



---

**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Eléctrica**

TRABAJO FIN DE GRADO:

# **Proyecto de Línea Aérea de Media Tensión**

**Autor:**

**Gozalo Ferreiro, Diego J.**

**Tutor:**

**Frechoso Escudero, Fernando  
Departamento de Ingeniería  
Eléctrica**

**Valladolid, Julio 2014.**





## RESUMEN

Este trabajo pretende adaptar una Línea Aérea de Media Tensión, que se encuentra en plena explotación, situada entre las localidades vallisoletanas de Matapozuelos y Villalba de Adaja de la normativa antigua, REAT (1968) a la legislación vigente en la actualidad, REAT (2008). Para ello, hemos reconstruido la línea, partiendo de los parámetros del proyecto original, en el software pertinente, obteniendo de nuevo la línea de Media Tensión adaptada a la reglamentación vigente.

Comparando el proyecto original con el elaborado a través de este Trabajo Fin de Grado se puede deducir que las tensiones de tendido, en Zona B (500-1000 m), son menores, posibilitando que para los mismos apoyos soporten mayores cargas.

### PALABRAS CLAVES

Ingeniería eléctrica, transporte de energía eléctrica, Línea Aérea de Media Tensión (LAMT), reglamentación/legislación, adaptación.

## ABSTRACT

This work aims to adapt a Medium Voltage Airline (MVA), which is in full operation, located between the towns of Matapozuelos and Villalba de Adaja (Valladolid) from the old regulations, REAT (1968) to the current legislation REAT (2008). With this purpose, we have reconstructed the line, based on the parameters of the original project, using the required software, and obtaining the new Medium Voltage line adapted to the current regulations.

Comparing this project with the original one, it can be deduced that the tensions lying in Zone B (500-1000 m), are smaller, consequently allowing the supports to withstand greater mechanical loads.

### KEY WORDS

Electrical engineering, transport of electric energy, Medium Voltage Airline (AMV), regulation/legislation, adaptation.



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>9</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>13</b>
1. Antecedentes y objetivo del proyecto .....	15
2. Reglamentación aplicada .....	15
3. Consideraciones medioambientales .....	16
4. Características generales de la LAMT STR .....	17
5. Descripción general de las instalaciones .....	18
6. Constitución de la LAMT .....	19
7. Resultados obtenidos .....	53
8. Final .....	69
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 1. PLANOS .....</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 2: PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>95</b>
1. Pliego de condiciones generales de líneas aéreas de AT y CTS.....	97
2. Líneas aéreas de AT y Cts. pliego de condiciones técnicas.....	103
<b>Anexo 3. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE .....</b>	<b>111</b>
1. Introducción .....	113
2. Objeto.....	113
3. Normativa general aplicable .....	113
4. Memoria .....	114
<b>Anexo 4. PROTECCIÓN DE LA AVIFÁUNA .....</b>	<b>117</b>
1. Introducción .....	119
2. Objeto.....	119
3. Aplicación .....	119
4. Medidas de prevención contra la electrocución.....	119
5. Medidas de prevención contra la colisión.....	121



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



# INTRODUCCIÓN



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



El Trabajo Fin de Grado que presentamos a continuación aborda la adaptación de una Línea Aérea de Media Tensión, entre las localidades vallisoletanas de Matapozuelos y Villalba de Adaja, de la normativa antigua del año 1968, al reglamento vigente, del año 2008.

Partimos de dos caminos paralelos unidos en un nodo final común, la elaboración del presente Trabajo Fin de Grado “Línea Aérea de Media Tensión”. El primer camino aborda la legislación acerca de las Líneas Aéreas de Media Tensión (LAMT), tanto las derogadas, como el Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión (REAT) del año 1968, como las vigentes, el caso del actual REAT del año 2008. Mientras que el segundo nos lleva por el perfil actual de la línea que se encuentra actualmente en uso.

Retomando el primero de los caminos, hemos abordado los dos reglamentos que se centran en las Líneas Eléctricas de Alta Tensión, el REAT del año 1968 y el actual, que deroga al anterior, el REAT de 2008. El presente reglamento viene dado por la necesidad de:

- Incluir un ordenamiento jurídico, del que carecía el anterior, ya que sólo proporcionaba las preinscripciones técnicas acorde a la LA a elaborar.
- Acometer el nuevo marco técnico, debido a la aparición de nuevos materiales, técnicas, procedimientos y necesidades sociales.
- Nuevo formato de reglamento al contener disposiciones técnicas y administrativas, así como Instrucciones Técnicas Complementarias.

En cuanto al segundo itinerario, el proyecto original, hemos tenido que realizar un estudio de su contenido, ya que primariamente sólo trataba el cambio de conductor y unos apoyos en un tramo concreto de la LAMT, del apoyo 3 al 26, por lo que decidimos reorganizar el planteamiento del Trabajo Fin de Grado, quedando fuera de estudio los apoyos 3 y 26 al no poder ser comparados con los originales al tener distinta función, y reelaborando toda la línea restante con el manejo de un software especializado en el cálculo eléctrico, CMAT.

Llegando al nodo final de estos caminos paralelos, se encuentra el Trabajo Fin de Grado que nos compete, la adaptación de una LAMT. La nueva reglamentación, principalmente el REAT de 2008, más el estudio completo del tramo de línea han dado como resultado un proyecto estructurado de tal manera que engloba consideraciones generales, sobretudo en cuanto a los apoyos metálicos de celosía y hormigón vibrado, para cualquier proyecto y específicas para el presente proyecto.

De manera, que después de tener fijada la estructuración que debíamos realizar para la adecuación, hemos pasado al campo de la elaboración del proyecto, teniendo en cuenta las condiciones geográficas y técnicas establecidas



en las ITCs correspondientes. Finalmente, exponemos las conclusiones y consideraciones extraídas y una reflexión personal del trabajo.



# OBJETIVOS



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**



Los objetivos que nos proponemos con la elaboración de este Trabajo Fin de Grado son los siguientes:

- **Objetivos Generales:**

- Conocer la reglamentación actual sobre líneas de Alta y Media Tensión para conseguir la adaptación de una Línea Aérea, en explotación, Matapozuelos – Villalba de Adaja (Valladolid), de la normativa antigua, REAT de 1968, a la normativa vigente, REAT de 2008.
- Conocer de manera más específica uno de los campos de actuación de la Ingeniería Eléctrica, como son las Líneas de Transporte de Energía Eléctrica, en concreto la que aborda el presente Trabajo Fin de Grado, Línea Aérea de Media Tensión, así como todo lo concerniente en su instalación.

- **Objetivos Específicos:**

- Conocer softwares específicos sobre instalaciones eléctricas, en concreto, para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado, se utilizó el software CMAT, permitiendo realizar cálculos no sólo sobre el tema a tratar, sino abriendo el ámbito a otro tipo de instalaciones.
- Mejorar la capacidad de resolución de problemas técnicos que pueden aparecer en la elaboración de un proyecto de ingeniería eléctrica, apoyándome en softwares informáticos, como por ejemplo, Matlab.
- Abordar la elaboración y adaptación de un proyecto eléctrico específico, utilizando toda la documentación y material que me han proporcionado, así como todos los recursos y conocimientos aprendidos a lo largo del Grado.



