

SEPARATA DE PROYECTO

de líneas aéreas de 30 kV, denominado:

Proyecto de línea aérea a 30 kV doble circuito “Gamarra-Alsasua 1 y 2” por
desmontaje de las líneas aéreas a 30 kV simple circuito “Gamarra-Alsasua 1” entre
los apoyos nº 285 y nº 307 y “Gamarra – Alsasua 2” entre lo apoyos nº 162 y nº 307

Términos municipales de Alegria-Dulantzi, Agurain-Salvatierra e Iruraiz-Gauna
Provincia de Álava

OBRA Nº: 100654161

MEMORIA Y PLANOS

**DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURAS VIARIAS Y MOVILIDAD**

Bilbao, octubre de 2022

DOCUMENTOS

- 1. MEMORIA**
- 2. PLANOS**

1. MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. GENERALIDADES

IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. está llevando a cabo mejoras en el servicio de energía eléctrica de la zona, por ello presenta el proyecto de línea aérea a 30 kV doble circuito "GAMARRA-ALSASUA 1 Y 2" por desmontaje de las líneas aéreas a 30 kV simple circuito "GAMARRA-ALSASUA 1" entre los apoyos nº 285 y nº 307 actuales y "GAMARRA-ALSASUA 2" entre los apoyos nº 162 y nº 307 actuales, en los términos municipales de Alegria-Dulantzi, Salvatierra-Agurain e Iruraz-Gauna. Territorio Histórico de ARABA.

Por este motivo, se proyecta la instalación de 20 apoyos donde se realizará tendido de la línea a 30KV D/C "GAMARRA-ALSASUA 1 Y 2" con conductor LA-175.

El presente proyecto, está redactado de acuerdo con los Reglamentos Vigentes sobre la materia, debiendo reunir además unas condiciones técnicas que faciliten las labores futuras de conservación, vigilancia y reparación, limitando al máximo estas últimas y reduciendo al mínimo el posible impacto ambiental.

Con el objeto de cumplir con los preceptos establecidos en la Ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico, es por lo que se propone desde este proyecto la ampliación y adecuación de la red a las necesidades actuales y futuras, teniendo en cuenta el Título VII de la citada Ley.

A efectos de la **Autorización Administrativa y Aprobación del Proyecto de Ejecución**, las obras a que se refiere este proyecto se someterán a lo dispuesto en el decreto del Gobierno Vasco 282/2002, de 3 de Diciembre de 2002, publicado en el B.O.P.V. de 23 de Diciembre de 2002.

1.2. EMPLAZAMIENTO Y TITULARIDAD

Tal y como se define en el Plano de Situación adjunto a este proyecto, las actuaciones se enmarcan en el término/municipal de **ALEGRIA/DULANTZI**, próximo al polígono Gaizar en el término/municipal de **AGURAIN/SALVATIERRA** y los concejos de Ezkeretxoa y Gazeo en el término municipal de **IRURAIZ-GAUNA**.

El titular de la línea y promotor es **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.**:

Domicilio social: Bilbao, Av. San Adrián, 48.

Reg. Merc. de Vizcaya. t. 5081; l. 0; f. 224; h.: B1-27057; inscr. 209,

CIF: A-95075578

1.3. TENSIÓN DE SUMINISTRO

La tensión nominal de suministro de la línea objeto del presente proyecto es de **30 KV**, por lo que se trata de una línea de 3ª categoría.

1.4. COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

La compañía suministradora y distribuidora de energía será **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.**

1.5. REGLAMENTACIÓN

En la confección de este proyecto se han tenido en cuenta todas las especificaciones relativas a líneas eléctricas contenidas en los Reglamentos que se citan a continuación:

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobadas por Real Decreto 223/2008, de 15 de Febrero.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico y normas de desarrollo que le sean de aplicación.
- Real decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Resolución de 8 de marzo de 2011, del Director de Energía y Minas, por la que se establecen las prescripciones específicas para el paso de líneas eléctricas aéreas de alta tensión por zonas de arbolado.
- Ley 31/1995 de 5 de Noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales y Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción.

Además se han aplicado las normas IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. que existan, y en su defecto las normas UNE, EN y documentos de Armonización HD. Se tendrán en cuenta las Ordenanzas Municipales y los condicionados impuestos por los Organismos públicos afectados.

Los elementos constructivos de la modificación de línea aérea 30kV Doble Circuito proyectada, así como lo referente a los cálculos de todos ellos, se ajustarán a lo especificado en el proyecto tipo de IBERDROLA DISTRIBUCION S.A.U., **MT 2.21.54 "Proyecto tipo línea aérea de 30 KV Doble circuito con conductor LA/LARL-175 y apoyos metálicos de celosía" (Edición 03)**, aprobado por la Administración General de Estado a fecha Febrero 2014.

1.6. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA AÉREA

1.6.1 Descripción del trazado de la línea aérea

Se proyecta la sustitución de los apoyos actuales nº 160, 284, 159, 158, 157, 156, 155, 153, 152, 151, 150, 149, 148, 147, 146, 145, 144, 142, 141, 140, 139 y 138 de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1" y nº 161, 160, 159, 158, 157, 156, 290, 153, 152, 151, 150, 149, 148, 147, 146, 145, 144, 142, 141, 140, 139 y 138 de la línea aérea "GAMARRA-ALSASUA 2" en pórtico de 2 postes de hormigón y celosía a desmontar por nuevos apoyos metálicos de celosía de doble circuito de mayor esfuerzo y denominados Nº 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 y 20.

Se proyecta el desmontaje del tramo de las líneas aéreas a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1" entre los apoyos nº 285 y nº 307 existentes y "GAMARRA-ALSASUA 2" entre los apoyos nº 162 y nº 307 existentes. Longitud del tramo a desmontar 4.079,79 metros.

Se rebatirá, regulará y engrapará el cableado aéreo existente tipo LA-180 desde el apoyo existente nº 285 hasta el nuevo apoyo hasta el nuevo apoyo **Nº 1** metálico de celosía proyectado de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1". La longitud del tramo a rebatir con conductor LA-180 será de 92 metros.

Asimismo se rebatirá, regulará y engrapará el cableado aéreo existente tipo LA-180 desde el apoyo existente nº 161 hasta el nuevo apoyo hasta el nuevo apoyo **Nº 1** metálico de celosía proyectado de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 2". La longitud del tramo a rebatir con conductor LA-180 será de 158 metros.

Se realizará el tendido, regulado y engrapado del nuevo conductor aéreo de aluminio-acero tipo LA-175 en los tramos de nueva línea aérea a 30 kV D/C "GAMARRA-ALSASUA 1 Y 2" comprendido entre los apoyos **Nº 1** proyectado y nº307 existente. La longitud del tramo con conductor LA-175 será de 4.073 metros.

El tramo de línea troncal forma veinticuatro vanos, y tiene una longitud de 4.073 metros.

Alineación nº 1:

Entre apoyo Nº 1 y Nº 2 proyectados.

Tiene una longitud de 118 m cuyo vano regulador es de 118 m.

Alineación nº 2:

Entre apoyo Nº 2 y Nº 3 proyectados.

Tiene una longitud de 158 m cuyo vano regulador es de 158 m.

Alineación nº 3:

Entre apoyo Nº 3 y Nº 4 proyectados.

Tiene una longitud de 176 m cuyo vano regulador es de 176 m.

Alineación nº 4:

Entre apoyo Nº 4 y Nº 5 proyectados.

Tiene una longitud de 200 m cuyo vano regulador es de 200 m.

Alineación nº 5:

Entre apoyo Nº 5 y Nº 6 proyectados.

Tiene una longitud de 161 m cuyo vano regulador es de 161 m.

Alineación nº 6:

Entre apoyo Nº 6 proyectado y nº154 existente.

Tiene una longitud de 205 m cuyo vano regulador es de 205 m.

Alineación nº 7:

Entre apoyo nº154 existente y Nº 7 proyectado.

Tiene una longitud de 168 m cuyo vano regulador es de 168 m.

Alineación nº 8:

Entre apoyo Nº 7 y Nº 8 proyectados.

Tiene una longitud de 172 m cuyo vano regulador es de 172 m.

Alineación nº 9:

Entre apoyo Nº 8 y Nº 9 proyectados.

Tiene una longitud de 180 m cuyo vano regulador es de 180 m.

Alineación nº 10:

Entre apoyo Nº 9 y Nº 10 proyectados.

Tiene una longitud de 139 m cuyo vano regulador es de 139 m.

Alineación nº 11:

Entre apoyo Nº 10 y Nº 11 proyectados.

Tiene una longitud de 174 m cuyo vano regulador es de 174 m.

Alineación nº 12:

Entre apoyo Nº 11 y Nº 12 proyectados.

Tiene una longitud de 164 m cuyo vano regulador es de 164 m.

Alineación nº 13:

Entre apoyo Nº 12 y Nº 13 proyectados.

Tiene una longitud de 140 m cuyo vano regulador es de 140 m.

Alineación nº 14:

Entre apoyo Nº 13 y Nº 14 proyectados.

Tiene una longitud de 190 m cuyo vano regulador es de 190 m.

Alineación nº 15:

Entre apoyo Nº 14 y Nº 15 proyectados.

Tiene una longitud de 206 m cuyo vano regulador es de 206 m.

Alineación nº 16:

Entre apoyo Nº 15 proyectado y nº143 existente.

Tiene una longitud de 194 m cuyo vano regulador es de 194 m.

Alineación nº 17:

Entre apoyo nº143 existente y Nº 16 proyectado.

Tiene una longitud de 145 m cuyo vano regulador es de 145 m.

Alineación nº 18:

Entre apoyo Nº 16 y Nº 17 proyectados.

Tiene una longitud de 180 m cuyo vano regulador es de 180 m.

Alineación nº 19:

Entre apoyo Nº 17 y Nº 18 proyectados.

