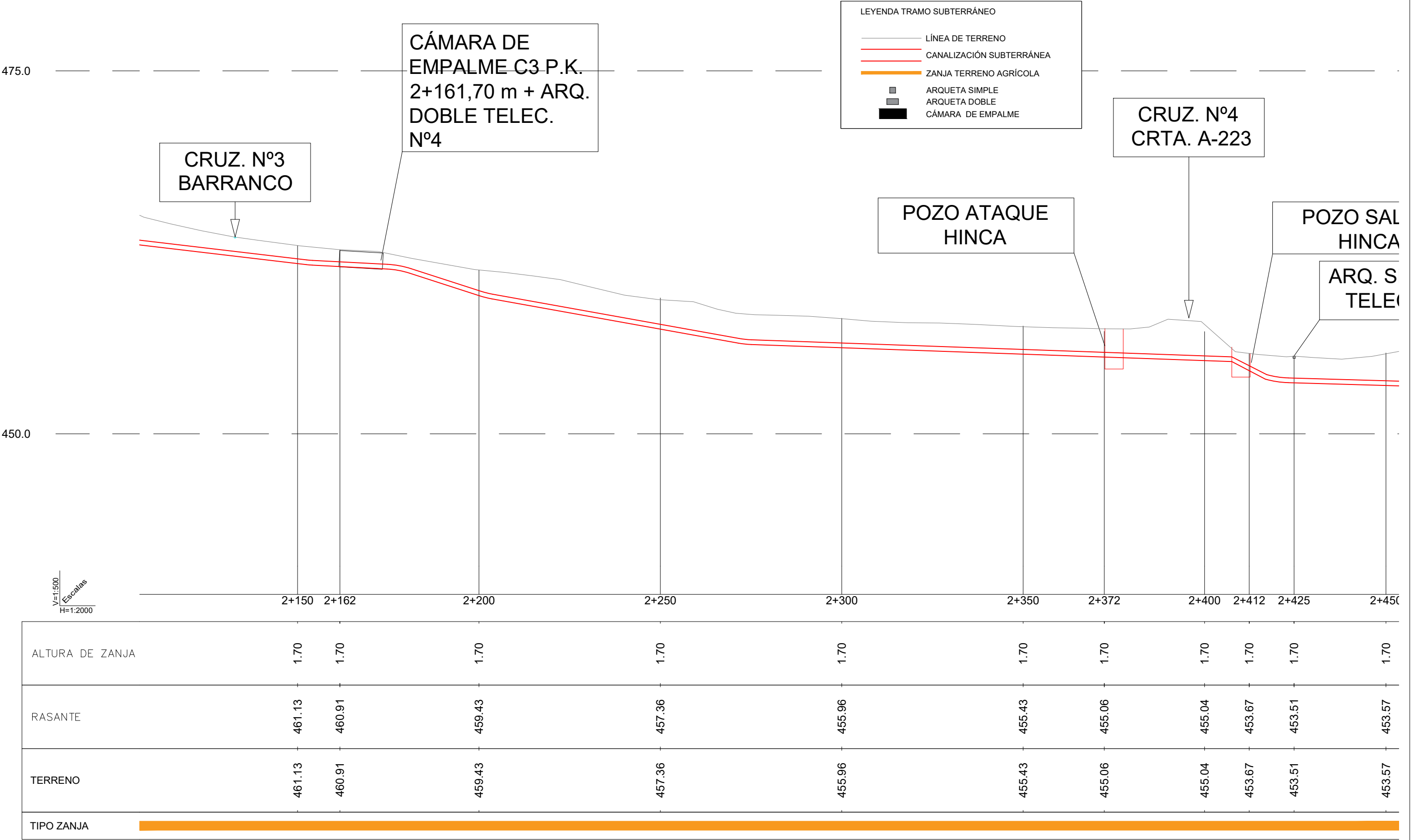
Escala: 1/10.000

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	05.08
-------	-------

Siguiente:	05.09
------------	-------

Código:  
FE-20000033



D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS

INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Fecha:

Nombre:

Dibujado:

Comprobado:

Aprobado:

02/2023

02/2023

02/2023

ALM

ALM

RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC. PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

Escala:

1/10.000

Revisión:

00

Hoja:

05.09

Siguiente:

05.10

Código:

FE-20000033

475.0

º4  
223

LEYENDA TRAMO SUBTERRÁNEO

—

LÍNEA DE TERRENO

—

CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA

—

ZANJA TERRENO AGRÍCOLA

■

ARQUETA SIMPLE

■

ARQUETA DOBLE

■

CÁMARA DE EMPALME

POZO SALIDA  
HINCA

ARQ. SIMPLE  
TELEC. Nº7

ARQ. SIMPLE  
TELEC. Nº8

450.0

V=1:500  
Escalas  
H=1:2000

ALTURA DE ZANJA	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70
RASANTE	453.67	453.51	453.57	453.26	454.00	453.07	452.97	451.91	450.08	443.00
TERRENO	453.67	453.51	453.57	453.26	454.00	453.07	452.97	451.91	450.08	443.00
TIPO ZANJA										

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

RFB

 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

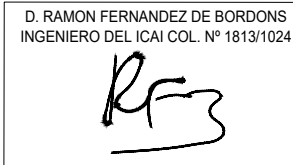
	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

Escala:	1/10.000
Revisión:	00
Hoja:	05.10
Siguiente:	05.11
Código:	FE-20000033





MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

## PLANO DE PERFIL SUBTERRÂNEO

Escala: 1/10.000

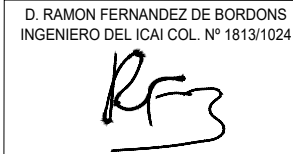
Revisión:	00
-----------	----



Hoja:	05.11
-------	-------

Siguiente:	05.12
------------	-------

Código:  
FE-20000033

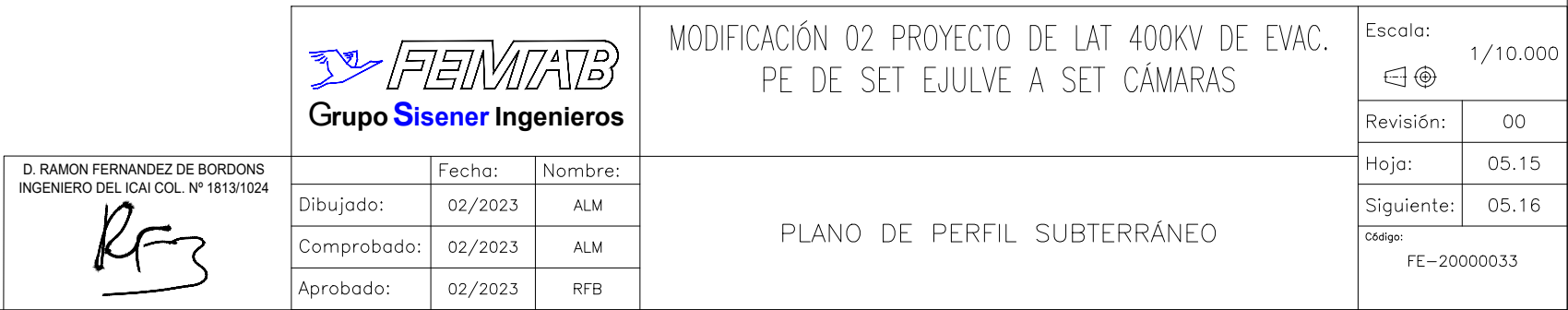




			MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC. PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS		Escala: 1/10.000 	
					Revisión:	00
					Hoja:	05.13
					Siguiente:	05.14
					Código:	FE-20000033
	Fecha:	Nombre:	PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO			
Dibujado:	02/2023	ALM				
Comprobado:	02/2023	ALM				
Aprobado:	02/2023	RFB				