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# DESARROLLO DEL PROYECTO



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

## 1. Antecedentes y objetivo del proyecto

### 1.1. Antecedentes

Las instalaciones fueron implantadas en su día, teniendo en cuenta diferentes parámetros, como cercanía a los sitios de consumo, demanda de energía actual y futura, coste de las instalaciones, etc., tendiendo a situar éstas a las afueras de los núcleos urbanos y discurriendo por lugares abiertos, a fin de que la interferencia con cualquier otra, fuera la menor posible.

La demanda de energía hizo necesaria el cambio de conductor en la Línea Aérea de Media Tensión STR Matapozuelos – Villalba de Adaja así como la adaptación a la vigente reglamentación.

### 1.2. Objeto del Proyecto

El objeto del presente proyecto es definir las condiciones técnicas precisas para la ejecución de la obra, así como servir de documento preceptivo para obtener la Autorización de Puesta en Servicio de las mismas, por parte de la Sección de Industria del Servicio Territorial de Industria, Comercio y Turismo de Valladolid, perteneciente a la Consejería de Industria, Comercio y Turismo de la Junta de Castilla y León.

## 2. Reglamentación aplicada

La redacción del presente proyecto se atiene a las siguientes Normas y Reglamentos:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad, en Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de & de julio de 1980, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Orden de 10 de Marzo de 2000, modificando ITC MIE RAT en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER.

- Normalización Nacional. Normas UNE.
- Normas de Iberdrola. Normas NI.
- Ley 10/1997, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1966 de 20 de octubre.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salidas relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

### 3. Consideraciones medioambientales

Consciente del valor intrínseco del Medio Natural, y de la relación que existe entre éste y sus instalaciones, considera como uno más dentro de los parámetros de diseño, el factor medioambiental. A tal fin, dentro del alcance de este Proyecto, se realizan las siguientes actuaciones:

#### 3.1. En cuanto al diseño de las instalaciones

1. Reducción al máximo (y eliminación si es posible) de los puntos en tensión accesibles a los diferentes tipos de aves que puedan llegar a tener contacto con los mismos.
2. Eliminación de barreras visuales dentro del núcleo urbano, al efectuar los cruzamientos de calles con las líneas en subterráneo. Las líneas aéreas discurrirán posadas sobre fachada.
3. Instalación de CTS en lugares pocos frecuentes, o en defecto, armonizando con el entorno, formando parte del mismo.
4. La elevada calidad de los materiales empleados permite reducir (o eliminar) riesgos derivados de los posibles fallos de éstos durante un tiempo relativamente largo.
5. En el caso de disponer red aérea tensada, se eligen grandes anos, tratando de limitar el número de apoyos.
6. Se evita colocar apoyos en el interior del núcleo urbano, a la vez que se incentiva la eliminación de instalaciones aéreas dentro del mismo.
7. El diseño de instalaciones dentro del núcleo urbano mantiene un exquisito respeto a los edificios o zonas singulares (iglesias, monumentos, edificios públicos, ríos, parques, etc.) no resultando afecciones apreciables.

### 3.2. En cuanto a la ejecución de las instalaciones

8. En la fase de construcción se procurará emplear maquinaria no ruidosa, y desarrollar las labores de horas diurnas.
9. La presencia de personal durante las obras en el lugar de trabajo, se limita a realizar las actividades propias de las mismas.
10. En zonas forestales o agrícolas, los movimientos de tierras que se realicen para cimentar los apoyos, deben reponer lo más fielmente posible el paisaje a su estado anterior a las obras.
11. La época del año elegida para la construcción, deberá respetar el Medio Natural, procurando su reposición en el caso de ser alterado por elementos ajenos a las instalaciones definitivas.
12. Si es preciso proceder a la tala de arbolado o flora en general, al realizar la apertura de calles para construcción y mantenimiento, el ejecutor de las instalaciones debe disponer del correspondiente permiso por parte de las autoridades competentes.
13. Los materiales de desecho (bobinas, aisladores rotos, bidones de combustible, plásticos, botellas, cintas sobrantes, papeles, envoltorios, etc.) deben ser retirados precisamente a la finalización de la obra por parte del ejecutor de la misma. No se considera finalizada la obra sino cumple este requisito.
14. Bajo ningún concepto la ejecución de la obra (o falta de calidad en la misma), deberá representar peligro alguno para personas, animales o cosas ajenas a ellas.

### 3.3. En cuanto al mantenimiento de las instalaciones

15. La apertura de la calle para mantenimiento se realiza de forma que ésta presente el mínimo ancho posible.
16. La revisión periódica de las instalaciones objeto de este Proyecto, deberá poder ser realizada de forma fácil y sin alteraciones substanciales del Medio.

## 4. Características generales de la LAMT STR

La línea objeto del presente proyecto es aérea, radial formada por apoyos de hormigón armados, metálicos y conductor LA-110, dispuesto en triángulo, con una longitud total de 2,682 km. La línea discurre por los términos municipales de Matapozuelos y el ajeno de Villalba de Adaja. La altitud media de la zona es de +730 metros por lo tanto queda clasificada como Zona B según el RLAT.

En el aspecto eléctrico, la línea es trifásica, a tres hilos, con capacidad de transporte de 10.828 KVA en régimen permanente, para una tensión de servicio de 20 kV y un  $\cos\phi = 0,9$ . La tensión nominal actual es de 20 kV, entre fases, la que se corresponde con 24 kV de tensión más elevada, siendo la frecuencia nominal de la red de 50 Hz.

#### 4.1. Cruzamientos

Al tratarse de un cambio de conductor de una línea ya existe, los cruzamientos se autorizaron en su día, aunque atendiendo a las nueva reglamentación ha sido necesario una variación en uno de los apoyos a no cumplir la distancia horizontal reglamentaria.

### 5. Descripción general de las instalaciones

#### 5.1. Descripción General

La modificación objeto de este proyecto de la LAMT STR Matapozuelos – Villalba de Adaja se realizarán a partir de los apoyos nº3 hasta el apoyo nº 26, y consistirá en la adaptación de la línea existente a la reglamentación en vigor. Adoptando el cambio de conductor existente por LA-110, así como todos los apoyos por otros de esfuerzo suficiente para soportar adecuadamente las sollicitaciones requeridas.

#### 5.2. Materiales Empleados

##### 5.2.1. Conductores aéreos

Los conductores que se emplearán en el presente proyecto serán de aluminio-acero, en concreto el LA-110, según Norma UNE-EN 21018, cuyas características son las que figuran en la Tabla 1.

Designación del cable	LA-110
Sección de aluminio	94,22 mm <sup>2</sup>
Sección de acero	21,98 mm <sup>2</sup>
Sección total	116,2 mm <sup>2</sup>
Composición	30 Al + 7 Ac
Diámetro de alambres	2,00 mm
Diámetro aparente de cobre	14,00 mm
Carga mínima de rotura	4.310 daN
Módulo de elasticidad teórico	8.000 daN·mm <sup>-2</sup>
Coefficiente dilatación lineal	17,8x10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>
Masa	0,433 kg·km <sup>-1</sup>
Peso total	4,25 N·m <sup>-1</sup>
Resistencia eléctrica a 20°C	0,306 Ω·km <sup>-1</sup>
Densidad de corriente máxima	2.69 A·mm <sup>-2</sup>
Intensidad de corriente máxima	313 A
Equivalencia en cobre	60 mm <sup>2</sup>

Tabla 1. Características del conductor LA-110

##### 5.2.2. Armados de los apoyos

Serán metálicos de acuerdo con su función mecánica y eléctrica, e irá galvanizándose en caliente.