Tiene una longitud de 210 m cuyo vano regulador es de 210 m.

Alineación nº 20:

Entre apoyo Nº 18 y Nº 19 proyectados.

Tiene una longitud de 146 m cuyo vano regulador es de 146 m.

Alineación nº 21:

Entre apoyo Nº 19 y Nº 20 proyectados.

Tiene una longitud de 178 m cuyo vano regulador es de 178 m.

Alineación nº 22:

Entre apoyo Nº 20 proyectado y nº283 existente.

Tiene una longitud de 157 m cuyo vano regulador es de 157 m.

Alineación nº 23:

Entre apoyo nº283 y nº137 existentes.

Tiene una longitud de 171 m cuyo vano regulador es de 171 m.

Alineación nº 24:

Entre apoyo nº137 y nº307 existentes.

Tiene una longitud de 141 m cuyo vano regulador es de 141 m.

1.6.2 Actuaciones a realizar.

Para la ejecución de las instalaciones descritas es preciso llevar a cabo los siguientes trabajos:

1. Instalación de nuevos apoyos Nº1, Nº2, Nº3, Nº4, Nº5, Nº6, Nº7, Nº8, Nº9, Nº10, Nº11, Nº12, Nº13, Nº14, Nº15, Nº16, Nº17, Nº18, Nº19 y Nº20 metálicos de celosía tipo 42E121, 42E131, 42E141 y 42E151 de la línea a 30 kV D/C "GAMARRA-ALSASUA 1 Y 2".
2. Desmontaje de los cables aéreos actuales LA-95 S/C de las líneas aéreas a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1" entre los apoyos nº 285 y nº 307 existentes. Longitud de los vanos 4.165 metros.
3. Desmontaje de los cables aéreos actuales LA-95 S/C de las líneas aéreas a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 2" entre los apoyos nº 162 y nº 307 existentes. Longitud de los vanos 4.231 metros.
4. Rebatido, regulado y engrapado de cableado aéreo existente tipo LA-180 desde el apoyo existente nº 285 hasta el nuevo apoyo hasta el nuevo apoyo **Nº 1** metálico de celosía proyectado de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1" existente. Longitud del vano a rebatir: 92 metros.
5. Rebatido, regulado y engrapado de cableado aéreo existente tipo LA-95 desde el apoyo existente nº 162 hasta el nuevo apoyo hasta el nuevo apoyo **Nº 1** metálico de celosía proyectado de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 2" existente. Longitud del vano a rebatir: 158 metros.
6. Tendido, regulado y engrapado de conductor aéreo de aluminio-acero tipo LA 175 entre los apoyos **Nº1** proyectados y nº307 existente. Longitud del vano: 4.073 metros.
7. Desmontaje de los apoyos de hormigón y celosía nº 160, 284, 159, 158, 157, 156, 155, 153, 152, 151, 150, 149, 148, 147, 146, 145, 144, 142, 141, 140, 139 y 138 de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 1".
8. Desmontaje de los apoyos de hormigón y celosía nº 161, 160, 159, 158, 157, 156, 290, 153, 152, 151, 150, 149, 148, 147, 146, 145, 144, 142, 141, 140, 139 y 138 de la línea aérea a 30 kV "GAMARRA-ALSASUA 2".

1.6.3 Características generales de la instalación

1.6.3.1. Longitud

La longitud del tramo aéreo a 30 kV D/C "GAMARRA-ALSASUA 1 Y 2" con nuevo conductor aéreo de aluminio-acero tipo LA-175 entre los apoyos Nº 1 proyectado y nº307 existente, es de un vano de 4.073 metros.

1.6.3.2. Características de los materiales

1.6.3.2.1. Conductor

El conductor que se utiliza en este proyecto es de aluminio-acero galvanizado de 176,7 mm² de sección, según norma UNE 21018, el cual está recogido en la norma NI 54.63.01 cuyas características principales son:

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

LA-175	
Sección de aluminio, mm ²	152
Sección total mm ²	176,7
Equivalencia en cobre, mm ²	26
Composición (Nº de alambres)	26+7
Diámetro de los alambres, mm (aluminio-acero)	2,73 - 2,12
Diámetro aparente, mm	17,28
Carga mínima de rotura:, daN	5500 daN
Módulo de elasticidad, daN/ mm ²	7500 daN/mm ²
Coeficiente de dilatación lineal:	1,89 · 10 ⁻⁵
Masa aproximada, kg/km	613
Resistencia eléctrica a 20 °C, Ω/km	0,19
Densidad de corriente, A/ mm ²	2,452
Intensidad admisible (A)	433

Los elementos constructivos del nuevo vano entre los apoyos Nº 1 y Nº 17 proyectados, así como lo referente a los cálculos de todos ellos, se ajustarán a lo especificado en el proyecto tipo de IBERDROLA DISTRIBUCION S.A.U., MT 2.21.54 "Proyecto tipo línea aérea de 30 KV Doble circuito con conductor LA/LARL-175 y apoyos metálicos de celosía" (Edición 03), aprobado por la Administración General de Estado a fecha Febrero 2014.

1.6.3.2.2. Apoyos y cimentaciones

La variante que nos ocupa irá sustentada por 20 nuevos apoyos metálicos de celosía según la norma MT 2.23.50.

El tipo de apoyo que se utilizará en la presente instalación según el apartado 2.4.1 de la ITC-LAT-07 será de alineación con aislamiento constituido por cadenas de amarre, cuyo esfuerzo ha sido calculado para garantizar claramente la estabilidad de la línea.

Las cimentaciones proyectadas cumplirán con lo requerido en los puntos 2.4.8 y 3.6 de la ITC-LAT-07 y la MT 2.23.50. Se detallan modelos y dimensiones de las cimentaciones en el anexo.

La cimentación de los apoyos se realizará como se indica en las figuras siguientes. Las condiciones que han de cumplir los conglomerantes del hormigonado se indican a continuación:

- El cemento será Pórtland del tipo PA 350 que deberá cumplir las prescripciones vigentes.
- El agua y los áridos deberán cumplir lo especificado en la norma EH-91.
- El hormigón será de resistencia característica 150 kg/cm², siendo las dosis necesarias de cada componente, en kilogramos, para obtener un metro cúbico de hormigón, las siguientes:

Cemento: 290

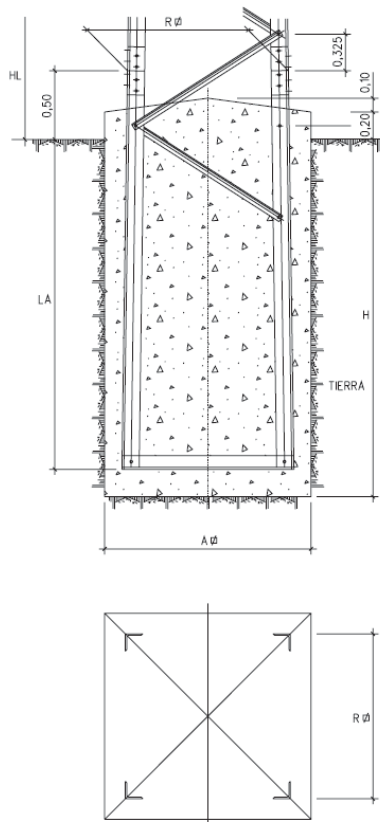
Agua: 160

Arena: 680

Grava: 1360

Nota: El tamaño máximo del árido será de 40mm.

Apoyos de perfiles metálicos de la Serie 1, según norma MT 2.23.50



APOYO		CIMENTACIÓN			
Apoyo Nº	Designación Iberdrola	A' (m)	H (m)	Vol.Excav.m ³	Vol.hor m ³
1	42E141-3TA	1,5	2,6	5,84	6,27
2	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
3	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
4	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
5	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
6	42E131-2,5TA	1,45	2,3	4,84	5,24
7	42E121-3TA	1,5	2,15	4,88	5,31
8	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
9	42E131-3TA	1,5	2,35	5,39	5,82
10	42E131-2,5TA	1,45	2,3	4,84	5,24
11	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
12	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
13	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69
14	42E131-2,5TA	1,45	2,3	4,84	5,24
15	42E131-2,5TA	1,45	2,3	4,84	5,24
16	42E121-3TA	1,5	2,15	4,88	5,31
17	42E121-3TA	1,5	2,15	4,88	5,31
18	42E131-3TA	1,5	2,35	5,39	5,82
19	42E151-2,5TA	1,45	2,80	5,74	6,14
20	42E121-2,5TA	1,45	2,1	4,3	4,69

1.6.3.2.3. Crucetas

Las crucetas empleadas en los apoyos serán metálicas rectas según se indica en el manual de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., MT 2.23.50.

Las crucetas estarán preparadas para además de dar la separación adecuada a los conductores, soportar las cargas verticales, longitudinales y transversales de los mismos en las hipótesis reglamentarias.

1.6.3.2.4. Herrajes y grapas

Los herrajes, medio de unión del cable conductor con la cadena de aislamiento y de ésta al apoyo, están dimensionados mecánicamente para soportar las cargas máxima de los conductores y con los coeficientes de seguridad reglamentarios. Cumpliendo con lo especificado en el apartado 3.3 de la ITC-LAT-07, todos los herrajes utilizados tendrán una carga de rotura superior a 3.

Las grapas seleccionadas para el conductor LA-175 serán tipo GA-3 según NI 58.82.00 GRAPAS DE AMARRE A TORNILLO PARA CONDUCTOR DE AL-AC, siendo su carga de rotura superior a la de los conductores utilizados.

TIPO DE GRAPA	Ø conductor admitido mm	Carga de rotura daN
GA-3	16-20	7500

La tensión de rotura del conductor LA-175 es inferior a la tensión de rotura de las grapas seleccionadas siendo esta 5500 daN.