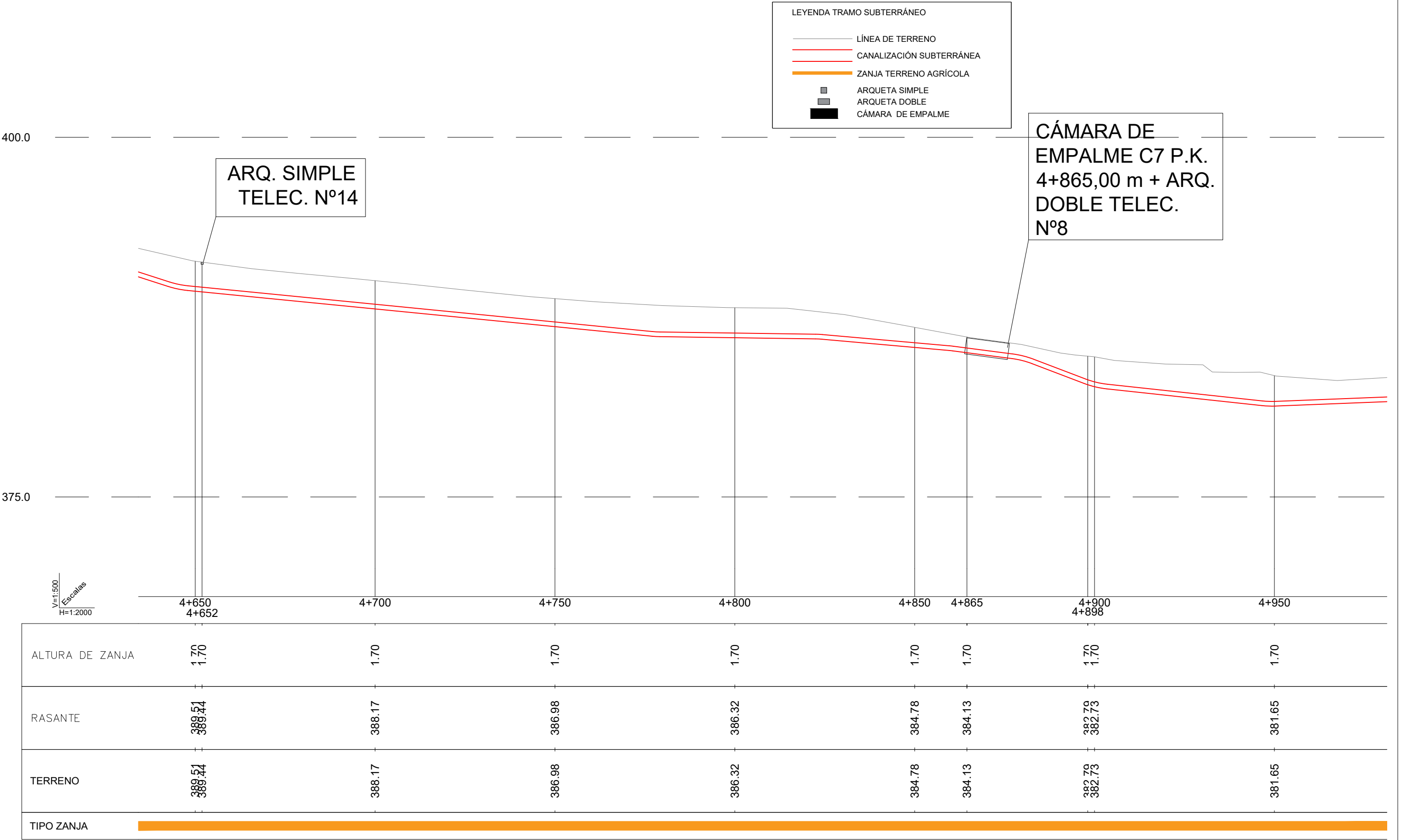












D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS

INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Fecha: 02/2023

Nombre: ALM

Comprobado: 02/2023

ALM

Aprobado: 02/2023

RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

Escala: 1/10.000

Revisión: 00

Hoja: 05.17

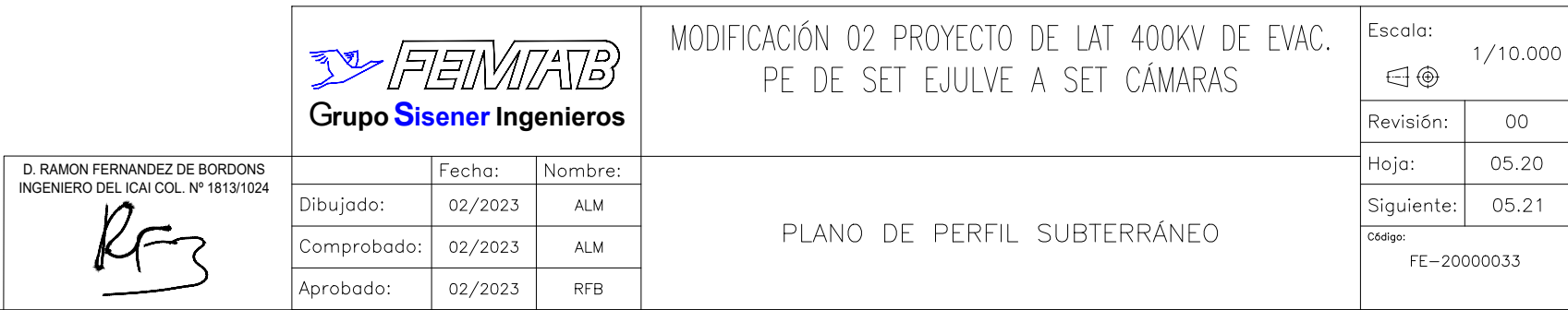
Siguiente: 05.18

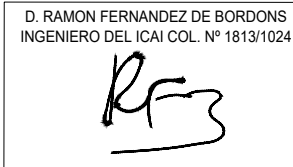
Código: FE-20000033











MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

## PLANO DE PERFIL SUBTERRÂNEO

Escala: 1/10.000

Revisión:	00
-----------	----

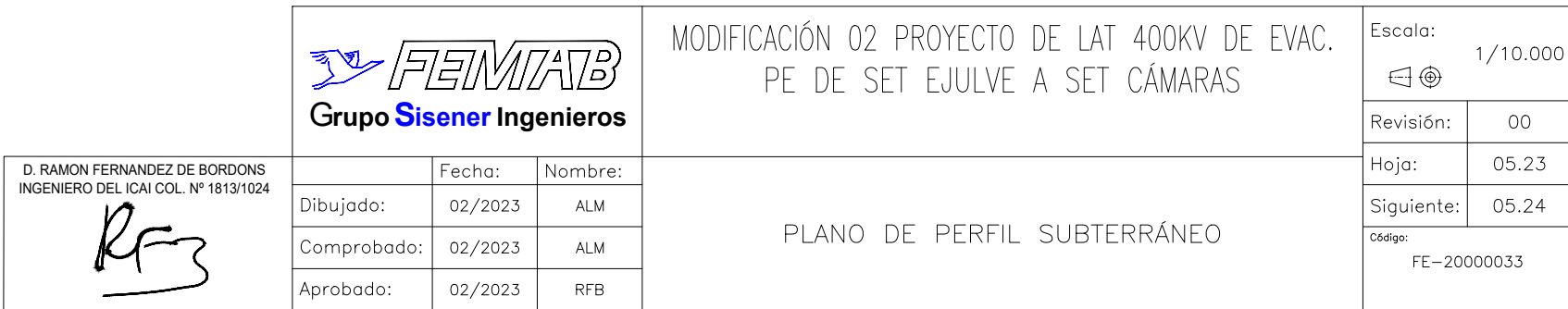
Hoja:	05.21
-------	-------

Siguiente:	05.22
------------	-------

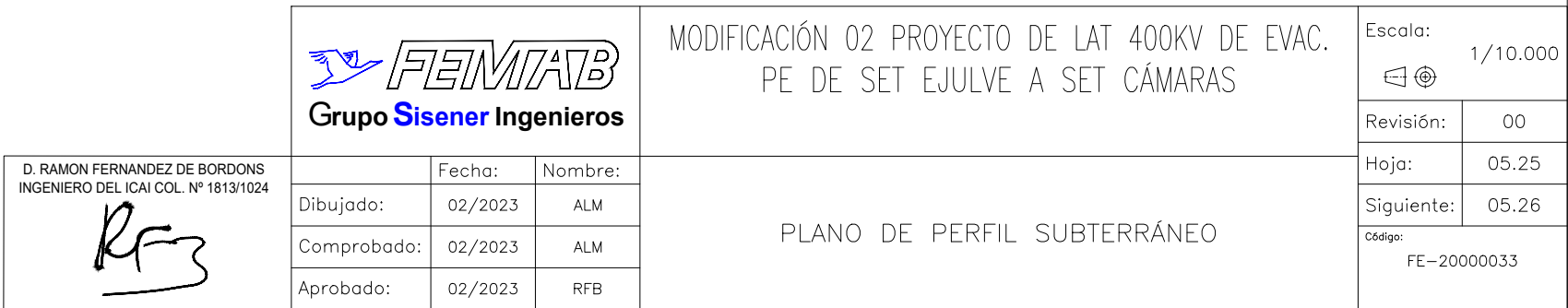
Código:  
FE-20000033





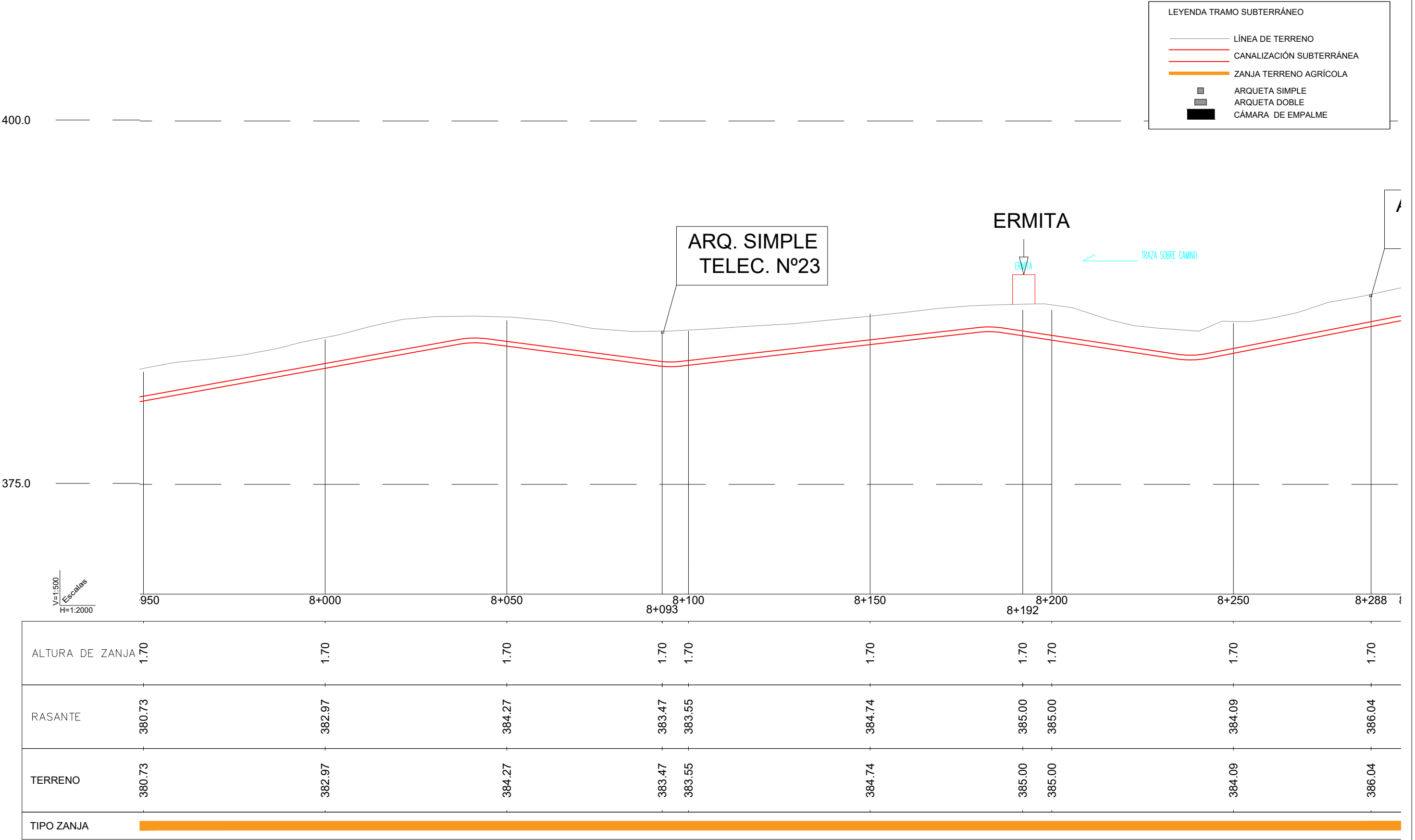












D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAT 400KV DE EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