En el armado de todos los apoyos se utilizarán crucetas construidas con angulares de varios tamaños, y calculadas para soportar reglamentariamente los esfuerzos que las soliciten.

La carga de rotura para todas las crucetas se ha previsto superior a la reglamentaria.

### 5.2.3. Cadenas de aisladores

El aislamiento estará formado por aisladores para líneas de alta tensión según normas UNE-EN 21909 y UNE-EN 62217. Los aisladores y elementos de cadena, según normas citadas, están recogidos en la norma NI 48.08.01.

Para el presente proyecto, las cadenas de suspensión y de amarre se dispondrán con dos aisladores de vidrio U70BS.

En la Tabla 2 se muestra los herrajes utilizados en el presente proyecto.

Tipo de cadena	Amarre	Suspensión
Horquilla de bola	HB-16E	HB-16E
Rótula	Larga R-16 PE	Corta R-16
Grapa	Amarre GA-2	Suspensión GS-2
Tornillería	M-12 y M-16 Con acero F-112 y F-113	M-12 y M-16 Con acero F-112 y F-113

Tabla 2. Herrajes utilizados en las cadenas de aisladores

Las características del herraje, así como, la representación gráfica de los mismos se encuentran en el apartado 7.1 del presente proyecto.

## 6. Constitución de la LAMT

### 6.1. Apoyos

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores a los apoyos. Estos podrán ser metálicos o de hormigón.

Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos, y en caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.

No se permitirá el uso de tirantes para la sujeción de apoyo, salvo en caso de avería, sustitución o desvío provisional.

#### 6.1.1. Descripción general

De acuerdo con el apartado 2.4.1 de la ITC-LAT 07, los apoyos, atendiendo al tipo de cadena de aislamiento se clasifican según su función en:

- Apoyo de suspensión: apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión
- Apoyo de anclaje: apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará en ese punto, la prolongación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle de la propia línea.
- Apoyo de principio o fin de línea: son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento y amarre, destinados a soportar, en sentido

longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.

- Apoyos especiales: son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Atendiendo a su posición relativa respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- Apoyo de alineación: apoyo de suspensión, amarre o anclaje usado en un tramo rectilíneo de la línea.
- Apoyo de ángulo: apoyo de suspensión, amarre o anclaje colocado en un ángulo del trazado de una línea.

#### 6.1.2. Materiales constitutivos de los apoyos

##### 6.1.2.1. *Apoyos metálicos de celosía*

Los materiales utilizados para la fabricación de los apoyos será acero no aleado, para uso general en construcciones metálicas, según lo indicado en la Norma UNE 207017, que está recogida en NI 52.10.01.

La tornillería debe cumplir con lo indicado en la Norma UNE-EN 4016, las tuercas con la Norma UNE-EN 4034, arancelas con la Norma UNE-EN 7091.

Los materiales superarán las exigencias por las que han sido calculados, para asegurarse de que cumplen ampliamente con la normativa.

El apoyo estará constituido por cuatro montantes angulares de alas iguales, unidos por celosía sencilla soldada y/o atornillada, excepto la cabeza que siempre será soldada.

Consta de:

- Cabeza: Parte superior del apoyo cuya forma prismática cuadrangular, estructura, dimensiones y taladros permanece fija para todos los apoyos de la misma serie.
- Fuste: Parte inferior del apoyo cuya forma tronco piramidal de base cuadrada, será variable en función de la altura y del esfuerzo del apoyo.

A su vez el fuste contendrá el anclaje, que será la parte variable comprendida entre su base y la línea teórica de tierra y en el que no será preciso disponer de diagonales.

- Armado: Dispositivo destinado a soportar los conductores a través de preformados o de aisladores y grapas.

##### 6.1.2.2. *Apoyos de hormigón vibrado*

Los materiales utilizados para la fabricación de apoyos de hormigón, ya sean HV o HVH son los indicados en la Norma UNE-EN 207016, que está recogida en NI 52.04.01.

Los materiales superarán las exigencias por las que han sido calculados, para asegurarse de que cumplen ampliamente con la normativa.

Las partes que constan los apoyos de hormigón son:

- Cogolla: extremo superior de un poste.
- Poste o mástil: estructura vertical esbelta fijada de forma rígida en su base.
- Base: extremo inferior de un poste.

### 6.1.3. Esfuerzos

#### 6.1.3.1. *Apoyos metálicos de celosía*

- Esfuerzo nomina ( $E_n$ ): es el esfuerzo horizontal disponible en el extremo superior de la cabeza, según la dirección principal.  
Este esfuerzo se entenderá aplicado simultáneamente con las cargas siguientes:
  - o Con la carga resultante de la presión ejercida por el viento sobre el apoyo, en las condiciones indicadas en el Reglamento Técnico de Líneas de Alta Tensión.
  - o Con las cargas verticales especificadas para cada apoyo.
- Esfuerzo de desequilibrio o secundario ( $E_s$ ): es el esfuerzo horizontal disponible en el extremo superior de la cabeza según la dirección secundaria.  
Este esfuerzo se entenderá aplicado simultáneamente con las cargas verticales especificadas en cada apoyo.
- Esfuerzo de torsión ( $E_t$ ): es el esfuerzo horizontal disponible en el extremo de un armado colocado en el extremo superior de la cabeza, a una distancia “d” del centro del mismo y que tiende a hacerlo girar sobre su eje.  
Este esfuerzo se entenderá aplicado simultáneamente con las cargas verticales y transversales especificadas para cada apoyo.
- Esfuerzo de agotamiento: es el esfuerzo que aplicado según se define en los casos anteriores, origina que en alguno de los perfiles del apoyo, se alcance el agotamiento del material.
- Coefficiente de seguridad: es la relación entre el esfuerzo de agotamiento y la carga de trabajo más sobrecarga, que según el Reglamento, no deberá ser inferior a 1,5 para hipótesis de cálculo normales, y 1,2 para hipótesis de cálculo anormales.

#### 6.1.3.2. *Apoyos de hormigón vibrado*

- Esfuerzo nominal: es aquel con el que el fabricante designa al poste y representa el esfuerzo libre disponible según la dirección principal a la distancia de 0,25 metros por debajo de la cogolla.  
Este esfuerzo se entenderá aplicado simultáneamente con el esfuerzo resultante de la presión de 100 daN/m<sup>2</sup> ejercida por el viento en su mismo sentido sobre la superficie libre del poste.

- **Esfuerzo secundario:** es el esfuerzo máximo que puede soportar un poste en dirección secundaria, aplicado a 0,25 metros por debajo de la cogolla, con un coeficiente de seguridad igual al que se aplique para el esfuerzo nominal y sin consideración alguna de viento sobre el mismo.
- **Esfuerzo útil:** es el esfuerzo disponible aplicado en un punto cualquiera por encima o por debajo de la cogolla y según la dirección principal del mismo.
- **Esfuerzo de rotura:** es aquél que, aplicado según se define para postes normales y reforzados, perpendicular al eje del poste y contiene a la dirección principal.
- **Esfuerzo límite elástico:** es el esfuerzo que, aplicado a la distancia específica, perpendicular el eje del poste y contenido en el plano de flexión del mismo, origina el momento límite elástico.

6.1.4. Relación entre cargas y coeficientes de seguridad

6.1.4.1. *Apoyos metálicos de celosía*

En la Tabla 3 se relacionan las cargas y los coeficientes de seguridad para los apoyos metálicos de celosía.