1.6.3.2.5. Nivel de aislamiento y formación de cadenas

Se proyectan los niveles de aislamiento mínimo correspondientes a la tensión más elevada de la línea, 36 kV, así como los elementos que integran las cadenas de aisladores que en este caso estarán formadas por elementos aislantes compuestos.

Debido a la zona por la que discurre la línea, se establece el nivel mínimo de aislamiento II "medio" correspondiente según CEI 815 a:

- Zonas con industrias que no produzcan humos particularmente contaminantes y con una densidad media de viviendas equipadas con calefacción.
- Zonas de fuerte densidad de población o de industrias pero sometidas a lluvias limpias.

- Zonas expuestas al viento del mar, pero alejadas algunos kilómetros de la costa (al menos distantes bastantes kilómetros). Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Se instalarán aisladores de composite según UNE-EN, 61466-1 y UNE-EN 61466-2, estos aisladores serán de nivel II, con una línea de fuga requerida de 20 mm/kV según la tabla 14 de la ITC-LAT-07. Los aisladores cumplirán con la norma NI .48.08.01 siendo del tipo U70AB30.

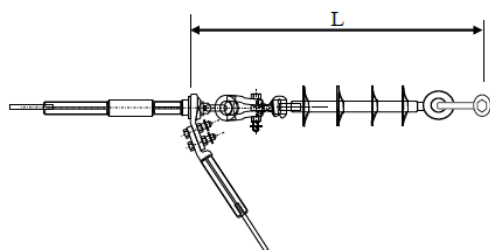
Las características de los elementos aislantes empleados serán:

Aislador compuesto tipo U 70 AB 30

- Material..... Composite
- Carga de rotura..... 7.000 daN
- Longitud total..... 480 mm
- Masa aproximada..... 2,0 kg
- Línea de fuga..... 720 mm
- Tensión de contorno bajo lluvia a 50 Hz durante un minuto. 95 kV eficaces
- Tensión a impulso tipo rayo, valor cresta..... 215 kV

- Formación de cadenas.

En los siguientes diagramas se describe la formación de cadenas:



NIVEL DE POLUCIÓN MEDIO (II)	
Amarre	
Und	Denominación
2	Grillete recto GN 16
1	Aislador compuesto U70 AB 30
1	Alojamiento de rótula R16/17P
1	Grapa de amarre a compresión GAC-LA 180
L = 800 mm	

1.7. CÁLCULOS Y CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

1.7.1. Cálculo eléctrico

Los cálculos eléctricos se ajustan a lo especificado en el proyecto tipo de IBERDROLA DISTRIBUCION S.A.U., MT 2.21.54 "Proyecto tipo línea aérea de 30 KV Doble circuito con conductor LA/LARL-175 y apoyos metálicos de celosía" (Edición 03), aprobado por la Administración General de Estado a fecha Febrero 2014.

- Densidad máxima de corriente admisible

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce del apartado 4.2 de la ITC-LAT-07 del R.L.A.T.

De la tabla 11 del apartado indicado, e interpolando entre la sección inferior y superior a la del conductor en estudio, se tiene que para conductores de aluminio, la densidad de corriente será:

$$\sigma_{Al} = 2,617 \text{ A/mm}^2$$

Teniendo presente la composición del cable, que es 26+7, el coeficiente de reducción (CR) a aplicar será de 0,937, con lo que la intensidad nominal del conductor será:

$$\sigma_{Al-ac} = \sigma_{Al} \cdot CR = 2,617 \cdot 0,937 = 2,452 \text{ A/mm}^2$$

Por lo tanto, la intensidad máxima admisible es:

$$I_{\max} = \sigma_{Al-ac} \times S = 2,452 \times 176,7 = 433,26 \text{ A}$$

- Reactancia aparente.

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

$$X = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ } [\Omega/\text{km}]$$

y sustituyendo L (coeficiente de autoinducción), por la expresión:

$$L = \left[0,5 + 4,605 \times \log \left(\frac{D}{r} \right) \right] \times 10^{-4} \text{ (H/km)}$$

Se obtiene:

$$X = \omega \times L = 2 \times \pi \times f \left[0,5 + 4,605 \times \log \left(\frac{D}{r} \right) \right] \times 10^{-4} \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

donde:

X = Reactancia aparente en ohmios por kilómetro

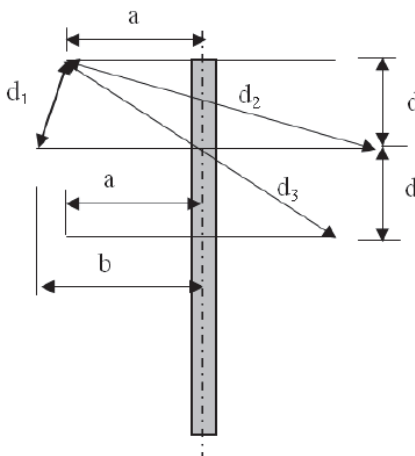
f = Frecuencia de la red en hercios = 50

D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros

r = Radio del conductor en milímetros

El valor de D se determina a partir de los valores d_{12}, d_{23}, d_{13} que proporcionan las crucetas elegidas, representadas en los planos:

$$D = \sqrt[3]{d_1 \cdot d_2 \cdot \sqrt{2 \cdot d \cdot d_3}}$$



DIMENSIONES DE LOS CRUCETAS DE LOS APOYOS SERIE 1								
D	a	b	d	d1	d2	d3	L	X
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(H/km)	(Ω /km)
3323,76	1500	1900	2020	2059	3954,79	5032,06	0,0012	0,3897

A efectos de simplificación y por ser valores muy próximos emplearemos el valor medio, por lo que:

$$X = 0,3996 \text{ } \Omega/\text{km}$$

- Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea (despreciando la influencia de la capacidad y la perdictancia) viene dada por la fórmula:

$$\Delta U\% = \sqrt{3} \cdot I \times (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \cdot L$$

donde:

ΔU = Caída de la tensión compuesta, expresada en V

I = Intensidad de la línea en A

X = Reactancia por fase en Ω /km

R = Resistencia por fase en Ω /km

φ = Angulo de desfase

L = Longitud de la línea en kilómetros.

teniendo en cuenta que:

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

$$I_{\max} = 433,26 \text{ A}$$

donde:

P = Potencia transportada en kilovatios.

U = Tensión compuesta de la línea en kilovoltios.

La caída de tensión en tanto por ciento de la tensión compuesta es:

$$\Delta U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2 \cdot \cos \varphi} (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} (R + X \cdot \tan \varphi)$$

$$\Delta U(\%) = \frac{20.261,56 \times 3,486}{10 \times 30^2} (0'190 + 0,3996 \times 0,484) = 3,00\%$$

$$\Delta U\% = 3,00 \%$$

- Potencia a transportar

La potencia que puede transportar la línea está limitada por la intensidad máxima determinada anteriormente y por la caída de tensión, que no deberá exceder del 5%.

La máxima potencia a transportar limitada por la intensidad máxima es:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{máx}} \cdot \cos\varphi$$

Siendo: $I_{\text{máx}} = 433,26 \text{ A}$

Tendremos que para un factor de potencia del 0,90 la potencia máxima que puede transportar la línea en función de la tensión nominal será:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{máx}} \cdot \cos\varphi = 20.261,56 \text{ KW}$$

La potencia que puede transportar la línea dependiendo de la longitud y de la caída de tensión es

$$P = \Delta P\% = \frac{10 \cdot U^2 \cdot \Delta U(\%)}{(R + X \cdot \tan\varphi) \cdot L} \text{ kW}$$

- Pérdidas de potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en una línea vienen dadas por la fórmula:

$$\Delta P = 3R \cdot L \cdot I^2$$

donde:

ΔP = Pérdida de potencia en vatios

La pérdida de potencia en tanto por ciento es:

$$\Delta P\% = \frac{P \cdot L \cdot R}{10 \cdot U^2 \cdot \cos^2 \varphi} = 1,84 \%$$

1.7.2. Cálculo mecánico

1.7.2.1. Cálculo mecánico de conductores

El cálculo mecánico del conductor se realiza teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- A) Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 3 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tracción de los conductores, además el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- B) Que la tracción de trabajo de los conductores a 15 °C sin ninguna sobrecarga, no exceda del 15% de la carga de rotura EDS (tension de cada día, Every Day Stress).
- C) Cumpliendo las condiciones anteriores se contempla una tercera, que consiste en ajustar los tenses máximos a valores inferiores y próximos a los esfuerzos nominales de apoyos normalizados.

Al establecer la condición A) se puede prescindir de la consideración de la 4ª hipótesis en el cálculo de los apoyos de alineación y de ángulo, siempre que en ningún caso las líneas que se proyecten tengan apoyos de anclaje distanciados a más de 3 km (ITC-LAT 07 apartado 3.5.3).

Al establecer la condición B) se tiene en cuenta el tense al límite dinámico del conductor bajo el punto de vista del fenómeno vibratorio eólico del mismo. EDS (tensión de cada día, Every Day Stress). (ITC-LAT 07 apartado 3.2.2).

Las tablas de tendido que se establecen en el apartado 3.2.3. de la ITC-LAT 07 sobre la tracción y flecha máxima, aplicadas al tipo de línea y conductor se indican en la tabla en los anexos de cálculos.

- Determinación de la tracción de los conductores.

Para la obtención de los valores de las tensiones, hemos partido de la ecuación de cambio de condiciones, cuya expresión es:

$$L_0 - L_1 = \left[\frac{T_0 - T_1}{ES} + \alpha(\theta_0 - \theta_1) \right]$$

Siendo:

L_0 = Longitud en m de conductor en un vano L, bajo unas condiciones iniciales de tracción T_0 , peso más sobrecarga P_0 y temperatura θ_0 °C

L_1 = Longitud en m de conductor en un vano L , bajo unas condiciones de tracción T_1 , peso más sobrecarga P_1 y temperatura θ_1 °C

E = Módulo de elasticidad del conductor en daN/ mm².