PLANO DE PERFIL SUBTERRÁNEO

Fecha: 02/2023Nombre: ALM

Comprobado: 02/2023ALM

Aprobado: 02/2023RFB

Escala: 1/10.000

Revisión: 00

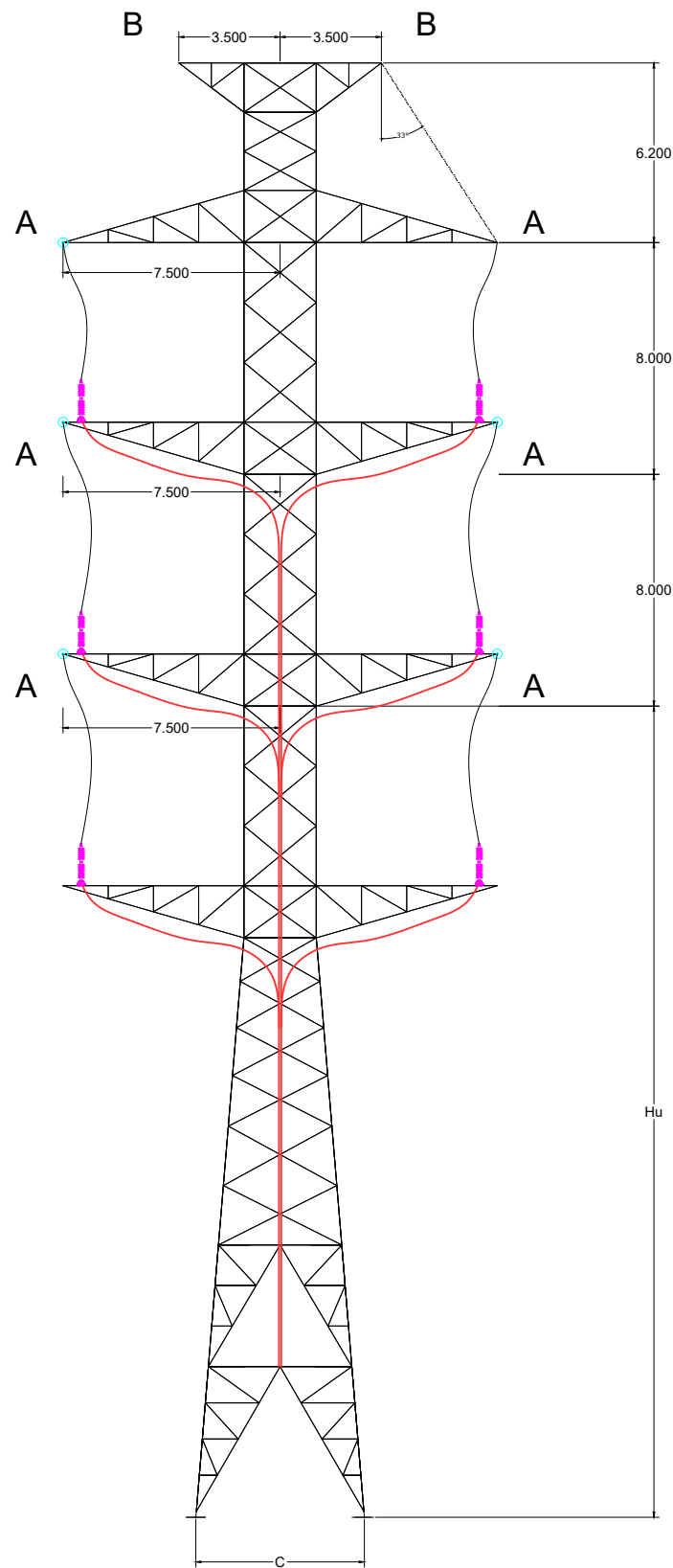
Hoja: 05.27

Siguiente: 05.28

Código: FE-20000033

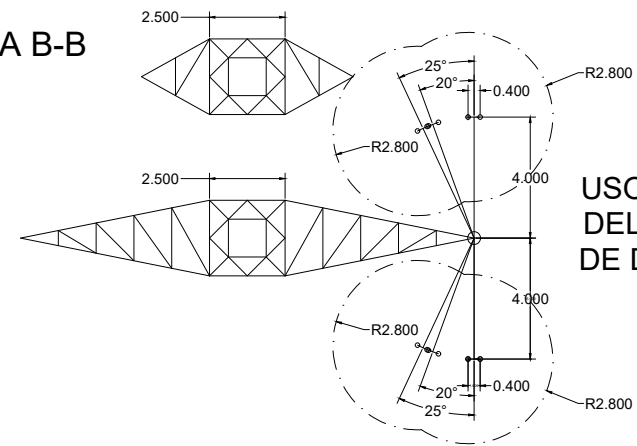






VISTA B-B

VISTA A-A



USO OBLIGATORIO DE CADENA AUXILIAR PARA EL PASO DEL PUENTE DE FASE PARA LOS APOYOS CON ÁNGULO DE DESVÍO MAYOR DE 40°

IME-FL-DC-400		
Denominación Torre	Hu (m)	Separación entre centro de Cimentaciones "C" (m)
IME-FLI-DC-400-15	15	5.294
IME-FLI-DC-400-20	20	6.116
IME-FLI-DC-400-25	25	6.951
IME-FLI-DC-400-30	30	7.810
IME-FLI-DC-400-35	35	8.606
IME-FLI-DC-400-40	40	9.410
IME-FLI-DC-400-45	45	10.227
IME-FLI-DC-400-50	50	11.049
IME-FLI-DC-400-55	55	11.870

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener** Ingenieros

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2022	ALM
Comprobado:	02/2022	ALM
Aprobado:	02/2022	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

APOYO TIPO IME-FL1-DC-PAS-400

Escala:	S/E
Revisión:	00
Hoja:	07
Siguiente:	—
Código:	FE-20000033



NOTAS:

- EL COLOR DE LA ESPIRAL SERÁ NARANJA O BLANCO.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RF3



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: S/E

Revisión: 00

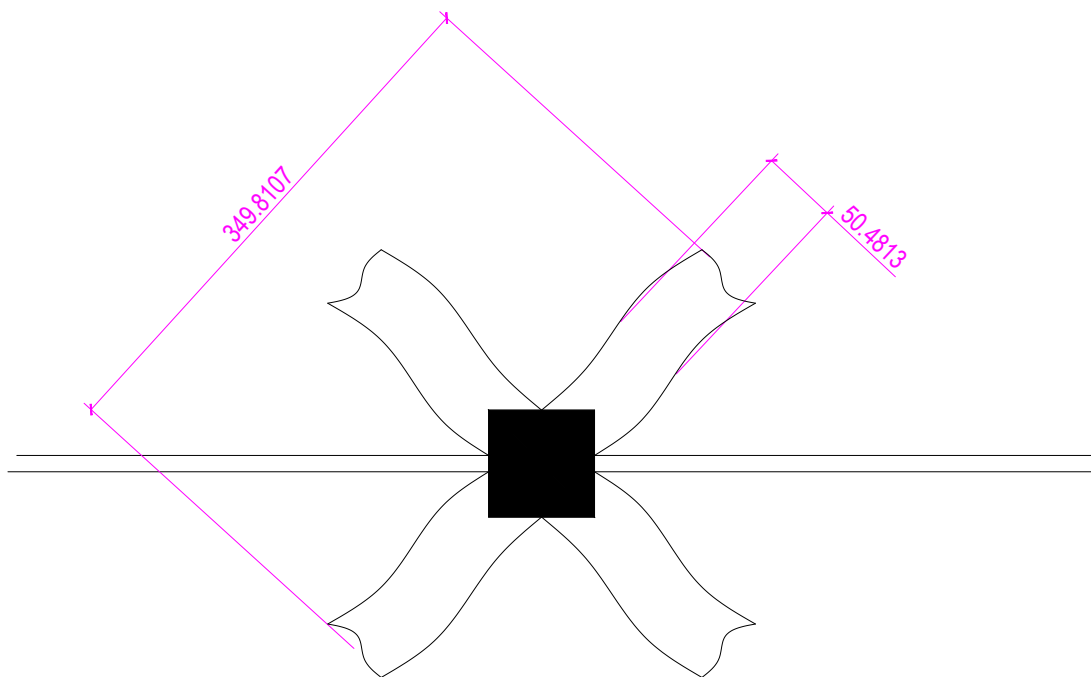
Hoja: 09.01

Siguiente: 09.02

Código: FE-20000033

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2022	BCP
Comprobado:	02/2022	ALM
Aprobado:	02/2022	RFB

DISPOSITIVO SALVAPAJAROS



- TIRAS EN "X" DE NEOPRENO (35cm x 5cm), SUJETAS CON MORDAZA DE ELASTOMERO CON CINTA LUMINISCENTE.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

*RFB*

 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener Ingenieros**

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: S/E

Revisión: 00

Hoja: 09.01

Siguiente: 09.02

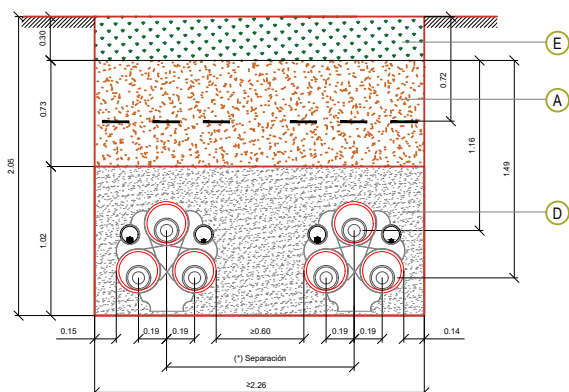
Código:  
FE-20000033

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2022	BCP
Comprobado:	02/2022	ALM
Aprobado:	02/2022	RFB

DISPOSITIVO SALVAPAJAROS



## ENTUBADA HORMIGONADA 2 TERNAS EN TERRENO AGRÍCOLA



## LEYENDA

Marca	Denominación
—	CINTA DE SEÑALIZACIÓN NORMALIZADA
—	PLACA DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN NORMALIZADA
○	TUBO VERDE HDPE CORRUGADO DOBLE CAPA Ø90mm
•	CABLE DE COMUNICACIONES
•	CABLE DE TIERRA CU DESNUDO MIN Ø50mm
⊙	CABLE 132/220/400 KV
⊗	SEPARADORES
○	TUBO ROJO HDPE CORRUGADO DOBLE CAPA Ø250mm

Marca	Denominación
A	MATERIAL PROCEDENTE DE LA EXCAVACIÓN (95%PM)
B	SUELO SELECCIONADO (95%PM)
C	ARENA LAVADA. RESISTIVIDAD TÉRMICA ≤ 1 (K·m/W)
D	HORMIGÓN EN MASA HM-20
E	TIERRA VEGETAL

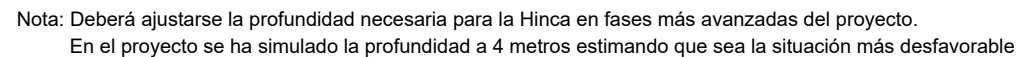
- (\*) PARA PUESTA A TIERRA EN SINGLE POINT. EN CASO DE NO INSTALARSE SINGLE POINT NO SE INSTALARÁ ESTE TUBO NI EL CONDUCTOR DE COBRE.
- (\*\*) REPOSICIÓN DE PAVIMENTO DE ACUERDO A LAS SECCIONES TIPO DEL PROYECTO O SEGÚN PAVIMENTO EXISTENTE.
- (\*\*\*) REPOSICIÓN DEL PAVIMENTO DE ACUERDO A LAS DISPOSICIONES MUNICIPALES Y ORGANISMOS AFECTADOS DEFINIÉNDOSE LAS COTAS "A", "B", "C" Y "D".
- UNIDADES COTAS EN METROS.