Carga nominal (daN)	Carga de trabajo más sobrecarga (daN)			Cota (m) <i>d</i>	Coeficiente de seguridad	Carga de ensayo (daN)		
	<i>V</i>	<i>L o T</i>	<i>L<sub>t</sub></i>			<i>V</i>	<i>L o T</i>	<i>L<sub>t</sub></i>
500	600	500			1,5	900	750+W	
	600		500	1,5	1,2	720		600
1000	600	1000			1,5	900	1500+W	
	600		700	1,5	1,2	720		840
2000	600	2000			1,5	900	3000+W	
	600		1400	1,5	1,2	720		1680
3000	800	3000			1,5	1200	4500+W	
	800		1400	1,5	1,2	960		1680
4500	800	4500			1,5	1200	6750+W	
	800		1400	1,5	1,2	960		1680
7000	1200	7000			1,5	1880	10500+W	
	1200		2500	1,5	1,2	1440		3000
9000	1200	9000			1,5	1800	13500+W	
	1200		2500	1,5	1,2	1440		3000

- 1) La carga vertical *V* se aplica en el eje del apoyo, en el extremo superior de la cabeza
- 2) Las cargas *L* o *T* se aplican horizontalmente, en el extremo superior de la cabeza.  
A la carga de ensayo *L* o *T*, se le debe añadir, aplicado en varios tramos del apoyo, la carga *W* resultante de la presión ejercida por el viento sobre el apoyo, calculado conforme a la legislación vigente para una velocidad de viento de 120km/h multiplicando por el coeficiente de seguridad.
- 3) La carga *L<sub>t</sub>* se aplica horizontalmente, en el extremo superior de la cabeza y a una distancia “*d*” del eje del apoyo.

Tabla 3. Cargas y coeficientes de seguridad en un apoyo de celosía según Norma UNE-EN 207017

#### 6.1.4.2. Apoyos de hormigón vibrado

Los esfuerzos y momentos de rotura a la torsión de los apoyos tipo HV, se muestran en la Tabla 4 los puntos de aplicación de dichos esfuerzos se encuentran representados en la Figura 2.

Nominal		Secundario		Momento de rotura a torsión (daN·m)
Esfuerzo $T$ (daN)	Coefficiente de seguridad	Esfuerzo $L$ (daN)	Coefficiente de seguridad	
160	2,25	100	2,25	-
250	2,25	160	2,25	-
400	2,25	250	2,25	-
630	2,25	360	2,25	-
800	2,25	400	2,25	-
1000	2,25	500	2,25	540
1600	2,25	600	2,25	540

Tabla 4. Esfuerzos, coeficientes de seguridad y momentos de rotura a torsión para los apoyos de HV, según Norma UNE-EN 207016

#### 6.1.5. Dimensiones de apoyos

##### 6.1.5.1. Apoyos celosía metálica

Los apoyos están compuestos por cabeza y fuste siendo el anclaje la parte inferior del fuste. Entre la parte inferior del fuste y la línea de tierra teórica no es preciso disponer de diagonales, salvo las necesarias para facilitar el montaje.

Las alturas nominales de los apoyos de celosía deben ser 10-12-14-16-18-20-22-24 y 26 m, con una tolerancia de  $\pm 0,20$  m. alturas superiores no son consideradas en la Norma UNE-EN 207017.

##### - Cabeza

La cabeza de estos apoyos debe tener la estructura y dimensiones que se indica en la Figura 1 y disponer de los refuerzos y taladros adecuados de forma que no impidan el engarce de los armados y/o extensionamientos.

(Véase figura en la página siguiente)

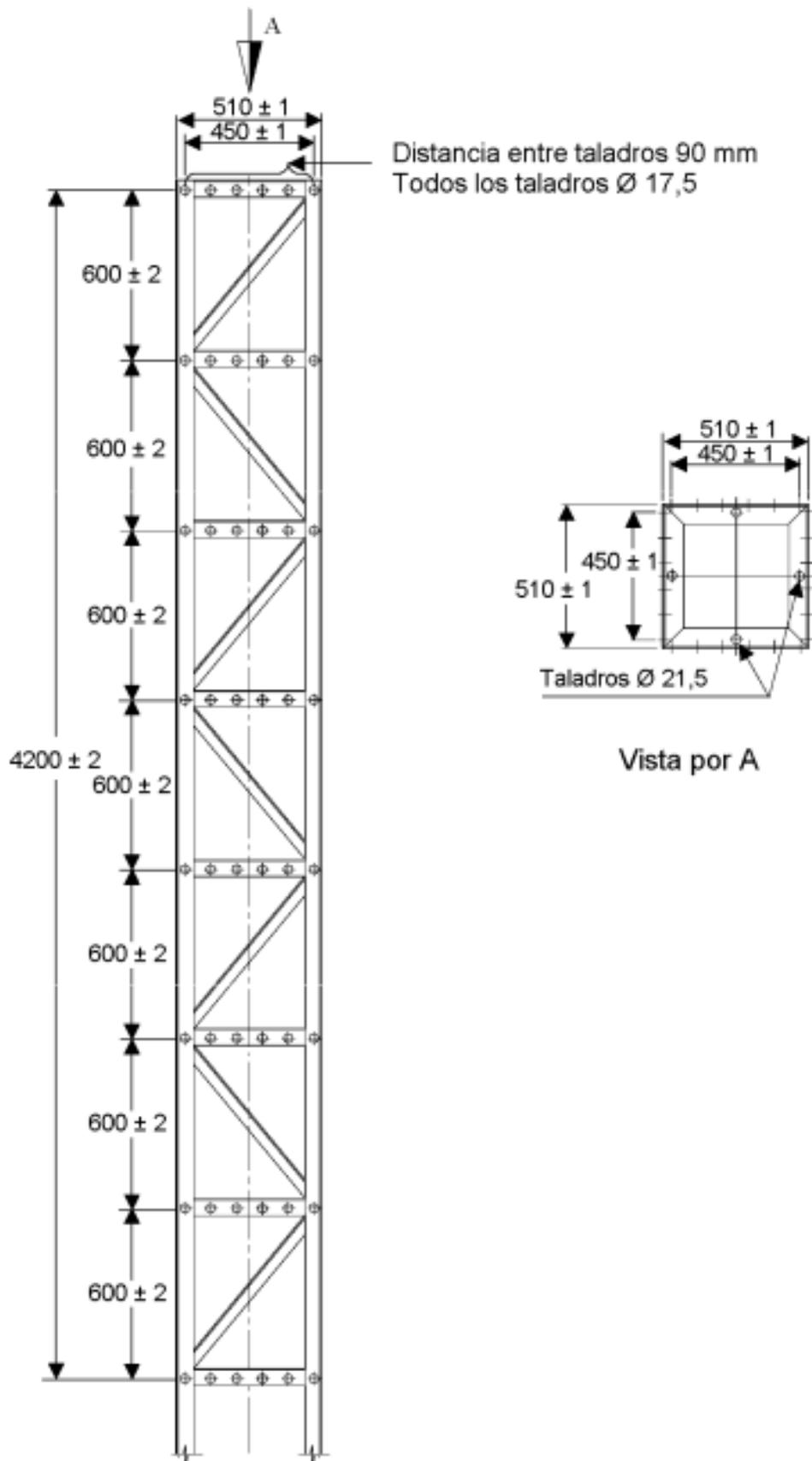


Fig. 1. Cabeza de los apoyos de celosía

- Fuste

El fuste debe estar formado por tramos de 6,5 metros de longitud máxima. Las dimensiones máximas en metros de la base del apoyo, extremo inferior del fuste, se indica en la Tabla 4, a efecto de cálculo y ensayo, se fijan las distancias en metros entre el nivel teórico del terreno y la base, extremo inferior del fuste.