S = Sección del conductor en mm²

α = Coeficiente de dilatación lineal del conductor /°C

- Determinación de la flecha de los conductores.

Una vez determinado el valor de T_1 , el valor de la flecha se obtiene por la expresión:

$$f_1 = a_1 \left[ch \left(\frac{L}{2a_1} \right) - 1 \right]$$

Siendo:

$$a_1 = \text{Parámetro de la catenaria} = \frac{T_1}{P_1}$$

- Plantillas de replanteo

Para el dibujo de la catenaria se empleará la expresión:

$$f = a \left[ch \left(\frac{x}{a} \right) - 1 \right]$$

Siendo x = valor del semivano

- Vano de regulación

El vano ideal de regulación limitado por dos apoyos con cadenas horizontales viene dado por:

$$L_r = \sqrt{\frac{\sum L^3}{\sum L}}$$

Siendo:

L_r = Vano de regulación ideal en metros.

L = Longitud de cada uno de los vanos de la alineación de que se trate, en metros.

NOTA: El empleo de catenaria de un parámetro determinado implica el conocer que si se emplea como flecha máxima, para vanos superiores al de regulación la flecha real siempre es menor a la que nos da la catenaria adoptada, y si se emplea como flecha mínima, para vanos inferiores al de regulación la flecha real siempre es menor a la que nos da la catenaria adoptada.

1.7.3. Distancias de seguridad

De acuerdo con los apartados 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 de la ITC-LAT-07 el R.L.A.T., las separaciones entre conductores, entre éstos y los apoyos, así como las distancias respecto al terreno y obstáculos a tener en cuenta en este proyecto, son las que se indican en los apartados siguientes.

Se toman de la tabla 15 de la ITC-LAT-07 los valores correspondientes a una tensión más elevada de la red de 36kV, correspondientes a $D_{el} = 0,35$ y $D_{pp} = 0,40$.

- Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC-LAT-07 el R.L.A.T. la mínima distancia de los conductores en su posición de máxima flecha, a cualquier punto del terreno, es:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ en metros, con un mínimo de 6 m.}$$

En el presente proyecto se ha mantenido una distancia mínima al terreno de 8 metros.

- Separación entre conductores

De acuerdo con el punto 5.4.1 de la ITC-LAT-07, la separación mínima entre conductores viene dada por la fórmula:

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

en la cual:

D = Separación entre conductores en metros

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 de la ITC-LAT-07. (Para este proyecto $K=0,65$)

F = Flecha máxima en metros

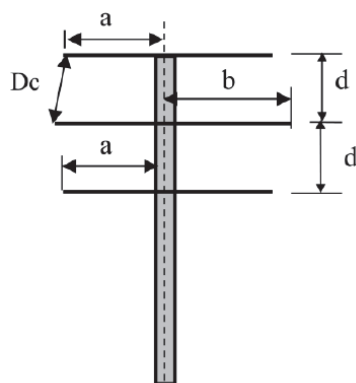
L = Longitud en metros de la cadena de suspensión

U = Tensión nominal de la línea en kV

K' = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea; $K' = 0,85$ para líneas de categoría especial y $K' = 0,75$ para el resto de líneas

$D_{pp} = 0,40$ metros (según tabla 15 de ITC –LAT 07).

En apoyos con cadenas de amarre las crucetas serán con distanciamiento vertical de 2,02, para vanos de gran longitud. Con estos armados, tanto para aislamiento suspendido o de amarre, las distancias mínimas entre conductores, se indican en la tabla siguiente.



DIMENSIONES DE LOS CRUCETAS DE LOS APOYOS SERIE 1			
a (m)	b (m)	d (m)	Distancia entre conductores Dc (m)
1,50	1,90	2,02	2,06

Se calculan las distancias entre conductores para cada vano:

VANO			FLECHA	PARAMETROS				D (dist cond)
Nº	m	E.D.S. %	50°C	L	K	K'	Dpp	Reg. 2008
1-2	118	15,00	1,98	0,00	0,60	0,75	0,40	1,14
2-3	158	15,00	3,13	0,00	0,60	0,75	0,40	1,36
3-4	176	15,00	3,73	0,00	0,60	0,75	0,40	1,46
4-5	200	15,00	4,62	0,00	0,60	0,75	0,40	1,59
5-6	161	15,00	3,23	0,00	0,60	0,75	0,40	1,38
6-154	205	15,00	4,81	0,00	0,60	0,75	0,40	1,62
154-7	168	15,00	3,46	0,00	0,60	0,75	0,40	1,42
7-8	172	15,00	3,59	0,00	0,60	0,75	0,40	1,44
8-9	180	15,00	3,87	0,00	0,60	0,75	0,40	1,48
9-10	139	15,00	2,55	0,00	0,60	0,75	0,40	1,26
10-11	174	15,00	3,66	0,00	0,60	0,75	0,40	1,45
11-12	164	15,00	3,33	0,00	0,60	0,75	0,40	1,39
12-13	140	15,00	2,58	0,00	0,60	0,75	0,40	1,26
13-14	190	15,00	4,24	0,00	0,60	0,75	0,40	1,54
14-15	206	15,00	4,85	0,00	0,60	0,75	0,40	1,62
15-143	194	15,00	4,39	0,00	0,60	0,75	0,40	1,56
143-16	145	15,00	2,73	0,00	0,60	0,75	0,40	1,29
16-17	180	15,00	3,87	0,00	0,60	0,75	0,40	1,48
17-18	210	15,00	5,01	0,00	0,60	0,75	0,40	1,64
18-19	146	15,00	2,76	0,00	0,60	0,75	0,40	1,30
19-20	178	15,00	3,80	0,00	0,60	0,75	0,40	1,47
20-283	157	15,00	3,10	0,00	0,60	0,75	0,40	1,36
283-137	171	15,00	3,56	0,00	0,60	0,75	0,40	1,43
137-307	141	15,00	2,61	0,00	0,60	0,75	0,40	1,27

Con lo dicho anteriormente y atendiendo a la tabla anterior, se comprueba que se proyectarán apoyos tipo **42E** para todos los vanos cumpliendo estos las distancias reglamentarias.

- Distancia de los conductores a carreteras y caminos

De acuerdo con el apartado 5.7.1 de la ITC-LAT-07 el R.L.A.T. la mínima distancia de los conductores en su posición de máxima flecha, a cualquier punto del terreno, es:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + D_{el} \text{ metros, con un mínimo de 8 m.}$$

- Distancia a otras líneas eléctricas aéreas de alta tensión

De acuerdo con los apartados 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7 de la ITC-LAT-07 el R.L.A.T., las separaciones entre conductores, entre éstos y los apoyos, así como las distancias respecto al terreno y obstáculos a tener en cuenta en este proyecto, son las que se indican en los apartados siguientes.

Se toman de la tabla 15 de la ITC-LAT-07 los valores correspondientes a una tensión más elevada de la red de 36kV, correspondientes a $D_{el} = 0,35$ y $D_{pp} = 0,40$.

- Distancia mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y el apoyo

De acuerdo con el punto 5.4.2 de la ITC-LAT-07 esta distancia no será inferior a D_{el} con un mínimo de 0,2 metros. Para este proyecto se tomará una distancia de 0,35 metros, como medida de seguridad adicional.

- Cruzamientos y paralelismos con otras líneas aéreas

De acuerdo con el apartado 5.6 de la ITC-LAT-07 el R.L.A.T, se ha mantenido una distancia mínima entre los conductores en su posición de máxima flecha para el cruzamiento superior y mínima para el inferior de:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} \text{ metros, con un mínimo de 2 m}$$

Entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, no deberá existir una separación inferior a la prescrita en el apartado.5.4.1 de la ITC-LAT-07, considerando los valores K, K', L, F y Dpp de la línea de mayor tensión.

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

Prescripciones especiales

Para aquellas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismo con otras líneas, con vías de comunicación, o con ríos o canales navegables o flotables, conducciones de gas, pasos sobre bosques o sobre zonas urbanas y proximidades a edificios y aeropuertos, se seguirán las prescripciones indicadas en la ITC-LAT-07 del R.L.A.T. y normas establecidas en cada caso por los organismos afectados u otra norma oficial al respecto.

1.7.4. Puesta a tierra de los apoyos

Las puestas a tierra de los apoyos, se realizarán con electrodos de picas bimetálicas de acero-cobre y anillos de cable de cobre, cuyo diseño, en base a la zona de ubicación del apoyo y las características del terreno, tipo de suelo y resistividad.

En los apoyos ubicados en zonas frecuentadas y en las zonas de pública concurrencia es obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor del empotramiento del apoyo. El mismo tratamiento que para las zonas de pública concurrencia deberá tenerse para los apoyos que soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra.

El principio básico de la puesta a tierra, según establece el RLAT en su apartado 7 de la ITC-LAT-07, es conseguir cumplir los siguientes requisitos:

- Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Que resista, desde un punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

Para los apoyos ubicados en zonas no frecuentadas, se calculará la PAT con anillos por si hubiera necesidad de mejorar el sistema.

Para la realización de los anillos se empleará cable de cobre de 50 mm². Las picas serán cilíndricas de acero-cobre de 14,6 mm de diámetro y 1,5 m de longitud. Las grapas de conexión serán de cobre.