## NOTAS:

- EN EL INTERIOR DE CADA TUBO DE LOS CABLES DE POTENCIA O COMUNICACIONES, TENDRÁ CUERDA GUÍA Y SE REALIZARÁ MANDRILADO.
- EL RADIO DE CURVATURA MÍNIMO SERÁ:
  - 20 VECES EL Ø DEL CABLE DURANTE TENDIDO.
  - 15 VECES EL Ø DEL CABLE INSTALADO.
- EN TODAS LAS ARQUETAS, TANTO SENCILLAS COMO DOBLES, LOS TUBOS DE TELECOMUNICACIONES QUEDARÁN EN PASO. CUANDO SEA EstrictAMENTE NECESARIO, LOS TUBOS DE TELECOMUNICACIONES SE PODRÁN CORTAR EN EL INTERIOR DE LAS ARQUETAS, ESTANDO PROHIBIDO SU CORTE EN PUNTOS INTERMEDIOS ENTRE ARQUETAS. EN AQUELLAS ARQUETAS EN LAS QUE SEA NECESARIO REALIZAR EL CORTE DE LOS TUBOS DE TELECOMUNICACIONES SE REALIZARÁ A 30 CM DE LA PARED INTERIOR DE LA ARQUETA Y SE REALIZARÁ SU UNIÓN MEDIANTE LOS CORRESPONDIENTES MANGUITOS O EMPALMES DE UNIÓN NORMALIZADOS QUE SEAN CAPACES DE ASEGURAR SU ESTANQUEIDAD.
- LAS ARQUETAS DE COMUNICACIONES SIEMPRE SE INSTALARÁN JUNTO A LAS CÁMARAS DE EMPALME, NUNCA INDIVIDUALMENTE A LO LARGO DE LA LÍNEA.
- EN TODOS LOS TIPOS DE CONEXIONADO DE PANTALLAS, SE REALIZARÁ LA TRANSPOSICIÓN DE LOS DOS TUBOS DE ACOMPAÑAMIENTO 110 mm POR ENCIMA DEL TUBO DE 250 mm EN UNA LONGITUD DE 6 m EN EL 50% DEL RECORRIDO DE CADA TRAMO ENTRE ACCESORIOS.
- PENDIENTE MÁXIMA DEL 10%, EXCEPCIONALMENTE SE PUEDE INCREMENTAR HASTA EL 20%, Y EN ALGÚN CASO SUPERIORES, USANDO MÓDULOS DE RETENCIÓN EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LAS CÁMARAS DE EMPALME. CADA CASO EXCEPCIONAL DEBERÁ SER ESTUDIADO Y VALIDADO POR FORESTALIA.
- (\*) Separación: DISTANCIA ENTRE CONDUCTORES EJES CENTRALES ENTRE TERNAS. VALORES EN FUNCIÓN DE TIPO DE ZANJA, SECCIÓN CABLE, MATERIAL Y POTENCIA TRANSPORTE EN TABLAS HOJA 2.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB



D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf3



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

CRUZAMIENTO CARRETERA A-223  
HINCA

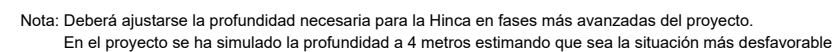
Escala: S/E

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	09.02
-------	-------

Siguiente:	09.03
------------	-------


Código: FE-20000033



RF3



CRUZAMIENTO RÍO MARTÍN  
PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA

Escala:		S/E
		
Revisión:		00
Hoja:		09.03
Siguiente:		—
Código:		
FE-20000033		



NOTAS:

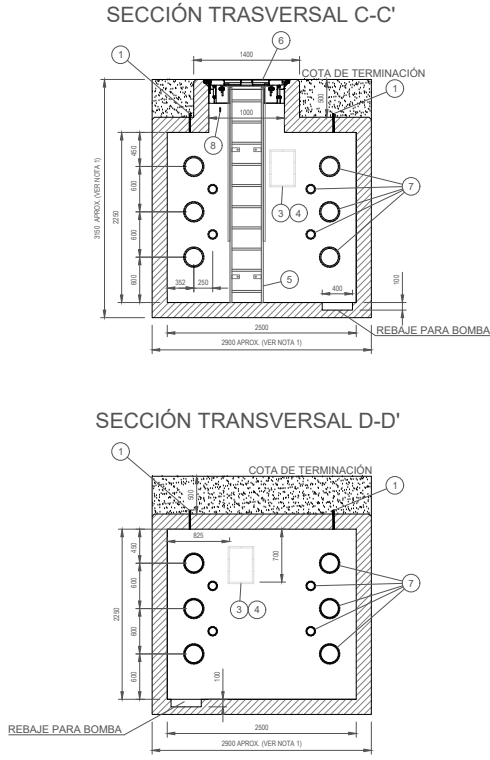
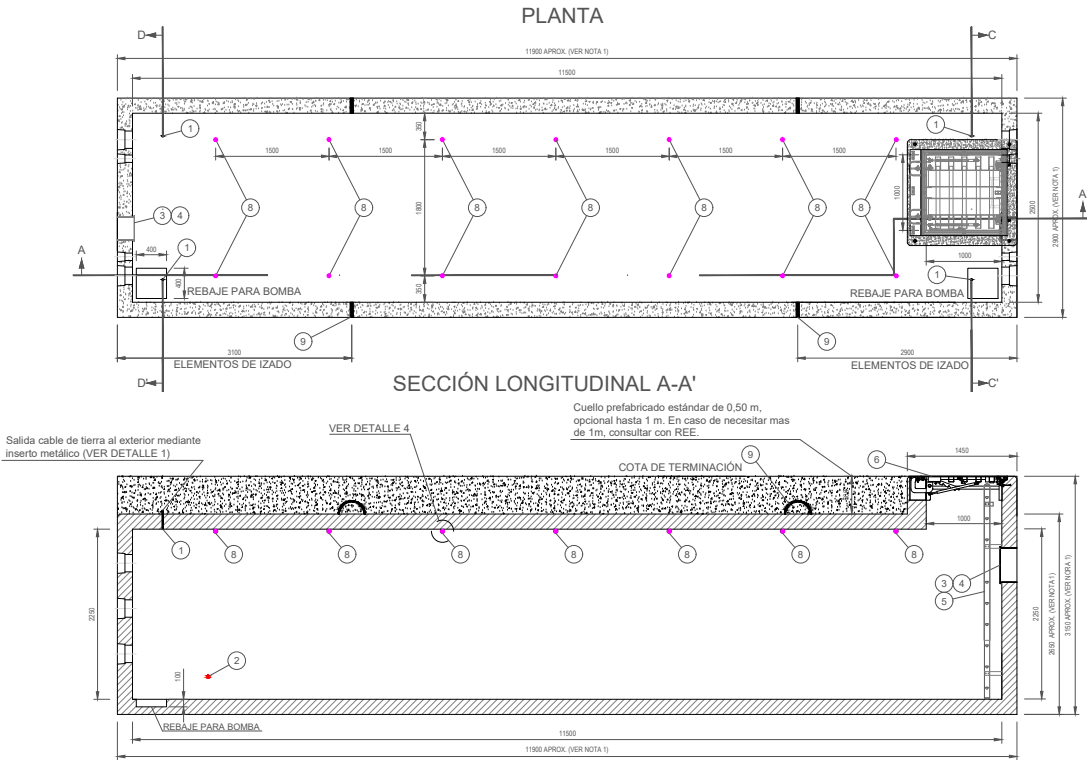
- Las dimensiones exteriores de la cámara se verán modificadas ligeramente en función del fabricante de la misma.
- El suministro y ejecución del sistema equipotencial de tierras interior de la cámara forma parte del alcance de suministro de la cámara. El detalle se muestra en el plano LSC009 (hoja 5 de 5). Se incluye en este alcance los terminales de conexión de la red de tierras exterior con la red de tierras interior. El dimensionamiento de estos terminales será el adecuado para conectar un cable de Cu desnudo de 120mm² (POS.1) y un cable de Cu de 50mm² (POS.2)
- El sistema de puesta a tierra exterior está fuera del alcance de suministro de la cámara de empalmes. Sin embargo, será ejecutado por el contratista de obra civil de acuerdo con el plano LSC014, de tal forma que el anillo equipotencial interior y el anillo exterior de tierras estarán unidos a través de 4 puntos (POS. 1)
- El fabricante de la envolvente será el responsable de garantizar la estanqueidad del conjunto, incluido el cuello (A excepción de la impermeabilización de los pasacables, hueco de ayuda al tendido y arquetas exteriores).
- Ningún punto de la losa superior de la cámara deberá soportar un volumen de tierras con una altura superior a 1 m, sin la aprobación de REE.
- Cotas en mm.

MATERIALES	
Hormigón armado	HA-40 / AC-E2+AC-RB2 / IIIb+Qb (SR)
Acero para armar	B-500 SD
Acero	S-275 JR y AISI-316
Acabado exterior	Pintura impermeabilizante y reparadora (Ambientes agresivos Qb)
Vida útil	50 años
Peso Aprox. en vacío	70.000 Kg (x)

(\*) Puede variar en función del diseño de cada fabricante . Valor aproximado.

LISTADO MATERIALES			
POS.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
1	Inserto doble tierra Ø30 AISI-316 y 2 grapas a compresión (o similar)	4	ud.
2	Inserto de conexión anillo equipotencial interior con armadura (AISI-316)	2	ud.
3	Boca de tendido Cámara de Empalme AISI-316 ( e ≥ 4mm ), tapa con 10 tornillos DIN933 M10x40 ó DIN933 M10x25, arandela plana DIN125 M10 y arandela elástica DIN127 M10	2	ud.
4	Junta de EPDM ( e = 4mm )	2	ud.
5	Escalera vertical extensible ( 4m (cuello de 0.5m) + L < 5m (cuello de 1m) ) aislante ( ≥100kV ) y con herrajes de Inox. AISI-316	1	ud.
6	Tapa estanca 1000x1000 D400, galvanizada en caliente, normalizada por REE	1	ud.
7	Conjunto pasacables doble diámetro ( 3 de Tubo Ø <sub>ext</sub> 250 y 2 de Tubo Ø <sub>ext</sub> 110 )	4	ud.
8	Cáncamo para ayuda de tendido ( tipo DIN 582 ó 580 M12 ) INOX. AISI-316	14	ud.
9	Elementos de izado	≥4	ud.

NOTA: La tornillería utilizada en el montaje de todos los elementos será coherente con el tipo de acero inox. solicitado para todos los elementos metálicos (En este caso A4).



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: 1:10

Revisión: 00

Hoja: 10.01

Siguiente: 10.02

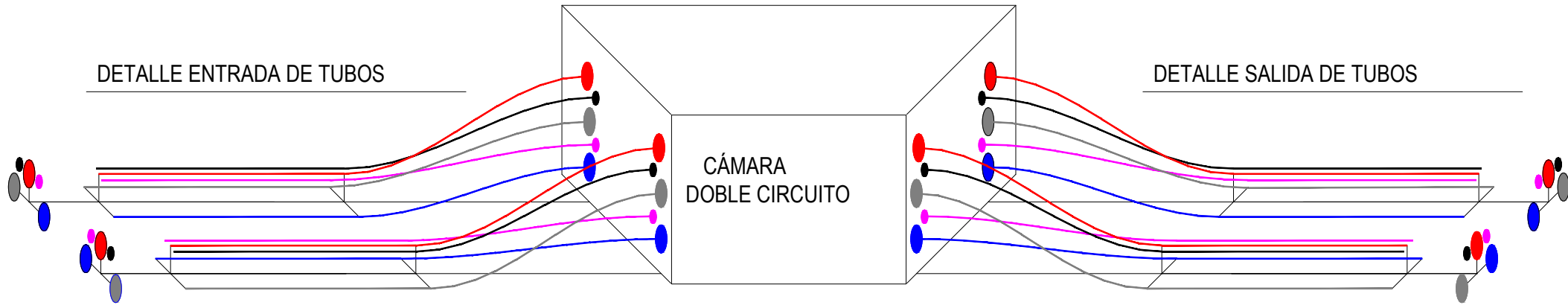
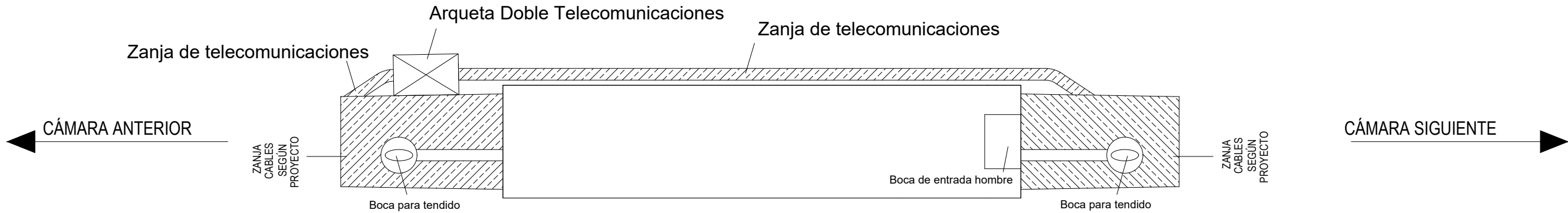
Código: FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. Nº 1813/1024