Carga Nominal (daN)	Altura nominal (m)								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26
≤ 4500	0,85 x 0,85	1,00 x 1,00	1,10 x 1,10	1,20 x 1,20	1,25 x 1,25	1,30 x 1,30	1,45 x 1,45	1,60 x 1,60	1,75 x 1,75
7000 - 9000	-	1,30 x 1,30	1,55 x 1,55	1,65 x 1,65	1,80 x 1,80	2,00 x 2,00	2,20 x 2,20	2,40 x 2,40	2,60 x 2,60

Tabla 5. Dimensiones máximas de la base de los apoyos de celosía

Carga nominal (daN)	Altura nominal (m)								
	10	12	14	16	18	20	22	24	26
500	1,30	1,30	1,40	1,40	1,50	1,50	1,60	1,70	1,70
1000	1,60	1,60	1,70	1,70	1,80	1,80	1,80	1,90	2,00
2000	1,60	1,90	1,90	2,00	2,00	2,10	2,10	2,20	2,30
3000	1,70	2,00	2,10	2,20	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60
4500	1,90	2,20	2,30	2,40	2,40	2,50	2,50	2,70	2,70
7000	-	2,30	2,40	2,50	2,50	2,60	2,60	2,70	2,70
9000	-	2,50	2,60	2,70	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80

Tabla 6. Distancias entre la línea de tierra y la base de los apoyos de celosía

6.1.5.2. Apoyos hormigón vibrado

En la Figura 2 se representa la configuración geométrica general de un poste tipo HV.

En la Figura 3 se muestra las vistas de la cabeza tanto de la cara ancha como de la cara estrecha y la disposición de los orificios pasantes. Estos orificios tendrán un diámetro de  $18 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$ .

En la Tabla 7 se establecen las medidas nominales de la cogolla y las longitudinales de los postes de tipo HV.

La medida nominal en cada sección será la que resulte en función de la conicidad adoptada para sus caras.

La conicidad adoptada para la cara estrecha debe ser de  $(13 \pm 2) \text{ mm/m}$  y la conicidad adoptada para la cara ancha de  $(21 \pm 2) \text{ mm/m}$ .

Esfuerzo Nominal (daN)	Medidas cogolla (mm x mm)	Longitud (m)				
		9	11	13	15	17
160	110 x 145	X	X			
250		X	X	X		
400	140 x 200	X	X	X	X	X
630		X	X	X	X	X
800		X	X	X	X	X
1000	170 x 255	X	X	X	X	X
1600		X	X	X	X	X

Tabla 7. Medidas nominales de cogolla y longitudes y esfuerzos de los postes tipo HV