Para garantizar la seguridad de las personas, la puesta a tierra de los apoyos definidos anteriormente deberá evitar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

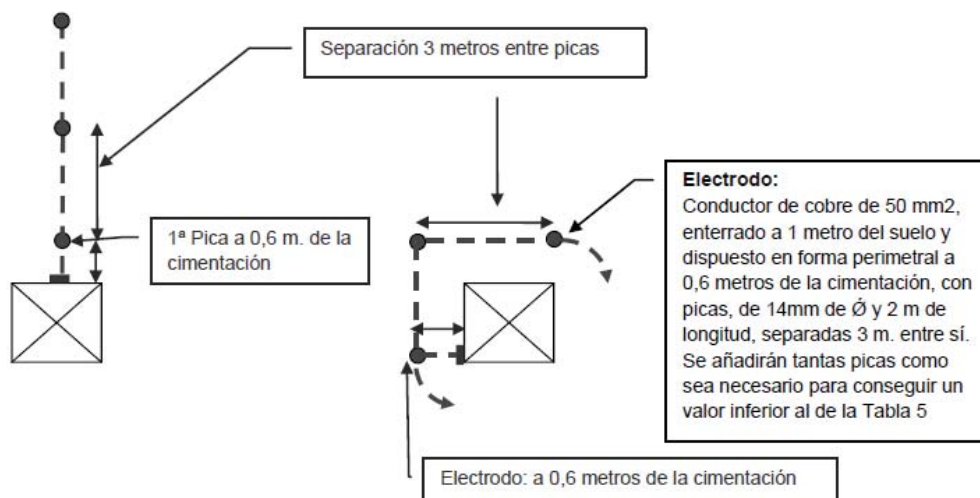
Los apoyos que componen la línea aérea son los siguientes:

- **Apoyo Nº1:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº2:** Apoyo No Frecuentado.

- **Apoyo Nº3:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº4:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº5:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº6:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº7:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº8:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº9:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº10:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº11:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº12:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº13:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº14:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº15:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº16:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº17:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº18:** Apoyo No Frecuentado.
- **Apoyo Nº19:** Apoyo Frecuentado.
- **Apoyo Nº20:** Apoyo No Frecuentado.

Verificación del sistema de puesta a tierra en apoyos no frecuentados (Nº1, Nº2, Nº3, Nº4, Nº5, Nº6, Nº7, Nº8, Nº9, Nº10, Nº11, Nº12, Nº13, Nº14, Nº15, Nº16, Nº17, Nº18, Nº20):

El electrodo a emplear para su utilización en el caso de líneas aéreas con apoyos no frecuentados, tal como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, proporcionará un valor de la resistencia de puesta a tierra lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Dicho valor, se podrá conseguir mediante la utilización de una sola pica de acero cobrizado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, enterrada como mínimo a 1 m de profundidad. Si no es posible alcanzar, mediante una sola pica, los valores de resistencia indicados en la tabla 5, se añadirán picas, bien en hilera separadas 3 m entre sí, o siguiendo la periferia del apoyo, cerrándose en anillo, añadiendo, si es necesario a dicho anillo, picas en hilera de igual longitud, separadas 3 m entre sí. El conductor de unión entre picas será de cobre de 50 mm² de sección.



Para el diseño y cálculo de la puesta a tierra del apoyo NO frecuentado (NF) **Nº1, Nº2, Nº3, Nº4, Nº5, Nº6, Nº7, Nº8, Nº9, Nº10, Nº11, Nº12, Nº13, Nº14, Nº15, Nº16, Nº17, Nº18 Y Nº20** se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 9.000
- Tensión de servicio, $U = 30.000$ V.
- Nivel de aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión, $U_{bt} = 10.000$ V
- Características del terreno:
Resistividad del terreno: ρ terreno ($\Omega \cdot m$): 200
 ρ_H hormigón ($\Omega \cdot m$): 3000.

El electrodo seleccionado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: **CPT-LA-F+2P2**
- Geometría: Perimetral
- Número de picas: 2
- Longitud de las picas (m): 2

Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, K_r ($\Omega/\Omega \cdot m$) = 0,183 $\Omega/\Omega \cdot m$.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega) = 0.183 \cdot 200 = 36,6 \Omega.$$

- Reactancia equivalente de la subestación:

$$X_{LTH} = \frac{1,1 \cdot V}{1,73 \cdot I_{d \max}} = \frac{1,1 \cdot 30.000}{1,73 \cdot 9000} = 2,117 \Omega$$

- Intensidad de corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1,1 \cdot V}{1,73 \sqrt{R_t^2 + X_{LTH}^2}} = \frac{1,1 \cdot 30.000}{1,73 \sqrt{36,6^2 + 2,11^2}} = 520,34 A$$

La protección automática, instalada para el caso de faltas a tierra, para la intensidad máxima de defecto a tierra ($I'_{1F} = I_{1F} = 9.000 A$), actúa en un tiempo:

$$t = \frac{2200}{I'_{1F}} = \frac{2200}{9000} = 0,24 s < 1 s$$

Para un valor de la intensidad de defecto de 520,34A, el tiempo de actuación de la protección será:

$$t = \frac{2200}{I'_{1F}} = \frac{2200}{520,34} = 4,22 s < 10 s$$

La protección automática, instalada para el caso de faltas a tierra, para la intensidad máxima de defecto a tierra actúa en un tiempo:

$$t = 0,5 s < 1 s$$

El tiempo de actuación de la protección será:

$$t = 4,22 s < 10 s$$

En nuestro caso, con la característica proporcionada de las protecciones se cumple, tal como especifica el apartado 7.3.4.3 de la ITC LAT-07 del RLAT, que:

- El tiempo de actuación de las protecciones es inferior a 1s (para la corriente máxima de defecto a tierra).
- El electrodo utilizado, con valor de resistencia de puesta a tierra menor o igual a 75Ω, es válido para garantizar la actuación automática de las protecciones en caso de defecto a tierra.

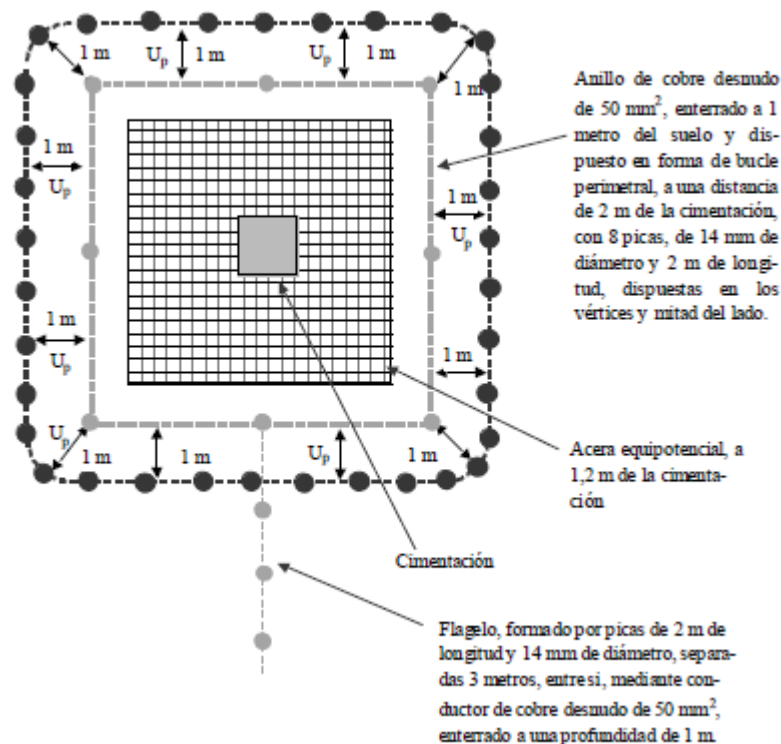
Verificación del sistema de puesta a tierra en apoyos frecuentados y de maniobra (Nº19):

Para el diseño y cálculo de la puesta a tierra de los apoyos frecuentados se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Intensidad máxima de defecto a tierra, $I_{dm\acute{a}x}$ (A): 9.000A
- Tiempo máximo de eliminación del defecto (s): 0.5.
- Tensión de servicio, $U = 30.000$ V.
- Características del terreno:
Resistividad del terreno: ρ terreno (Ωxm): 200
 ρ_H hormigón (Ωxm): 3000.

El electrodo seleccionado para este caso tiene las siguientes propiedades:

- Configuración seleccionada: **CPT-LA-1A-5+8P2+F+3P2**
- Geometría: Anillo simple.
- Dimensiones del electrodo (anillo perimetral con la cimentación) (m): 5,0x5,0
- Profundidad del electrodo (m): 1
- Número de picas: 3
- Longitud de las picas (m): 2



Los parámetros característicos del electrodo son:

- De la resistencia, $K_r (\Omega/\Omega\text{m}) = 0.0530$.

- De la tensión de paso:

Con dos pies en el terreno: $K_{p1} (V/((\Omega\text{m})A)) = 0.00687$

Con un pie en la acera y otro en el terreno: $K_{p2} (V/((\Omega\text{m})A)) = 0,0150$.