RFB

Fecha:	Nombre:
Dibujado: 02/2023	ALM
Comprobado: 02/2023	ALM
Aprobado: 02/2023	RFB

CÁMARAS DE EMPALME  
DESCRIPCIÓN



D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

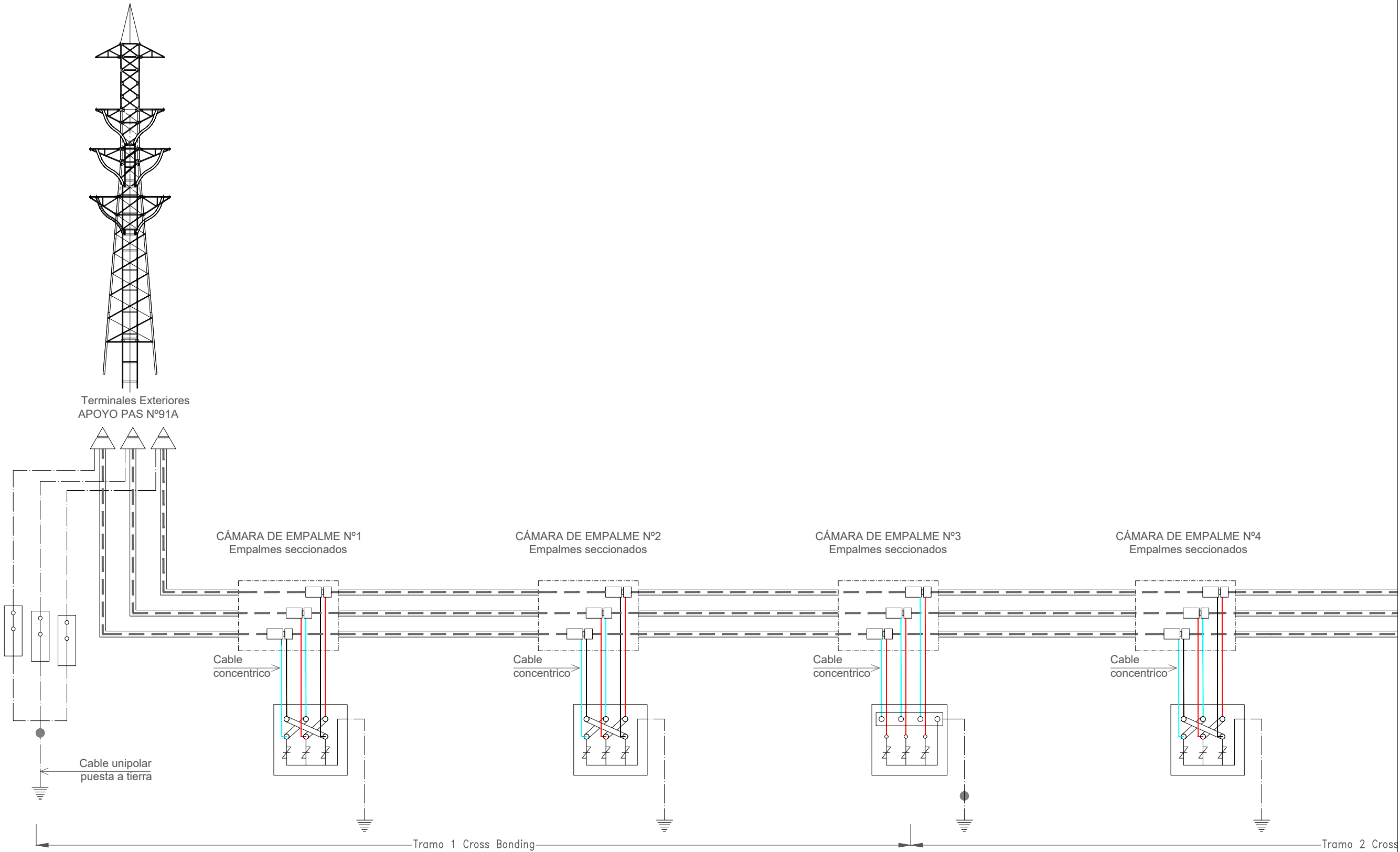


	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

CÁMARAS DE EMPALME  
ENTRADA DE CABLES

Escala:	S/E
Revisión:	00
Hoja:	10.02
Siguiente:	—
Código:	FE-20000033



LEYENDA

	CAJA 3P P.A.T. CON DESCARGADORES		CABLE UNIPOLAR P.A.T.
	CAJA 1P P.A.T. CON P.A.T. DIRECTA		CONDUCTOR.
	TERMINAL EXTERIOR.		CONEXIÓN A TIERRA
			TERMINAL INTERIOR.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

**FEMTAB**  
Grupo **Sisener Ingenieros**

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

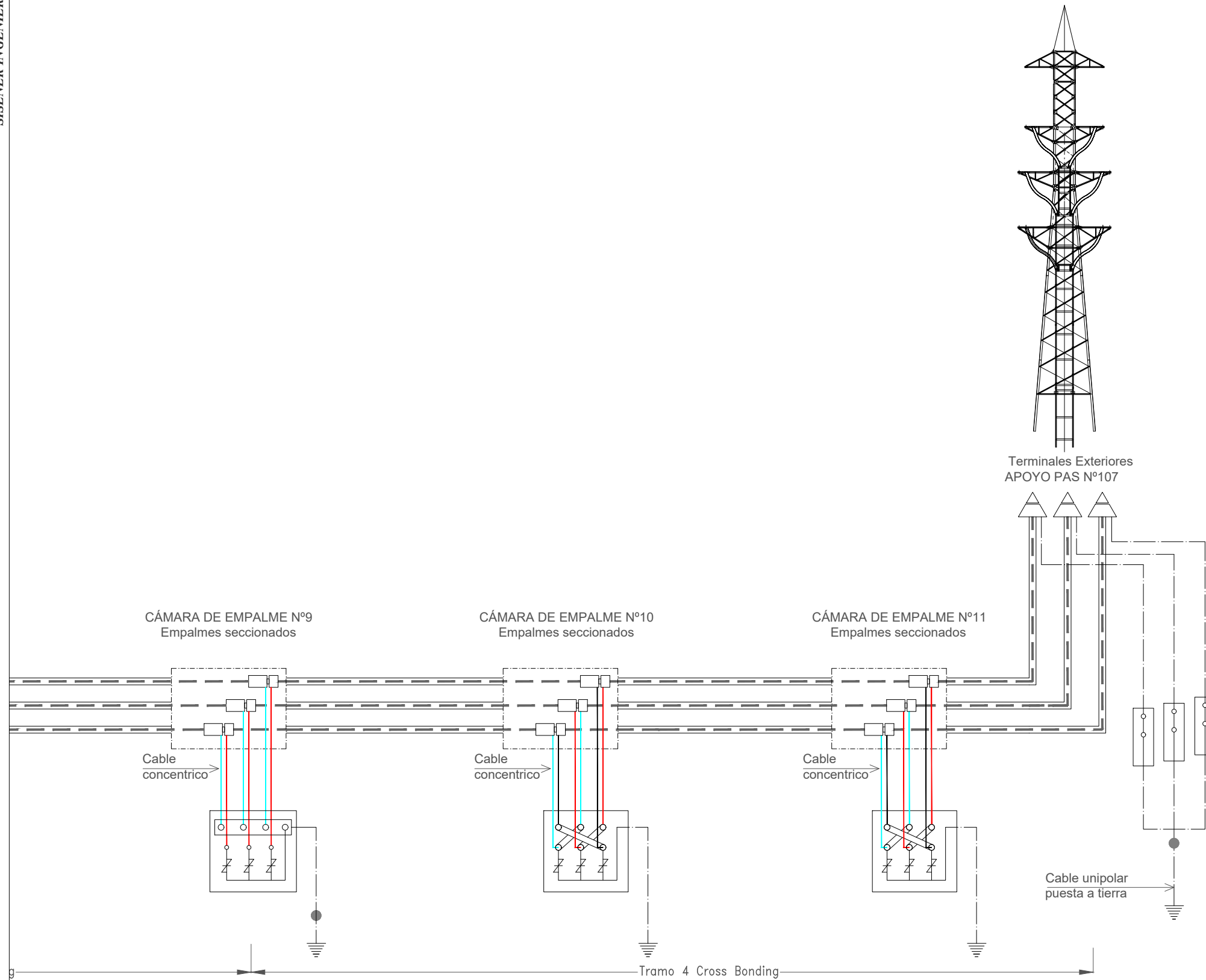
MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

ESQUEMA CONEXIONADO PANTALLAS

Escala:	S/E
Revisión:	00
Hoja:	11.01
Siguiente:	—
Código:	FE-20000033



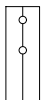




## LEYENDA



CAJA 3P P.A.T. CON  
DESCARGADORES



CAJA 1P P.A.T. CON  
P.A.T. DIRECTA



TERMINAL EXTERIOR.



– CABLE UNIPOLAR P.A.T.



CONDUCTOR.



## CONEXIÓN A TIERRA



TERMINAL INTERIOR.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

Rf-3



**FEMTAB**

Grupo **Sisener** Ingenieros

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	ALM
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

ESQUEMA CONEXIONADO PANTALLAS

Escala:

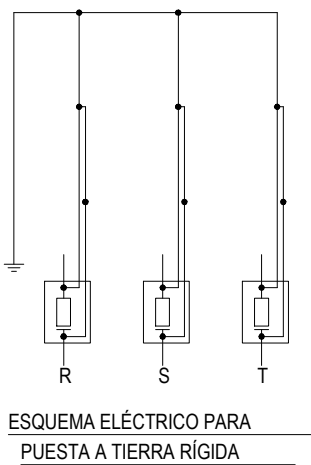
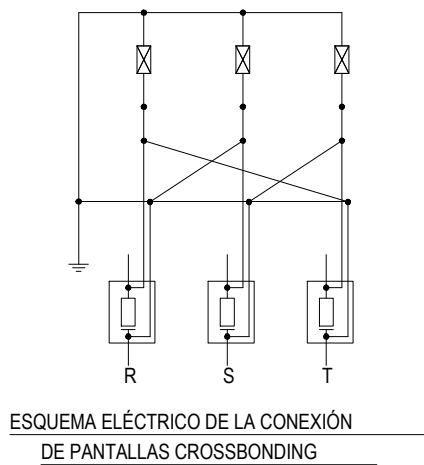
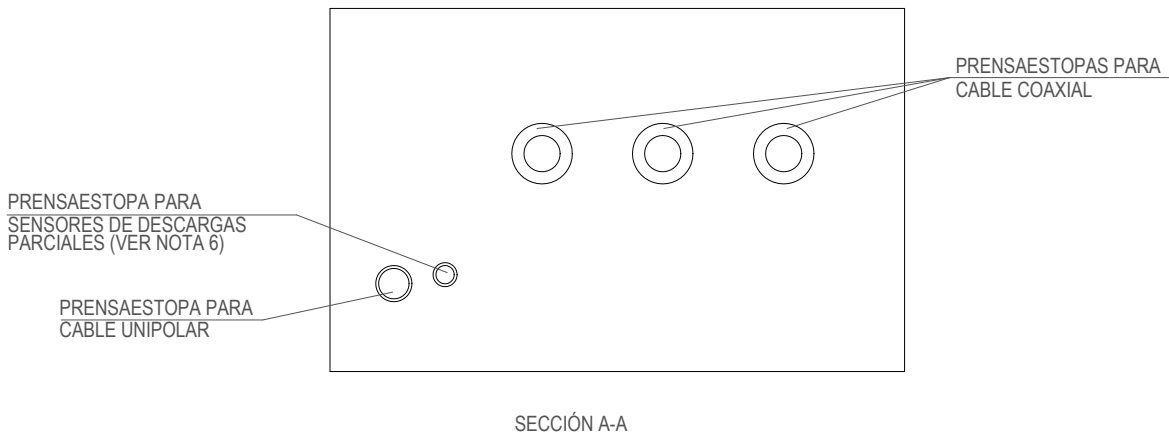
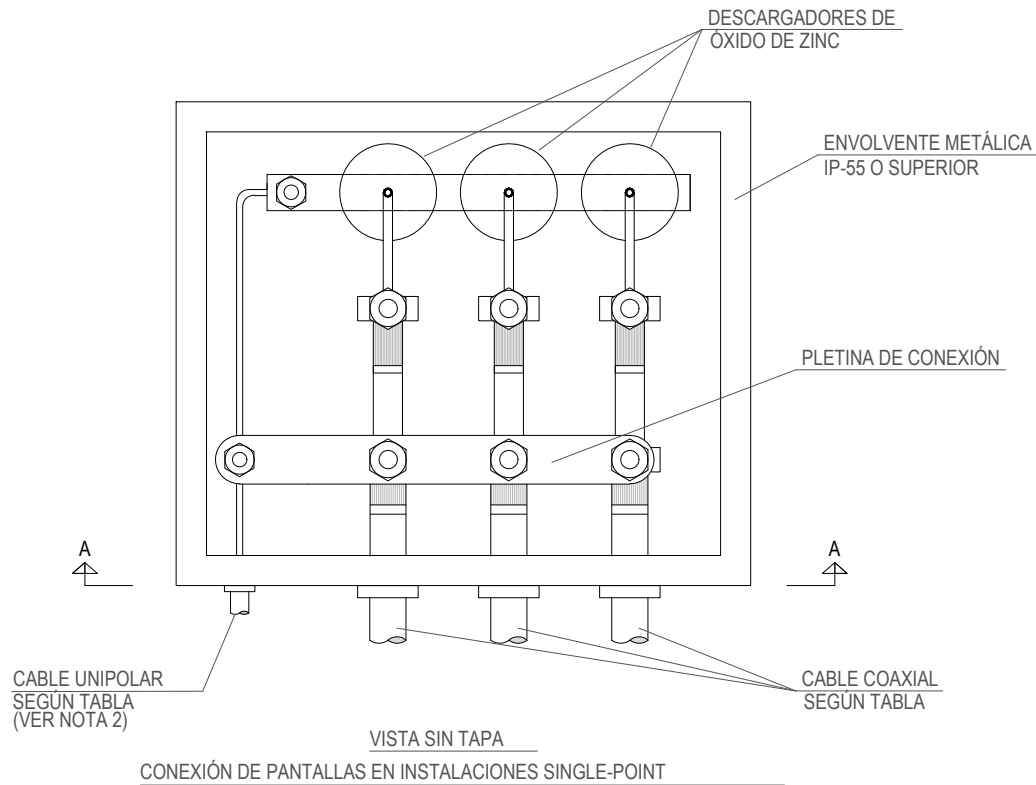
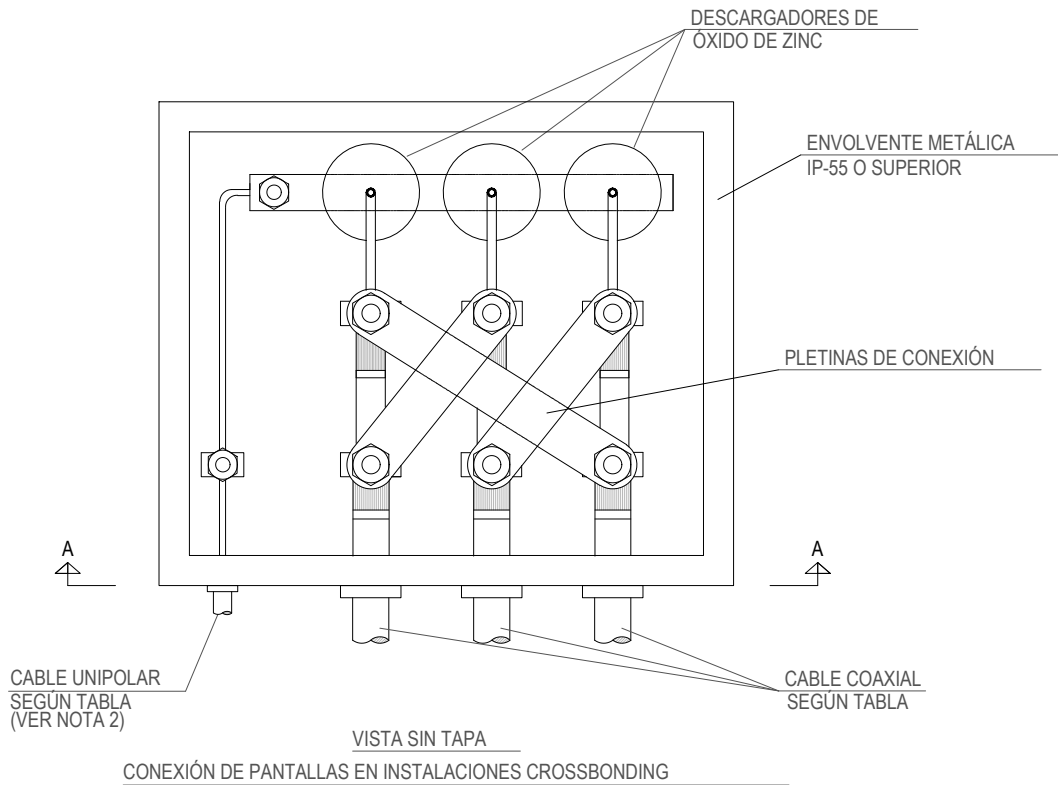
 $\epsilon/\epsilon$ 

Revisión:	00
-----------	----

Hoja:	11.03
-------	-------

Siguiente:	—
------------	---

Código:  
FE-20000033



NOTAS.-

1. CARACTERÍSTICAS DEFINIDAS EN ESPECIFICACIONES DE MATERIALES SEGÚN FABRICANTE
2. SE CONECTARÁ RÍGIDAMENTE AL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA
3. LAS VISTAS REPRESENTADAS SE REFIEREN A CONEXIÓN DE PANTALLAS TIPO CROSSBONDING O SINGLE-POINT
4. MEDIANTE EL CAMBIO DE POSICIÓN DE LAS PLETINAS SE CONFIGURARÁ EL TIPO DE CONEXIÓN NECESARIO SEGÚN EL CASO
5. EN CASO DE PUESTA A TIERRA RÍGIDA DE PANTALLAS SE DEBEN RETIRAR LOS DESCARGADORES.
6. SE EMPLEARÁ ÚNICAMENTE EN CASO DE USO DE SENSORES DE DESCARGAS PARCIALES. EN CASO CONTRARIO DISPONDRÁ DE UN TAPÓN QUE NO LIMITE LA ESTANQUEIDAD PROPORCIONADA POR LA CAJA.
7. LA TAPA SE MARCARÁ CON EL SÍMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO Y EL LOGOTIPO CORPORATIVO CORRESPONDIENTE.
8. LA TAPA DISPONDRÁ DE CERRADURA CON IDENTIFICACIÓN.
9. EN CASO DE PUESTA A TIERRA EN DOBLE SINGLE POINT SE INSTALARÁ UNA CAJA DE DESCARGADORES EN AMBOS EXTREMOS.



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Dibujado:	02/2023	Nombre:	BCP
Comprobado:	02/2023		ALM
Aprobado:	02/2023		RFB

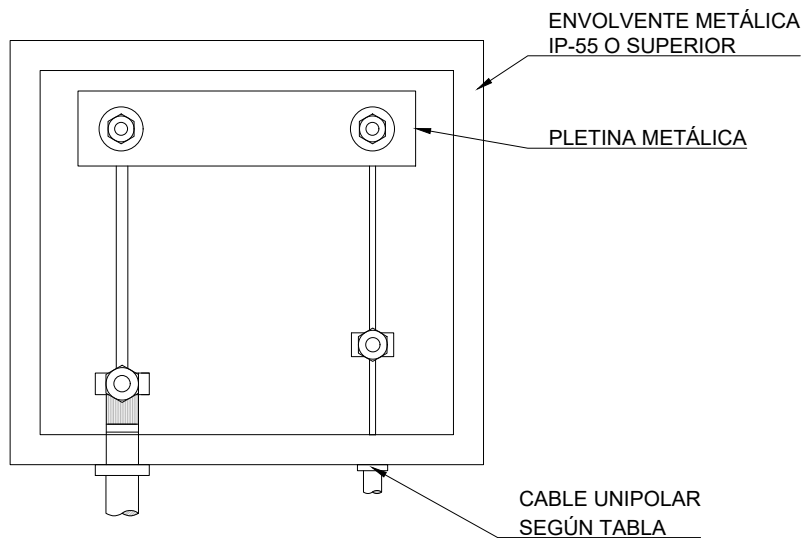
CAJA TRIPOLAR PARA PUESTA A TIERRA  
DE PANTALLAS

Escala:	S/E
Revisión:	00
Hoja:	12.01
Siiguiente:	—
Código:	FE-20000033

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB





VISTA SIN TAPA

NOTAS:

1. CARACTERÍSTICAS DEFINIDAS EN ESPECIFICACIONES DE MATERIALES SEGÚN FABRICANTE.
2. LA TAPA SE MARCARÁ CON EL SÍMBOLO DE RIESGO ELÉCTRICO Y EL LOGOTIPO CORPORATIVO DEL PROPIETARIO.
3. LA TAPA DISPONDRÁ DE CERRADURA.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

Escala: S/E

Revisión: 00

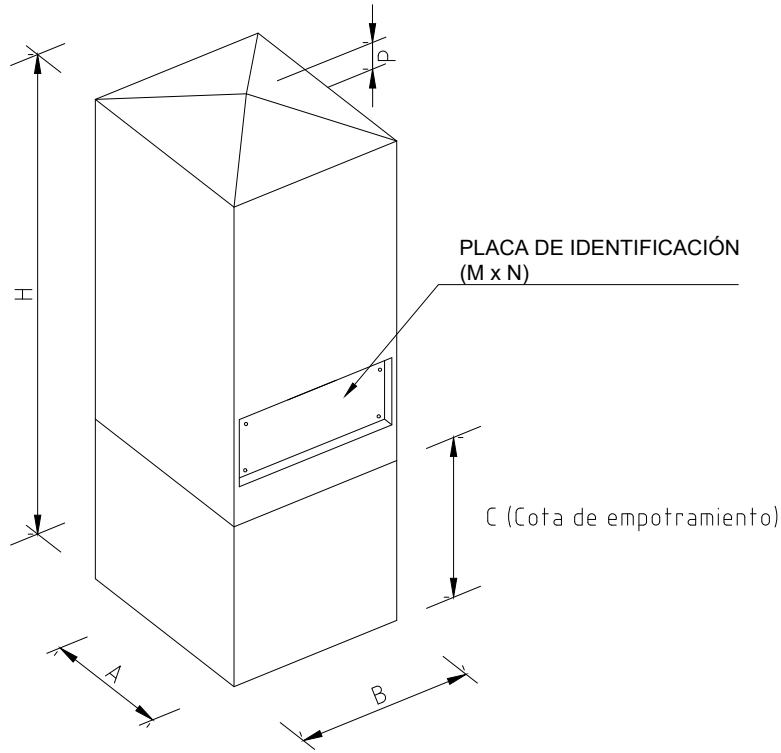
Hoja: 13.01

Siguiente: -

Código: FE-20000033

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	BCP
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