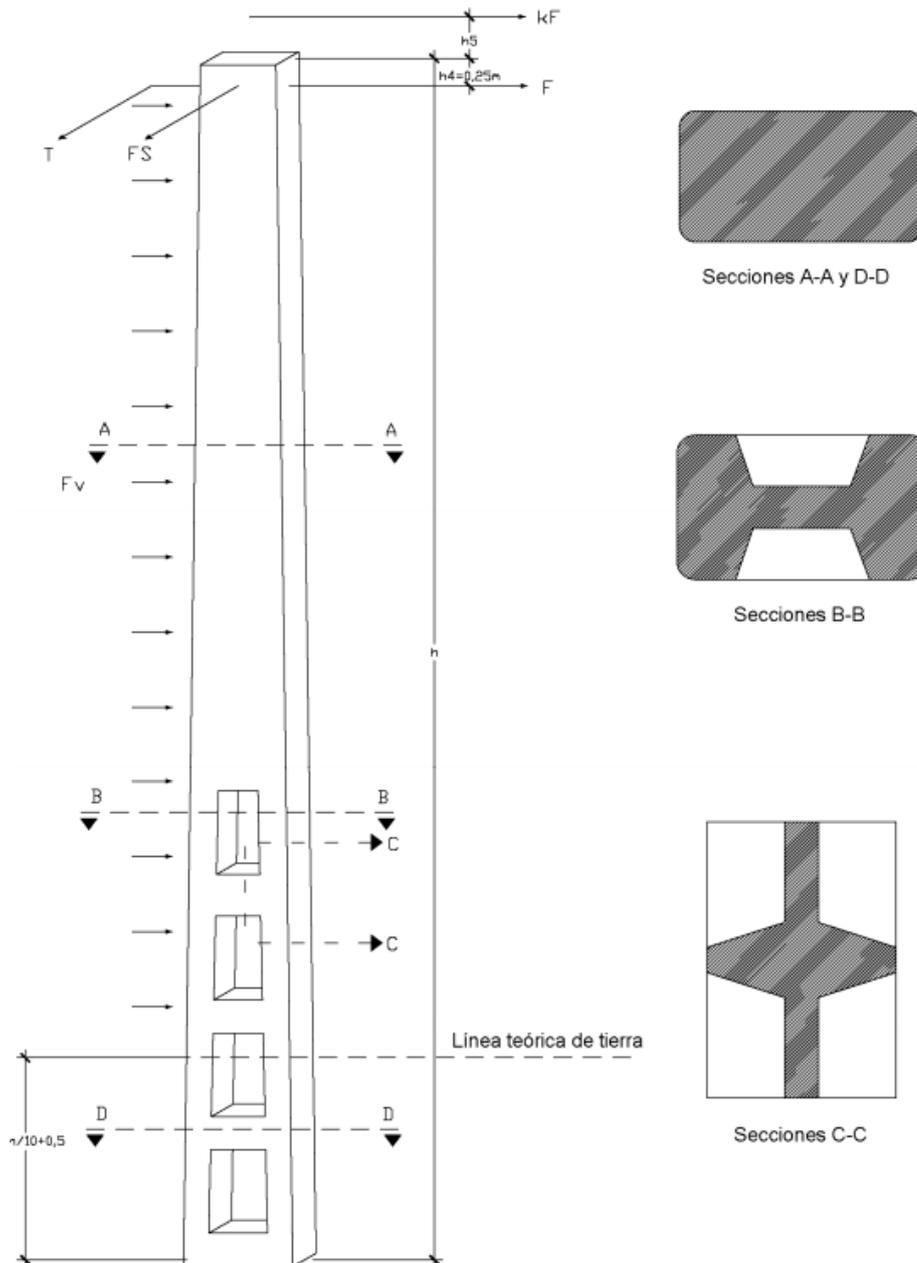


Figura 2. Configuración geométrica general de un poste tipo HV

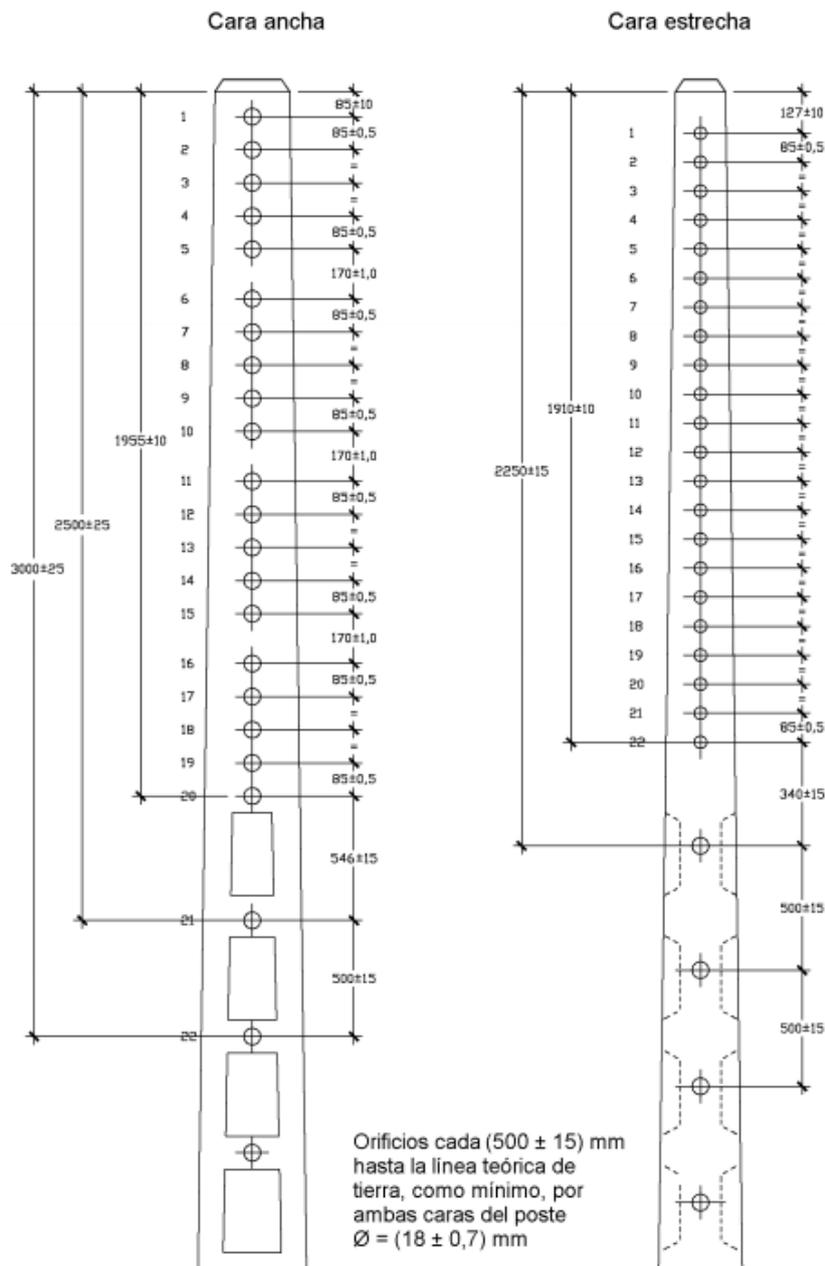


Figura 3. Configuración geométrica general y disposición de orificios pasantes de un poste tipo HV

### 6.1.6. Puestas a tierra

#### 6.1.6.1. Apoyos metálicos de celosía

Los cuatro montantes de cada apoyo llevarán, a 0,40 m. por encima del nivel teórico del terreno, un taladro de  $13,5\text{mm} \pm 0,5$  mm de diámetro para la conexión de la puesta a tierra.

### 6.1.6.2. Apoyos de hormigón vibrado

Los postes dispondrán de dos bornes idénticos para la puesta a tierra, en la misma cara del poste. Esta cara será en los postes tipo HV la cara estrecha.

El tornillo, de calidad 5.6 y la placa de 50mm x 50mm, deben ser galvanizados. El tornillo debe suministrarse instalado en el poste.

La soldadura de la toma a tierra de la armadura será al menos de 30 mm de longitud y continua en dos tramos.

El borne superior estará situado, en ambos tipos de postes, a 2,10 metros  $\pm$  0,05 metros de la cogolla.

El borne inferior estará situado a la distancia  $h$  que dependerá del tipo de poste, teniendo una tolerancia de  $\pm$  0,05 metros.

Entre ambos bornes deberá existir continuidad eléctrica.

Esfuerzo nominal (daN)	Longitud (m)				
	9	11	13	15	17
160	2,00	2,10	-	-	-
250	2,00	2,10	2,30	-	-
400	2,20	2,30	2,50	-	-
630	2,20	2,30	2,50	2,60	2,70
800	2,20	2,30	2,50	2,60	2,70
1000	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70
1600	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70

Tabla 8. Distancia,  $h$ , del borne inferior a la base del poste tipo HV

### 6.1.7. Marcas

#### 6.1.7.1. Apoyos metálicos de celosía

Todos los componentes sueltos que componen los apoyos tienen que ir marcados con el número de pieza de forma indeleble para ser identificadas y facilitar su montaje.

En cada uno de los tramos o piezas sueltas (perfiles, carteles, etc.) debe ir a la marca del fabricante del apoyo y el número de la pieza de acuerdo con el plano de montaje correspondiente. Los montantes deben llevar un código que identifique la carga nominal del apoyo. Estas marcas deben ser fácilmente legibles una vez estén las piezas montadas en el apoyos.

Los tornillos deben llevar grabado o en relieve en la parte superior de la cabeza, la marca del fabricante y la case de resistencia.

#### 6.1.7.2. Apoyos de hormigón vibrado

Los postes deben llevar una placa de características en al que se hará constar de forma indeleble y fácilmente legible.

La placa debe medir  $90 \times 60 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ , y un espesor de  $0,6 \text{ mm}$  a  $0,8 \text{ mm}$  de aluminio. Situándose de forma que quede a  $4 \text{ m} \pm 0,20 \text{ m}$  de la base del poste. Teniendo el siguiente diseño:



Figura 4. Placa de características

Para la rápida identificación de los postes, la cogolla debe estar pintada, el color dependerá del esfuerzo principal del apoyo.

Esfuerzo nominal (daN)	Color de identificación
160	Naranja
250	Negro
400	Azul
630	Rojo
800	Amarillo
1000	Verde
1600	Blanco

Tabla 9. Colores de identificación para postes tipo HV

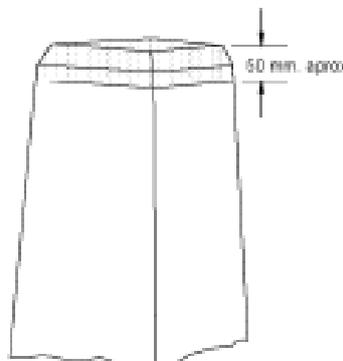


Figura 5. Pintado de cogolla

### 6.1.8. Designación

#### 6.1.8.1. Apoyos metálicos de celosía

Los apoyos se designarán por medio de tres siglas y números dispuestos en el orden y con el significado siguiente:

- La sigla C, indicativa del tipo de poste de celosía.
- Cifras que expresan, en daN, el esfuerzo nominal del apoyo.
- Cifras que expresan, en m, la altura total del apoyo.

#### 6.1.8.2. Apoyos hormigón vibrado

Los apoyos se designarán por medio de grupos de siglas y cifras. Estos grupos de siglas y cifras, dispuestos en el orden indicado a continuación, tendrán el significado siguiente:

- La sigla HV, indicativas del tipo de poste de hormigón vibrado.
- Cifras que expresan, en daN, el esfuerzo nominal del apoyo.
- La sigla R o N, indicativa del poste reforzado o normal respectivamente.
- Cifras que expresan, en m, la altura total del poste.