Sustituyendo valores en las siguientes expresiones, se tiene:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \rho (\Omega) = 0.0530 \cdot 200 = 10,60 \Omega.$$

- Reactancia equivalente de la subestación:

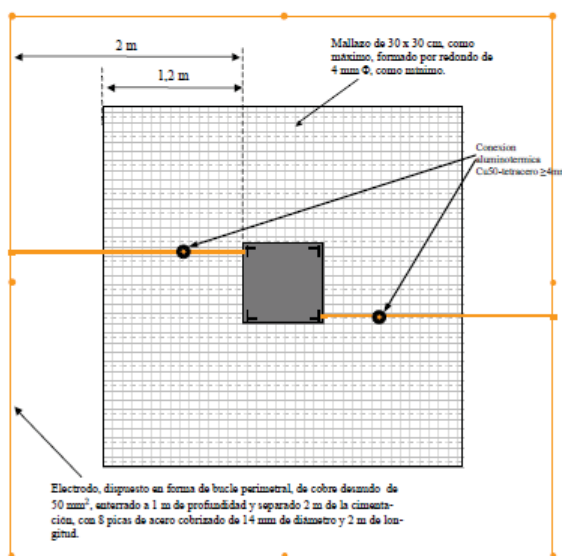
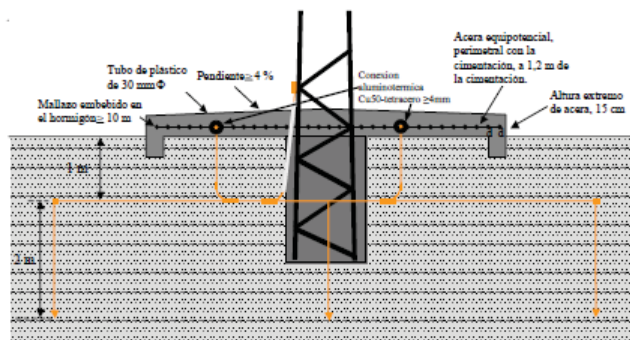
$$X_{LTH} = \frac{1,1 \cdot V}{1,73 \cdot Id_{\max}} = \frac{1,1 \cdot 30.000}{1,73 \cdot 9000} = 2,117 \Omega$$

- Intensidad de corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1,1 \cdot V}{1,73 \sqrt{R_t^2 + X_{LTH}^2}} = \frac{1,1 \cdot 30.000}{1,73 \sqrt{10,60^2 + 2,117^2}} = 1764,69 A$$

- Cumplimiento con la tensión de contacto (empleo medidas adicionales)

Con objeto de que la tensión de contacto sea cero, se emplaza una acera perimetral de hormigón de serie HM-20B20, equivalente a una resistencia característica mínima de 200 daN/cm², a 1,2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4mm formando una retícula no superior a 0,3x0,3m, a una profundidad de al menos 0,1m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra del apoyo. El esquema indicado se representa en la figura siguiente:



- Determinación de la tensión de paso máxima que aparece en la instalación, en caso de adoptar la medida adicional:

- Apoyo frecuentado, con los dos pies en el terreno:

$$\text{Tensión de paso, } K_{p1} \text{ (V/((}\Omega\text{xm)A))} = 0.00687$$

$$U'_{p1} = K_{p1} \cdot \rho \cdot I_{1F} = 0,00687 \cdot 200 \cdot 1764,69 = 2.424,68V$$

- Apoyo frecuentado con calzado, con un pie en la acera y el otro en el terreno:

$$\text{Tensión de paso, } K_{p2} \text{ (V/((}\Omega\text{xm)A))} = 0.0150.$$

$$U'_{p2} = K_{p2} \cdot \rho \cdot I_{1F} = 0,0150 \cdot 200 \cdot 1764,69 = 5.294,07V$$

- Determinación de la duración de la corriente de falta (tiempo de actuación de las protecciones) que garantiza el cumplimiento de la tensión de paso:

Tensión máxima aplicada a la persona:

- Apoyo frecuentado con calzado, con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{p1}}{1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{Z_b}} = \frac{2.424,68}{1 + \frac{2.2000 + 6.200}{1000}} = 391,07V$$

- Apoyo frecuentado con calzado, con un pie en la acera y el otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p2}}{1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s + 3\rho_s^*}{Z_b}} = \frac{5.294,07}{1 + \frac{2.2000 + 3.200 + 3.3000}{1000}} = 362,60V$$

El tiempo de actuación de la protección es: 0,5s.

Según el RCE, el valor de la tensión de paso aplicada máxima admisible no será superior a:

$$U_{pa.adm} = 10 \cdot \frac{K}{t^n}$$

Siendo K=72 y n=1 para tiempos inferiores o iguales a 0,9 segundos.

En este caso:

$$U_{pa.adm} = 10 \cdot \frac{72}{0,5^1} = 1440 V$$

Como $U'_{pa1}=391,07V < 1440 V$ y $U'_{pa2}=362,60 V < 1440 V$ el electrodo considerado **CPT-LA-1A-5+8P2+F+3P2**, cumple con el requisito reglamentario. Además el electrodo seleccionado presenta una resistencia de valor 10,60Ω, valor inferior al exigido de 30Ω.

- **Mejora de la puesta a tierra**

Una vez ejecutada la puesta a tierra de los apoyos, en el caso de que la medición correspondiente no diera los resultados admisibles, se realizará la mejora de ésta incorporando más picas en los extremos de los anillos, construyendo un anillo de cobre concéntrico al anterior en una zanja ligeramente más profunda que la del anterior, o mediante la colocación de una acera de hormigón con mallazo equipotencial.

Al aplicar esta medida adicional no es necesario calcular la tensión de contacto aplicada ya que es cero, pero es necesario cumplir con los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas. Para ello debe tomarse como referencia lo establecido en la MIE-RAT-13 del RCE.

- **Vigilancia periódica del sistema de puesta a tierra**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, toda instalación de puesta a tierra deberá ser comprobada en el momento de su establecimiento y revisada, al menos, una vez cada 6 años.

La vigilancia periódica de las líneas aéreas permitirá detectar modificaciones sustanciales de sus condiciones de diseño que justifiquen la verificación de la medida de la tensión de contacto aplicada. Por ejemplo, cuando un apoyo no frecuentado adquiera la condición de frecuentado debido a desarrollos urbanísticos o nuevas infraestructuras, o aquellos casos en los que el terreno donde se sitúa un apoyo frecuentado cambia sustancialmente su resistividad, debido por ejemplo a su asfaltado o ajardinamiento.

Durante la vigilancia periódica se deberá comprobar el estado general de la puesta a tierra, su valor y los posibles cambios de resistividad del terreno o del tipo de apoyo que justifiquen que la verificación incluya de nuevo medidas de la tensión de contacto aplicada.

1.8. CRUZAMIENTOS

Las condiciones de distancias mínimas de seguridad, cruzamientos y paralelismos del tramo de línea aérea se definen en el punto 5 de la ITC-LAT-07 del Reglamento de líneas aéreas de alta tensión aprobado por el Decreto 223/2008 de 15 de febrero.

La línea aérea a eliminar y proyectada realiza cruzamientos que afectan a los siguientes organismos.

Cruzamiento nº 1

Entre los apoyos Nº5 y Nº6 proyectados.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 3

Entre los apoyos nº154 existente y Nº7 proyectado.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 4

Entre los apoyos Nº7 y Nº8 proyectados.

Realiza un cruzamiento con el Río Arrieta, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 544542.43, Y= 4744521.56

Cruzamiento nº 5

Entre los apoyos Nº8 y Nº9 proyectados.

Realiza un cruzamiento con un arroyo, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 544569.46, Y= 4744525.69

Cruzamiento nº 6

Entre los apoyos Nº8 y Nº9 proyectados.

Realiza un cruzamiento con una línea aérea de alta tensión simple circuito de 13,2 kV denominada "SALVATIERRA-GACEO", propiedad de Iberdrola.

Ds: Dadd + Dpp = 1,5 + 0,27 = mínimo de 2 metros.

Cruzamiento nº 7

Entre los apoyos Nº9 y Nº10 proyectados.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 8

Entre los apoyos Nº10 y Nº11 proyectados.

Realiza un cruzamiento con la carretera A-4110, propiedad Diputación Foral de Araba.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

P.K: 20+000.

Cruzamiento nº 9

Entre los apoyos Nº11 y Nº12 proyectados.

Realiza un cruzamiento con el Río Iturritxo, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 545109.71, Y= 4744603.31

Cruzamiento nº 10

Entre los apoyos Nº14 y Nº15 proyectados.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 11

Entre los apoyos Nº18 y Nº19 proyectados.

Realiza un cruzamiento con la carretera A-3110, propiedad Diputación Foral de Araba.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

P.K: 19+000.

Cruzamiento nº 12

Entre los apoyos Nº20 proyectado y nº283 existente.

Realiza un cruzamiento con un arroyo, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 546886.36, Y= 4744880.96

Cruzamiento nº 13

Entre los apoyos Nº20 proyectado y nº283 existente.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 14

Entre los apoyos nº283 y nº137 existentes.

Realiza un cruzamiento con el arroyo Los Apostoles, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 546980.70, Y= 4744895.60

Cruzamiento nº 15

Entre los apoyos nº283 y nº137 existentes.

Realiza un cruzamiento con la carretera AP-1, propiedad Diputación Foral de Araba.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

P.K: 375+125.

Cruzamiento nº 16

Entre los apoyos nº283 y nº137 existentes.

Realiza un cruzamiento con un camino vecinal, propiedad municipal.

Ds: Dadd + Del = mínimo de 8 metros.

Cruzamiento nº 17

Entre los apoyos nº283 y nº137 existentes.

Realiza un cruzamiento con un arroyo, cruzamiento aéreo por el encauzamiento existente gestionado por URA.

UTM (ED-50): X= 547088.35, Y= 4744912.08

1.9. MATERIALES UTILIZADOS

Todos los materiales utilizados en la construcción y tendido de la línea aérea serán de la máxima garantía.