CAJA UNIPOLAR PARA PUESTA A TIERRA  
DE PANTALLAS



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

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB



MODIFICACIÓN 02 PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVAC.  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS  
ZARAGOZA

Escala: S/E



Revisión: 00

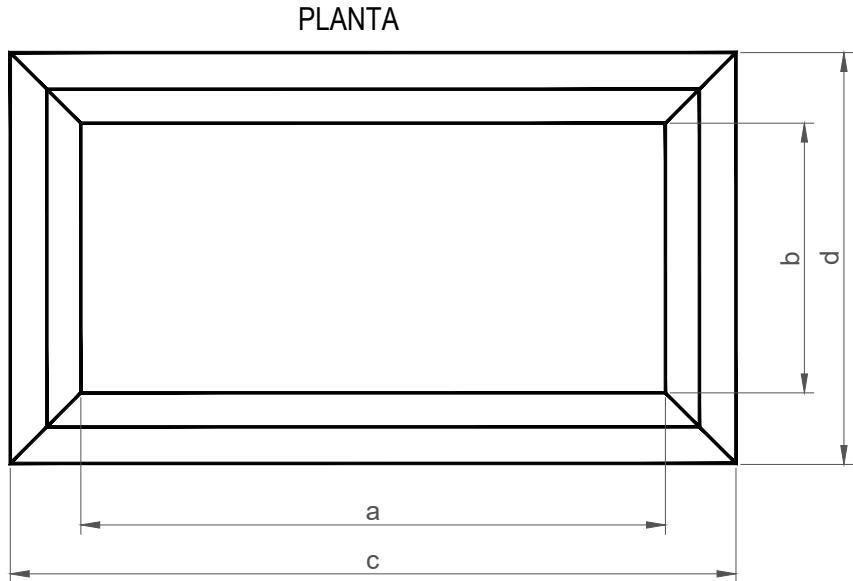
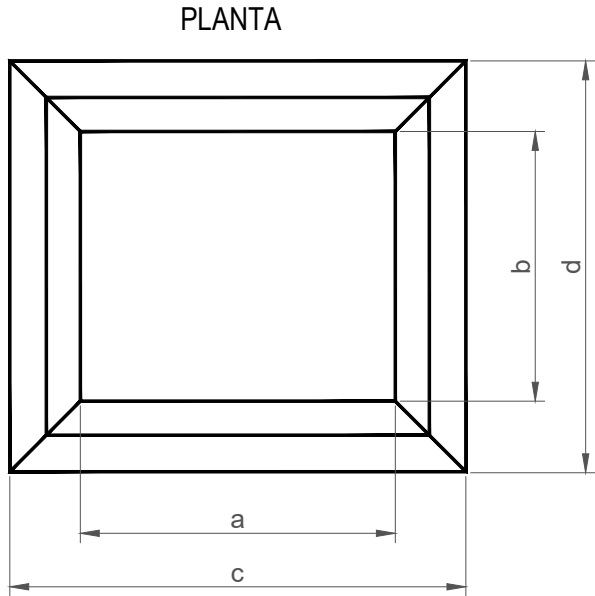
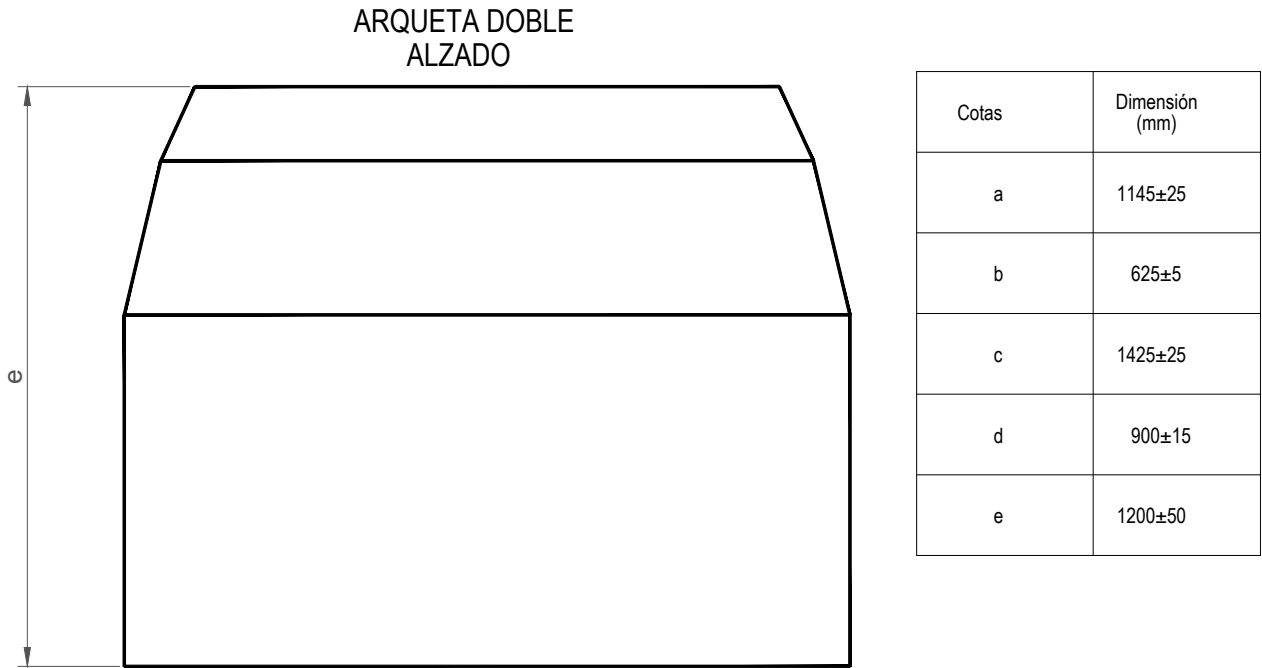
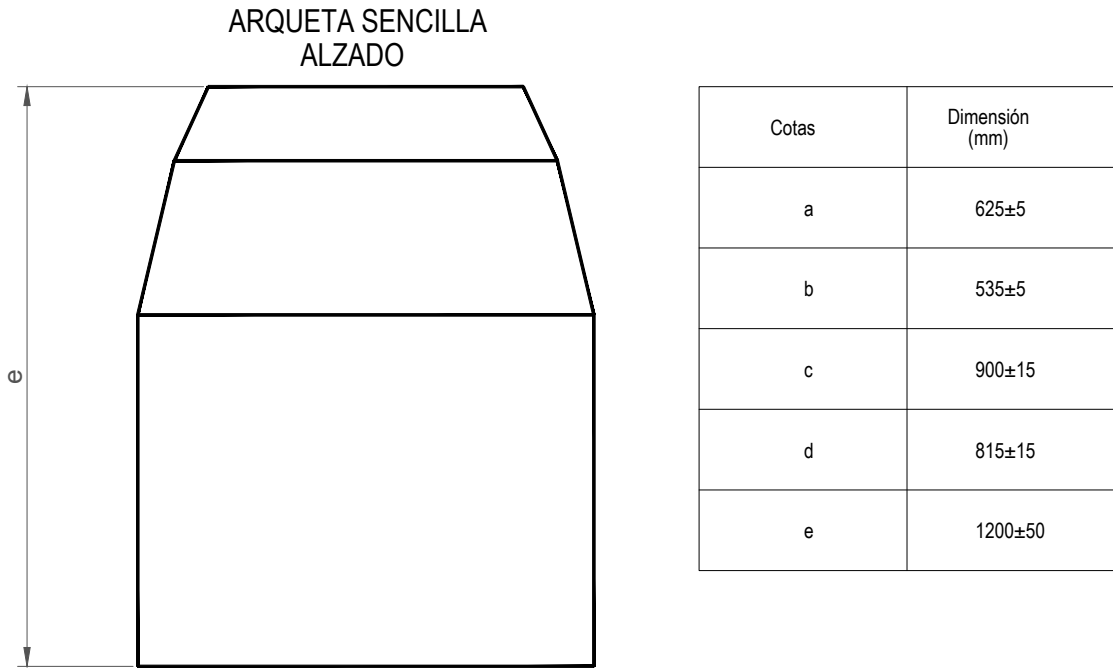
Hoja: 14.01

Siguiente: -

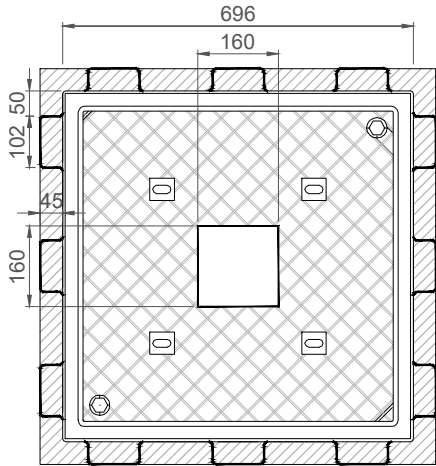
Código: FE-20000033

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	BCP
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

HITOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN  
PARA SEÑALIZACIÓN



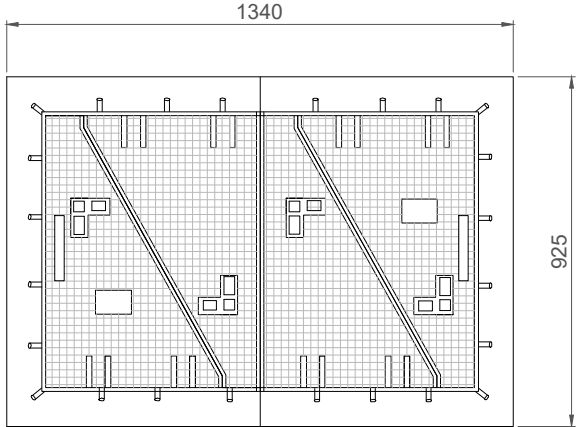
DETALLE MARCO/TAPA:M2/T2 Ó M2C/T2C



ACERA

CRITERIO INSTALACIÓN ARQUETAS SENCILLAS DE TELECOMUNICACIONES	
Distancia (m) entre arqueta doble de telecomunicaciones	Nº Arquetas sencillas
≤ 250	0
250<X≤500	1
500<X≤750	2
750<X≤1000	3

DETALLE MARCO/TAPA



- NOTA:
- Empleo de la arqueta como "ENCOFRADO PERDIDO" relleno sus laterales tanto paredes como solera con hormigón HM-20/B/14/I de 20cm de espesor mínimo. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo de la arqueta hasta recoger el cerco de la tapa.
  - Se instalará una arqueta doble de telecomunicaciones en cada cámara de empalme y en los puntos singulares del trazado según definición del proyectista de la instalación.
  - Las arquetas sencillas de telecomunicaciones se instalarán entre arqueta doble de telecomunicaciones según tabla adjunta.