## 6.2. Crucetas

Las crucetas a utilizar serán metálicas, según las normas:

- NI 52.30.22: Crucetas de bóveda de alimentación para apoyos de líneas eléctricas aéreas de tensión nominal hasta 20 kV.
- NI 52.31.02: Crucetas rectas y semicrucetas para líneas eléctricas aéreas de tensión nominal hasta 20 kV.
- NI 52.31.03: Crucetas bóveda de ángulo y anclaje para apoyos de perfiles metálicos de líneas eléctricas aéreas de tensión nominal hasta 20 kV.

En la Tabla 21, del apartado 7.2 del presente proyecto, aparecen las crucetas adoptadas.

## 6.3. Señalización de riesgo

La señalización de riesgo eléctrico consistirá en una marca estampada en el hormigón, que tenga el hombre alcanzado por el rayo, según la siguiente figura. La marca estará formada por el propio material del apoyo y realizada en el mismo proceso de fabricación de dicho apoyo, de manera que forme un cuerpo en él.

La marca estará situada a 4 metros, aproximadamente, de la base del poste.

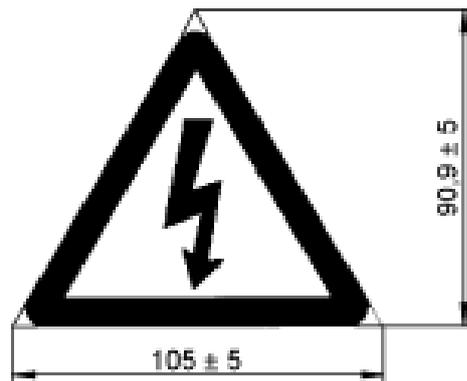


Figura 6. Señalización de riesgo eléctrico estampada (medidas en mm)

#### 6.4. Cálculo Eléctrico de la Línea de A.T.

##### 6.4.1. Densidad máxima admisible

La densidad máxima de corriente admisible en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia 50 Hz se deduce de la tabla 11 de la ITC - 07 del R.L.A.T.

Para el conductor LA - 110 del presente proyecto, dicho valor es:

$$\sigma = 2,69 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2}$$

Por lo tanto, la intensidad máxima es:

$$I = \sigma \cdot S = 2,69 \text{ A} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot 116,2 \text{ mm}^2 = 312,578 \text{ A}$$

##### 6.4.2. Reactancia

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

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \left( \frac{\Omega}{\text{km}} \right)$$

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

$$L = (0,53 + 4,605 \cdot \log \left( 2 \cdot \frac{Dm}{d} \right)) \cdot 10^{-4} \left( \frac{H}{\text{km}} \right)$$

llegando a:

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot (0,53 + 4,605 \cdot \log \left( 2 \cdot \frac{Dm}{d} \right)) \cdot 10^{-4} \left( \frac{\Omega}{\text{km}} \right)$$

Siendo:

X = Reactancia aparente ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )

f = Frecuencia de la red (Hz = 50)

Dm = separación media geométrica entre conductores (mm)

$\emptyset$  = diámetro del conductor (mm)

El valor de  $D_m$  se determina a partir de las distancias entre conductores  $d_{12}$ ,  $d_{13}$  y  $d_{23}$  que proporcionan las crucetas elegidas, representadas en los planos.

$$D_m = \sqrt[3]{d_{12} \cdot d_{13} \cdot d_{23}}$$

Aplicando valores:

Separación entre conductores (m)	$D_m$	$X \left( \frac{\Omega}{\text{km}} \right)$
1,5	1.889,88	0,3684

#### 6.4.3. Caída de tensión

En el Gráfico 1 se recoge la caída de tensión comparativa para las condiciones habituales de trabajo, con los parámetros allí expuestos.

El Gráfico 1 se muestra el momento eléctrico en función de la caída de tensión, obtenida a partir de la expresión:

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

Siendo:

P = potencia (kW)

U = Tensión de servicios (20 kV)

R = Resistencia a 20°C ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )

X = Reactancia ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )

$\cos\varphi$  = factor de potencia

L = Longitud de línea (km)

*(Véase gráfica en la página siguiente)*

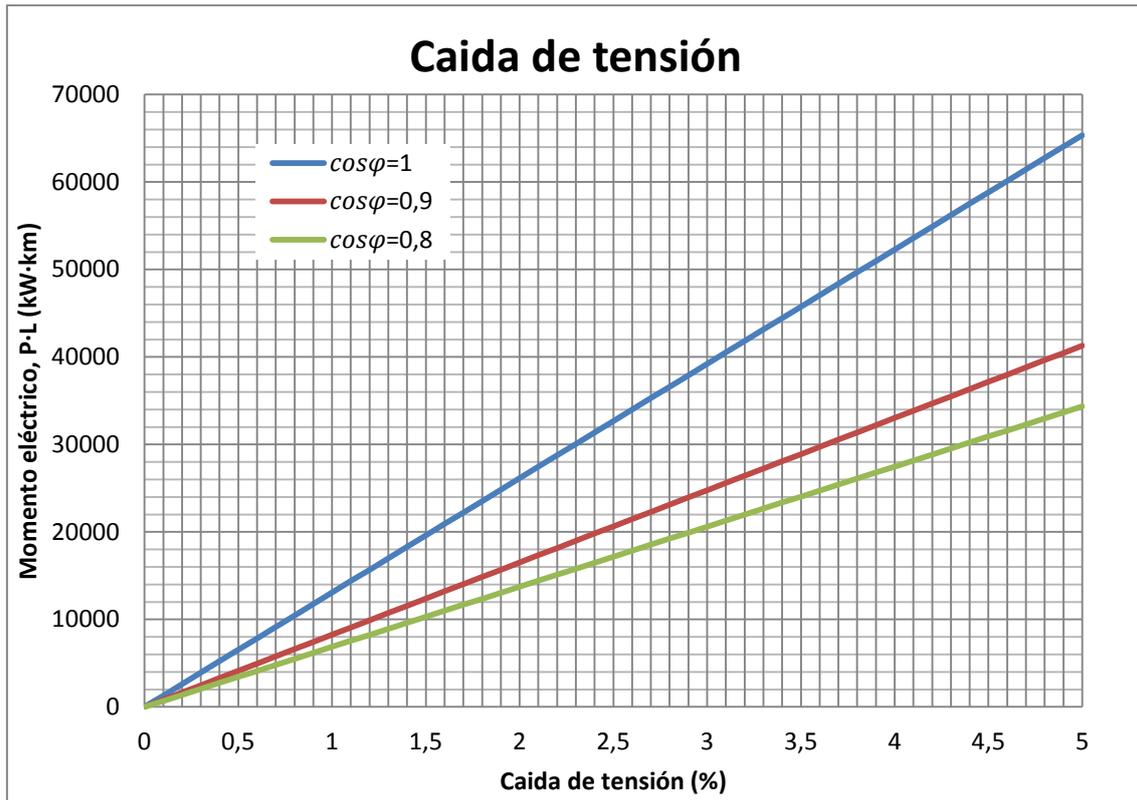


Gráfico 1. Momento eléctrico en función de la caída de tensión (%)

#### 6.4.4. Potencia de transporte

La intensidad admisible del conductor LA-110 en régimen permanente es de 312,578 A.

La potencia máxima de transporte que vamos a tener en la línea será:

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

Siendo:

U = Tensión de servicios (20 kV)

cosφ = factor de potencia (0,9)

I<sub>máx</sub> = intensidad máxima admisible por el conductor (312,578 A)

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \cdot 20000 \cdot 312,578 \cdot 0,9 = 9745,21759 \text{ kW}$$

En el Gráfico 2 se representa la potencia de transporte de los conductores utilizados (LA-110), para diferentes caídas de tensión admisibles en función de la longitud de la línea, y para una tensión de servicio de 20 kV.