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LÍNEA AÉREA PROYECTADA

(Apoyo Nº 1 – Apoyo nº 307)

TITULAR: **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.**

EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN: **MUNICIPIOS DE SALVATIERRA-AGURAIN E IRURAIZ-GAUNA.**

LÍNEA ELÉCTRICA D/C A 30 KV "**GAMARRA - ALSASUA 1 Y 2**"

o Origen	Apoyo Nº 1 (Proyectado)
o Final	Apoyo nº 307 (Existente)
o Longitud	4.073 metros.
o Tendido	Aéreo
o Número de circuitos	2
o Cable	
• Conductores	6
• Tipo	LA-175
• Material	Aluminio - Acero
o Disposición	Hexágono
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº1 : 42E141-3TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº2 : 42E121-2,5TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº3 : 42E121-2,5TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº4 : 42E121-2,5TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº5 : 42E121-2,5TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo a colocar Nº6 : 42E131-2,5TA
o Apoyos colocados	
• Materiales	Metálico de celosía
• Tipos	Apoyo existente nº154 : 30d+3

- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº7**: 42E121-3TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº8**: 42E121-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº9**: 42E131-3TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº10**: 42E131-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº11**: 42E121-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº12**: 42E121-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº13**: 42E121-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº14**: 42E131-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº15**: 42E131-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo existente **nº143**: ACACIA 310-3T
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº16**: 42E121-3TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº17**: 42E121-3TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº18**: 42E131-3TA

- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº19**: 42E151-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo a colocar **Nº20**: 42E121-2,5TA
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo existente **nº283**: 30b+6
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo existente **nº137**: 30b+8
- o Apoyos colocados
 - Materiales Metálico de celosía
 - Tipos Apoyo existente **nº307**: 30d+3
- o Aisladores
 - Material Composite
 - Tipo U 70 AB30
- o Vanos
 - número. 24
- o Protecciones Ninguno
- o Cruzamientos Las mencionadas anteriormente

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS LINEA AÉREA A DESMONTAR

TITULAR: **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.**

EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN: **MUNICIPIOS DE SALVATIERRA-AGURAIN E IRURAIZ-GAUNA.**

LÍNEA ELÉCTRICA S/C A 30 KV "**GAMARRA - ALSASUA 1**"

o Origen	Apoyo nº 285 (Existente)
o Final	Apoyo nº 307 (Existente)
o Longitud	4.165 metros
o Tendido	Aéreo
o Número de circuitos	1
o Conductores	3
• Material	Aluminio-Acero
• Tipo	LA-95
o Término municipal afectado	SALVATIERRA-AGURAIN E IRURAIZ-GAUNA

TITULAR: **IBERDROLA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.**

EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN: **MUNICIPIOS DE SALVATIERRA-AGURAIN E IRURAIZ-GAUNA.**

LÍNEA ELÉCTRICA S/C A 30 KV "**GAMARRA - ALSASUA 2**"

o Origen	Apoyo nº 162 (Existente)
o Final	Apoyo nº 307 (Existente)
o Longitud	4.231 metros
o Tendido	Aéreo
o Número de circuitos	1
o Conductores	3
• Material	Aluminio-Acero
• Tipo	LA-95
o Término municipal afectado	SALVATIERRA-AGURAIN E IRURAIZ-GAUNA

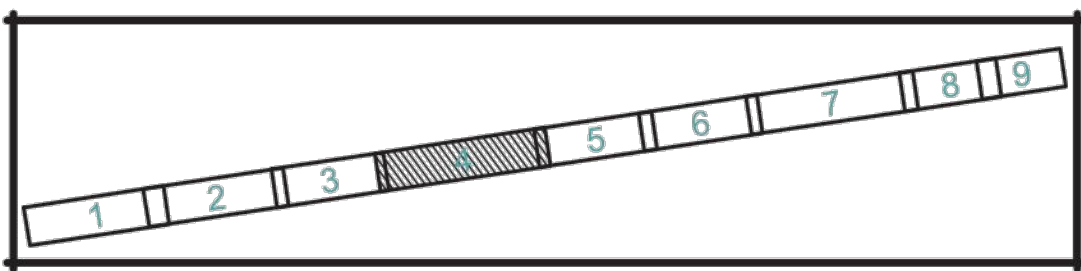
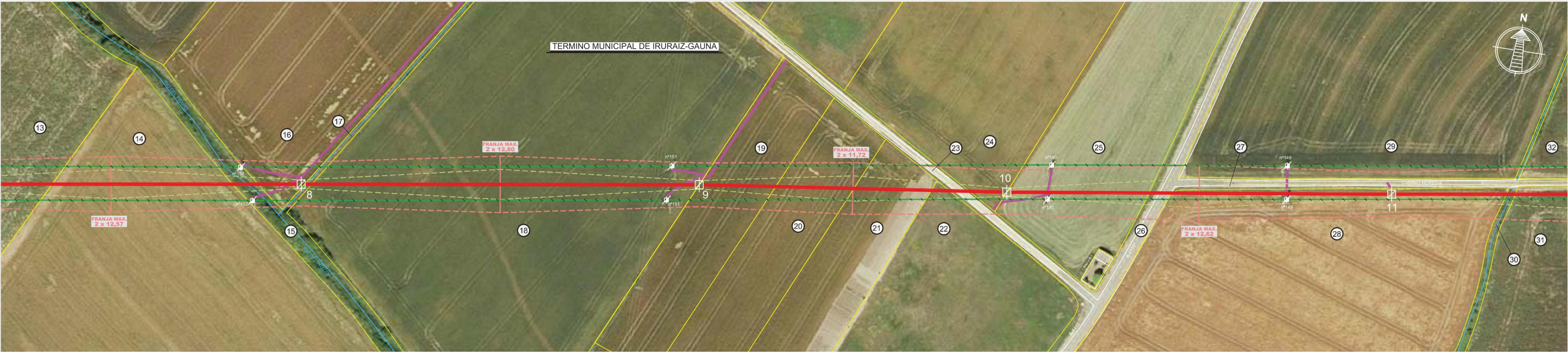
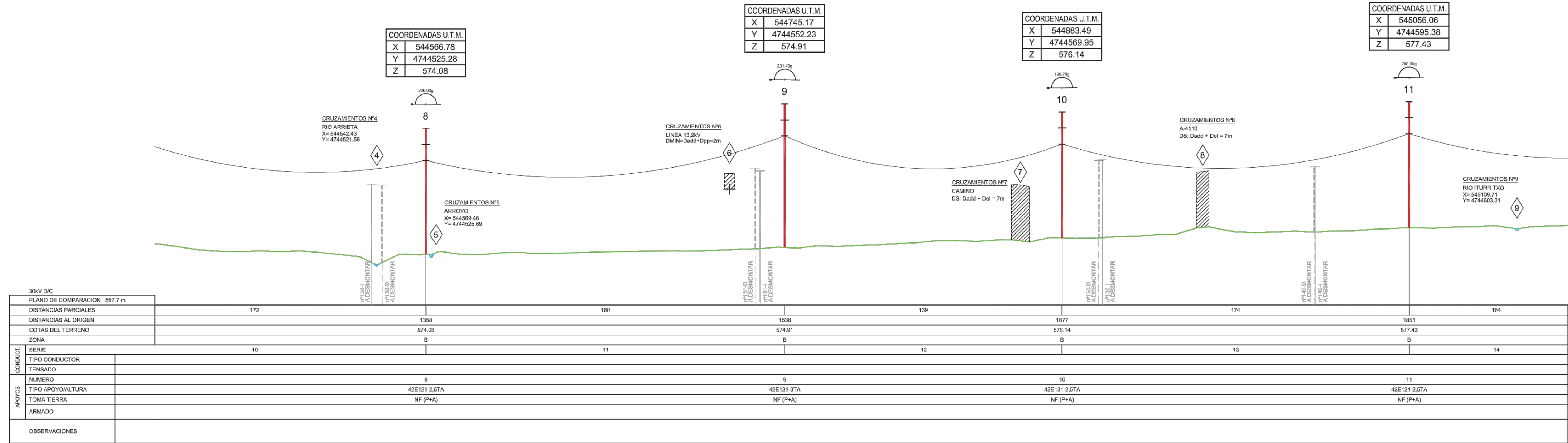
2. PLANOS

2.1 LISTA DE PLANOS

- Plano de SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO 1
- Plano de PERFIL Y PLANTA 2



SERIE	CONDUCTOR	E.D.S.	Parabola	Vano en mts	FLECHA REGULACION EN MTS.		
					10°	15°	20°
10	LA-175	15%	$Y=X^2/2.059$	172	2,58	2,71	2,84
11			$Y=X^2/2.091$	180	2,82	2,96	3,09
12			$Y=X^2/1.892$	139	1,65	1,76	1,88
13			$Y=X^2/2.066$	174	2,63	2,76	2,90
14			$Y=X^2/2.022$	164	2,33	2,45	2,58