D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
INGENIERO DEL ICAI COL. N° 1813/1024

RFB

 **FEMTAB**  
Grupo **Sisener Ingenieros**

	Fecha:	Nombre:
Dibujado:	02/2023	BCP
Comprobado:	02/2023	ALM
Aprobado:	02/2023	RFB

MODIFICACIÓN PROYECTO DE LAAT 400KV DC EVACUACIÓN  
PE DE SET EJULVE A SET CÁMARAS

ARQUETA DE TELECOMUNICACIONES TIPO

Escala:		S/E
Revisión:	00	
Hoja:	15.01	
Siguiente:	—	
Código:	FE-20000033	



#### **4. PRESUPUESTO**

#### 4.1. Presupuesto General

Para la realización del Presupuesto se ha tenido en cuenta únicamente **el tendido de un solo circuito**, junto con el resto de elementos y aparamenta que suponen su instalación.

A continuación se describe el presupuesto de la Modificación 02 del proyecto.

##### 4.1.1. Suministro equipos tramos aéreos

DESCRIPCION	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>APOYOS</b>			
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	4	27,182.12	108,728.48
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 33 METROS	1	35,336.76	35,336.76
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 30 METROS EQUI-PASO PARA PAS	1	35,336.76	35,336.76
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS EQUI-PASO PARA PAS	1	30,036.24	30,036.24
APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO IME-AN2-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	3	29,796.02	89,388.06
APOYO METÁLICO DE CELOSÍA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS	1	30,240.49	30,240.49
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	11	1.37	15.07
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. TENDIDO DE LÍNEA LA 455 (CONDOR)	19617.2	4.27	83,765.44
M. TENDIDO CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW 24 FIBRAS	3436.2	6.06	20,823.37
<b>AISLADORES, HERRAJES, PUESTAS A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
CADENA DE SUSPENSIÓN LA-455 DUPLEX 400KV	21	591.37	12,418.77
CADENA DE AMARRE CON GRAPA LA-455 DUPLEX 400KV	30	1,137.59	34,127.70
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	5	65.13	325.65
CONJUNTO DE AMARRE CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	6	138.46	830.76
CAJA DE EMPALME CABLE FIBRA OPTICA (OPGW-24)	2	510.86	1,021.72
MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS PARA CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW-24	1	30.00	30.00
ANTIVIBRADOR STOCKBRIDGE	45	30.12	1,355.40
UD. SALVAPAJAROS ESPIRAL 1x0,3METROS	388	5.52	2,141.76
UD. SALVAPAJAROS NEOPRENO	777	10.83	8,414.91
PUESTA A TIERRA DOBLE PARA APOYO CELOSIA 4 MACIZOS	11	96.23	1,058.53
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>495,395.87</b>

#### 4.1.2. Montaje equipos tramos aéreos

DESCRIPCION	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>APOYOS</b>			
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	4	16,093.77	64,375.08
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-SUS-DC-400 DE ALTURA 33 METROS	1	20,921.90	20,921.90
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 30 METROS EQUIPADO PARA PAS	1	20,921.90	20,921.90
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS EQUIPADO PARA PAS	1	17,783.62	17,783.62
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-AN2-DC-400 DE ALTURA 30 METROS	3	17,203.34	51,610.02
APOYO METÁLICO DE CELOSIA TIPO IME-FL1-DC-400 DE ALTURA 25 METROS	1	17,442.04	17,442.04
SEÑAL TRIANGULAR DE RIESGO ELÉCTRICO GT-21	11	5.26	57.86
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. TENDIDO DE LÍNEA LA 455 (CONDOR)	19617.2	4.00	78,468.80
M. TENDIDO CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW 24 FIBRAS	3436.2	1.55	5,326.11
<b> AISLADORES, HERRAJES, PUESTAS A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
CADENA DE SUSPENSIÓN LA-455 DUPLEX 400KV	21	354.82	7,451.26
CADENA DE AMARRE CON GRAPA LA-455 DUPLEX 400KV	30	682.55	20,476.62
CONJUNTO DE SUSPENSIÓN CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	5	39.08	195.40
CONJUNTO DE AMARRE CABLE DE FIBRA ÓPTICA OPGW 24	6	83.08	498.48
CAJA DE EMPALME CABLE FIBRA OPTICA (OPGW-24)	2	828.55	1,657.10
MEDIDAS REFLECTOMÉTRICAS PARA CABLE FIBRA ÓPTICA OPGW-24	1	910.00	910.00
ANTIVIBRADOR STOCKBRIDGE	45	19.55	879.75
UD. SALVAPAJAROS ESPIRAL 1x0,3METROS	388	11.46	4,446.48
UD. SALVAPAJAROS NEOPRENO	777	11.46	8,904.42
PUESTA A TIERRA DOBLE PARA APOYO CELOSIA 4 MACIZOS	11	89.18	980.98
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>323,307.82</b>



#### 4.1.3. Suministro equipos tramo subterráneo

DESCRIPCION	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. CABLE RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T480AL	25946.9	87.54	2,271,391.63
M. MANGUERA OSGZ1-48/0 o SIMILAR SUBTERRÁNEO PARA COMUNICACIONES	8982.3	15.45	138,776.54
M. CABLE ROZ1(S)0,6/4 KV 2X185 MM <sup>2</sup> CU	2000	4.55	9,100.00
<b>PUESTA A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
TERMINAL POLIMERICO 400KV	6	7,990.00	47,940.00
EMPALME CABLE UNIPOLAR RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T4480AL	33	5,960.00	196,680.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CON DESCARGADORES Y TRANSPOSICIÓN DE PANTALLAS	8	7,679.00	61,432.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA CON DESCARGADORES	3	2,564.00	7,692.00
CAJA UNIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA	6	1,655.00	9,930.00
PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE EMPALME	11	1,200.00	13,200.00
EMPALME CABLE DE FIBRA ÓPTICA	36	1,286.27	46,305.72
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>2,802,447.88</b>

#### 4.1.4. Montaje equipos tramo subterráneo

DESCRIPCION	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>CONDUCTORES Y CABLES</b>			
M. CABLE RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T480AL	25946.9	68.95	1,789,038.76
M. MANGUERA OSGZ1-48/0 o SIMILAR SUBTERRÁNEO PARA COMUNICACIONES	8982.3	9.27	83,265.92
M. CABLE ROZ1(S)0,6/4 KV 2X185 MM <sup>2</sup> CU	2000	2.73	5,460.00
<b>PUESTA A TIERRA Y ACCESORIOS</b>			
TERMINAL POLIMERICO 400KV	6	6,392.00	38,352.00
EMPALME CABLE UNIPOLAR RHZ1-RA+2OL(AS) 230/400KV 1X630KAL + T4480AL	33	4,768.00	157,344.00
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS CON DESCARGADORES Y TRANSPOSICIÓN DE PANTALLAS	8	6,143.20	49,145.60
CAJA TRIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA CON DESCARGADORES	3	2,051.20	6,153.60
CAJA UNIPOLAR DE PUESTA A TIERRA DIRECTA	6	1,324.00	7,944.00
PUESTA A TIERRA PARA CÁMARA DE EMPALME	11	960.00	10,560.00
EMPALME CABLE DE FIBRA ÓPTICA	36	1,029.02	37,044.58
<b>TOTAL EQUIPOS ELÉCTRICOS</b>			<b>2,184,308.45</b>

#### 4.1.5. Ejecución material de la obra

DESCRIPCION	UDS.	UNITARIO	TOTAL
<b>TRAMO AÉREO</b>			
M³ EXCAVACION CIMENTACION EN TODO TIPO DE TERRENO	684	96.41	65,944.44
M³ EXCAVACION EXPLANACION ACCESOS EN TODO TIPO DE TERRENO	136	96.41	13,111.76
M³ HORMIGON H-200 CIMENTACION APOYO	724	176.85	128,039.40
<b>TRAMO SUBTERRÁNEO</b>			
M.EJECUCIÓN DE ZANJA DE 1,70X1,88 SEGÚN PLANO Y POSTERIOR RELLENADO Y COMPACTADO	8482.3	45.26	383,908.90
M. PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA	150	880.00	132,000.00
M. HINCA	300	783.45	235,035.00
M³ . HORMIGÓN H-20 CIMENTACIÓN CANALIZACIÓN	13554.7154	63.95	866,824.05
M² . ROTURA Y REPOSICIÓN DE CALZADA DE HORMIGÓN ASFÁLTICO SOBRE FIRME DE HORMIGÓN PASO POR CALZADA	200	73.50	14,700.00
SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CÁMARA DE EMPALME DC.	11	78,000.00	858,000.00
ARQUETA HOMIGON 4,00x4,00 IN SITU	2	600.00	1,200.00
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN ARQUETA MODULAR PREFABRICADA DE FIBRA EN PE O PP (DOBLE)	12	1,200.00	14,400.00
SUMINISTRO Y EJECUCIÓN ARQUETA MODULAR PREFABRICADA DE FIBRA EN PE O PP (SIMPLE)	24	700.00	16,800.00
HITO SEÑALIZACIÓN	500	34.00	17,000.00
<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>2,746,963.55</b>



#### 4.1.6. Resumen presupuesto Modificación 02

SUMINISTRO MATERIALES AÉREOS	495,395.87
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	323,307.82
SUMINISTRO MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,802,447.88
MONTAJE MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,184,308.45
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	2,746,963.55
<b>TOTAL PRESUPUESTO MODIFICACIÓN 02</b>	<b>8,552,423.57</b>

#### 4.2. Resumen del presupuesto Modificación 01

A continuación se resume el presupuesto de la Modificación 01 del proyecto LAT 400kV DC de SET Ejulve a SET Cámaras:

SUMINISTRO MATERIALES AEREOS	4,381,895.38
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	2,893,939.64
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	704,685.61
<b>TOTAL PRESUPUESTO MODIFICACIÓN 01</b>	<b>7,980,520.63</b>

#### 4.3. Resumen del presupuesto tramos eliminados en Modificación 02

A continuación se resume el presupuesto de los tramos de la Modificación 01 que se modifican en la Modificación 02:

SUMINISTRO MATERIALES AEREOS	1,229,016.56
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	825,276.83
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	173,148.07
<b>TOTAL PRESUPUESTO TRAMOS ELIMINADOS EN MOD 02</b>	<b>2,227,441.46</b>

#### 4.4. Resumen del presupuestos instalación proyectada

A continuación se resume el presupuesto total de la línea incluyendo la modificación 02:

SUMINISTRO MATERIALES AÉREOS	3,655,491.94
MONTAJE MATERIALES AÉREOS	2,398,546.33
SUMINISTRO MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,802,447.88
MONTAJE MATERIALES SUBTERRÁNEOS	2,184,308.45
EJECUCIÓN MATERIAL DE LA OBRA	3,278,501.09
<b>TOTAL PRESUPUESTO MODIFICACIÓN 02</b>	<b>14,319,295.69</b>

ASCIENDE EL PRESUPUESTO A CATORCE MILLONES TRESCIENTOS DIECI-  
NUEVE MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS CON SESENTA Y NUEVE  
CENTIMOS.

Madrid, Febrero de 2023



EL INGENIERO INDUSTRIAL  
D. RAMON FERNANDEZ DE BORDONS  
COLEGIADO DE ICAI Nº 1813/1024