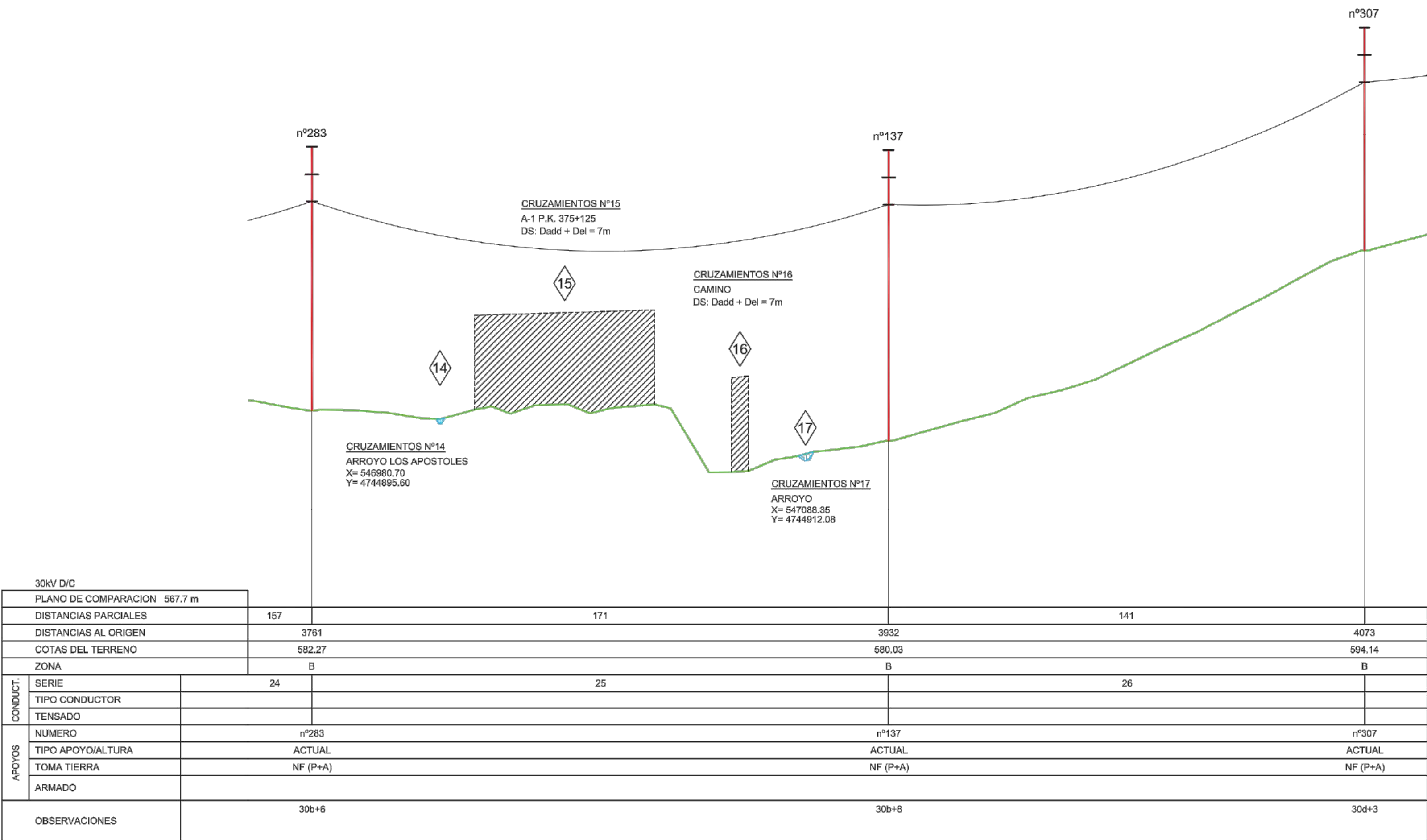


LEYENDA			
FRANJA DE PROTECCION DE ARBOLADO	APOYO CELOSIA PROYECTADO		
SERVIDUMBRE DE VUELO	APOYO CELOSIA EXISTENTE		
LAT AEREA PROYECTADA	APOYO CELOSIA EXISTETE A DESMONTAR		
LAT AEREA EXISTENTE	ZEC ROBLEDALES ISLA DE LA LLANADA ALAVESA		
LAT AEREA EXISTENTE A DESMONTAR			
CAMINO ACCESO INSTALACIONES			

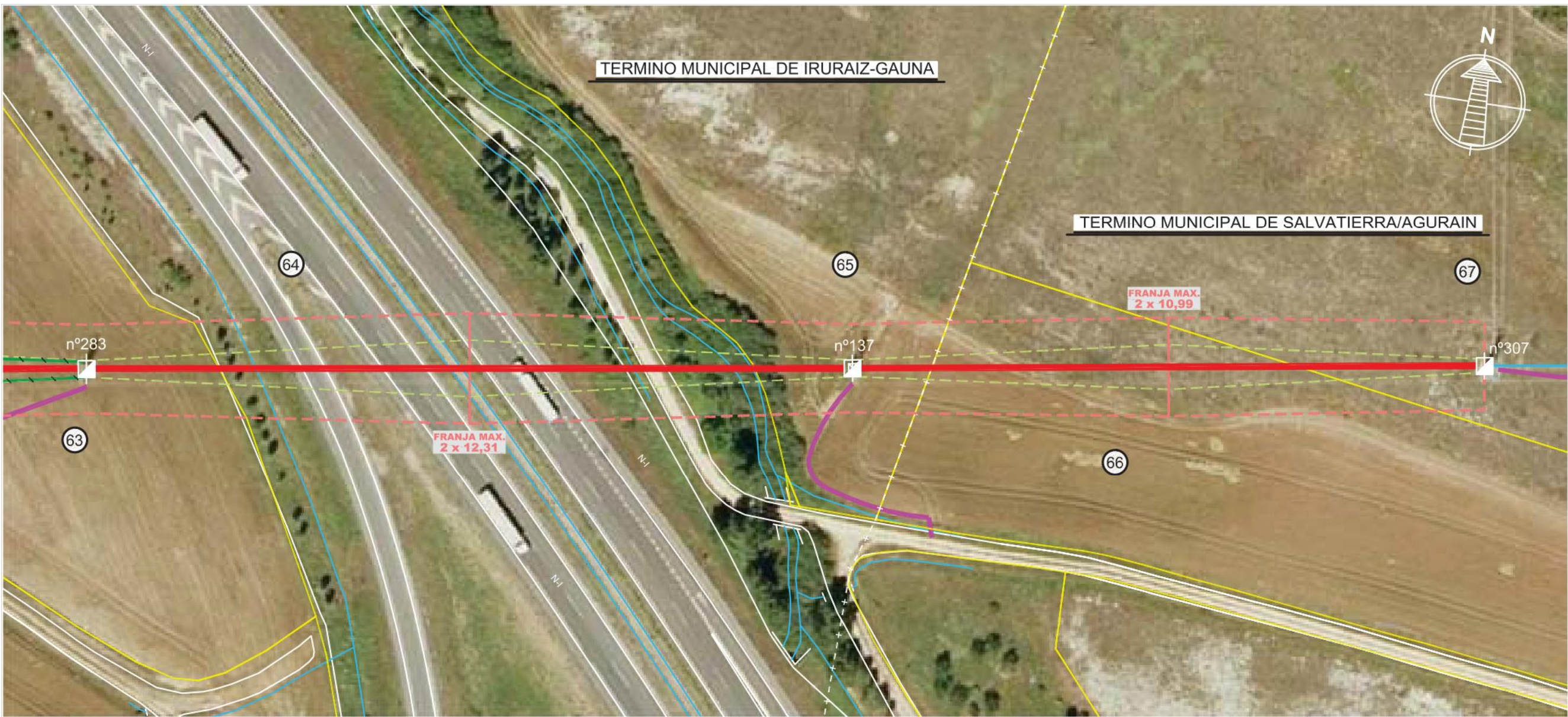
0	24/10/2022	MGY	MGY	PCA	IDE	ANEXO
EDICION	FECHA	DIBUJADO	PROYECTADO	COMPROBADO	VALIDADO	EDITADO PARA
						ESCALAS: 1/1.000 1/250
						PLANO Nº: 2 HOJA: 4 de 9
						PERFIL Y PLANTA
						PROYECTO DE L.A.A.T. DE 30kV D/C "GAMARRA-ALSASUA I Y II" POR DESMONTAJE DE LAS LINEAS AEREAS A 30kV S.C. "GAMARRA - ALSASUA I" Y "GAMARRA - ALSASUA II" ALEGRIA-DULANTZI, AGURAIN-SALVATIERRA E IRURAZ-GAUNA
						Nº REF. HEMAG: 20056.00189 EL AUTOR DEL PROYECTO: INGENIERO INDUSTRIAL: MANUEL GARCIA DIAZ COLEGADO Nº 18.153

LMT 30kV GAMARRA-ALSASUA I Y II

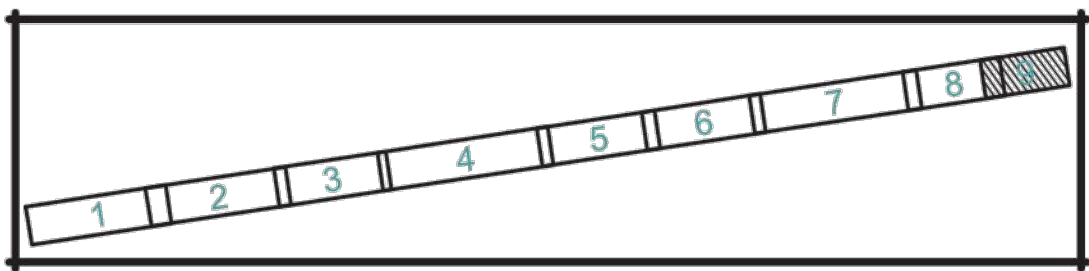
SERIE	CONDUCTOR	E.D.S.	Parabola	Vano en mts	FLECHA REGULACION EN MTS.		
					10°	15°	20°
25	LA-175	15%	Y=X²/2.054	171	2,54	2,67	2,80
26			Y=X²/1.905	141	1,71	1,82	1,93



PERFIL
H= 1/1.000
V= 1/250



PLANTA
ESC. 1/1.000



LEYENDA			
FRANJA DE PROTECCION DE ARBOLADO		APOYO CELOSIA PROYECTADO	
SERVIDUMBRE DE VUELO		APOYO CELOSIA EXISTENTE	
LAT AEREA PROYECTADA		APOYO CELOSIA EXISTETE A DESMONTAR	
LAT AEREA EXISTENTE		ZEC ROBLEDALES ISLA DE LA LLANADA ALAVESA	
LAT AEREA EXISTENTE A DESMONTAR			
CAMINO ACCESO INSTALACIONES			

0	24/10/2022	MGY	MGY	PCA	IDE	ANEXO
EDICION	FECHA	DIBUJADO	PROYECTADO	COMPROBADO	VALIDADO	EDITADO PARA

iDE Grupo IBERDROLA	Nº EXPTE: IB	ESCALAS: 1/1.000 1/250	PLANO Nº: 2	HOJA: 9 de 9
-------------------------------	--------------	---------------------------	-------------	--------------

PROYECTO DE LA A.T. DE 30kV D.C. "GAMARRA-ALSASUA I Y II" POR DESMONTAJE DE LAS LINEAS AEREAS A 30kV S.C. "GAMARRA - ALSASUA 1" Y "GAMARRA - ALSASUA 2" ALEGRIA-DULANTZI, AGURAIN-SALVATIERRA E IRURAZ-GAUNA	PERFIL Y PLANTA
---	-----------------

Grupo Hema INGENIERIA - SERVICIOS	Nº REF. HEMAG: 20056.00189
EL AUTOR DEL PROYECTO: INGENIERO INDUSTRIAL: MANUEL GARCIA DIAZ COLEGADO Nº 18.153	