Dicho gráfico está calculado en base a la expresión.

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

Siendo:

- P = potencia (kW)
- U = Tensión de servicios (20 kV)
- R = Resistencia a 20°C ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )
- X = Reactancia ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )
- $\cos\varphi$  = factor de potencia
- L = Longitud de línea (km)
- $\nabla U$  = Caída de tensión (%)

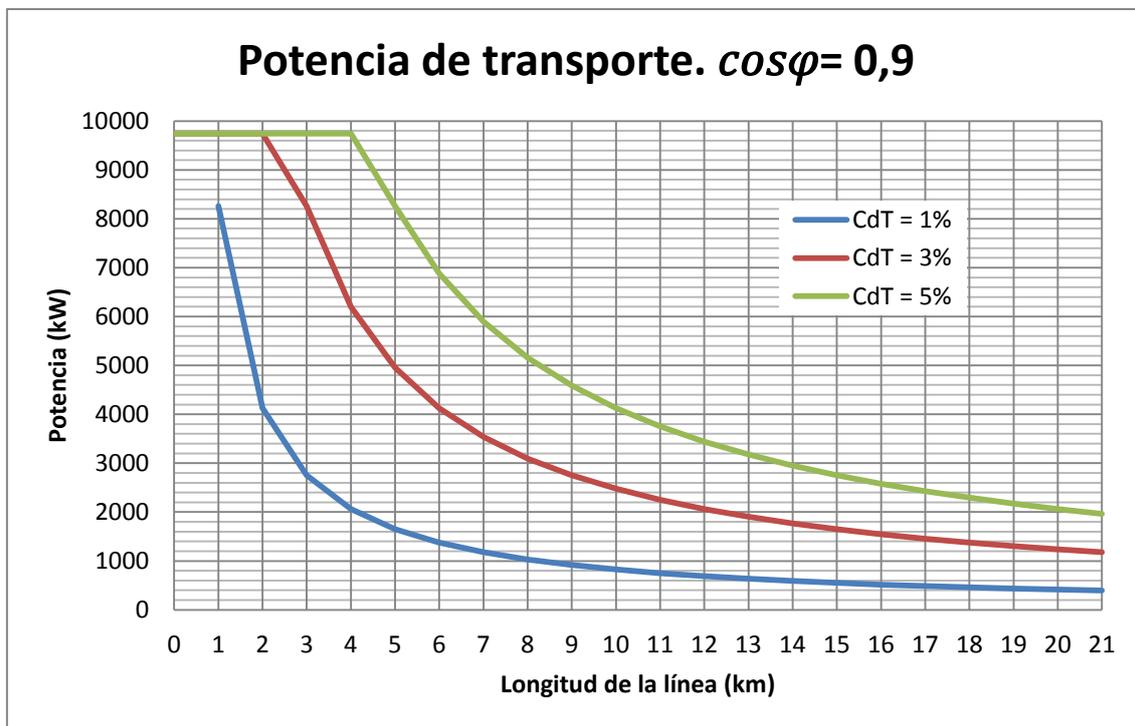


Gráfico 2. Potencia transportada en función de la longitud de la línea

#### 6.4.5. Pérdida de potencia

En el Gráfico 3 se recoge la pérdida de potencia por efecto Joule para las condiciones habituales de trabajo.

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

$$\nabla P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2 = \frac{P^2 \cdot L \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

$$\nabla P(\%) = \frac{\nabla P}{P} \cdot 100 = \frac{P \cdot L \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi}$$

Siendo:

- P = potencia (kW)
- U = Tensión de servicios (20 kV)
- R = Resistencia a 20°C ( $\Omega \cdot \text{km}^{-1}$ )
- I = Intensidad de régimen (A)
- $\cos \varphi$  = factor de potencia
- L = Longitud de línea (km)
- $\nabla P$  = Pérdida de potencia (%)

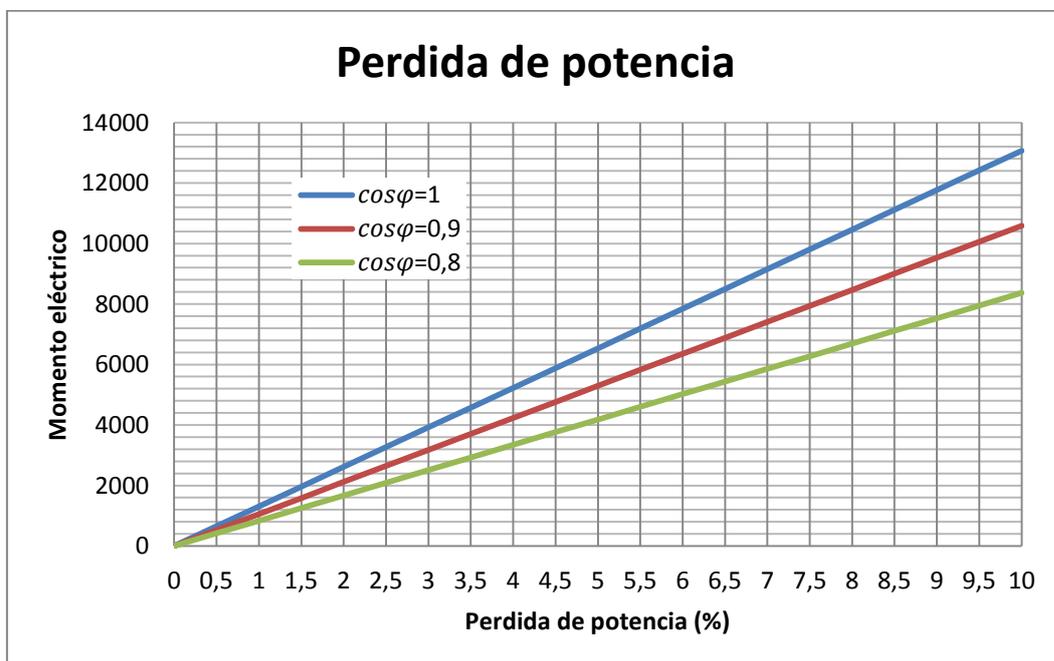


Gráfico 3. Momento eléctrico en función de la pérdida de potencia (%)

#### 6.4.6. Características del conductor en el punto de entroke

Los siguientes datos han sido proporcionados por la compañía suministradora de energía.

##### 6.4.6.1. Datos de partida

- Distancia desde la STR hasta el punto de conexión: 2,682 km.
- Resistencia de difusión a tierra 1 omh.
- Corriente homopolar mínima de actuación del relé 40 A.
- Tensión en el punto de entronque 20 kV.

##### 6.4.6.2. Cortocircuito Tripolar

- Potencia máxima trifásica: 500 MVA.
- Potencia mínima trifásica: 350 MVA.

#### 6.4.6.3. Cortocircuito Fase-Tierra

- Intensidad monofásica de 0,5 a 1,5 kA.

#### 6.4.6.4. Tiempos de actuación de Protecciones

- Tiempo máximo de desconexión en el caso de falta es de 300 ms para todos los valores.
- El tiempo de reenganche primero es de 3 segundos.
- El tiempo de reenganche segundo es de 30 segundos.

### 6.5. Cálculo mecánico de la Línea Aérea

#### 6.5.1. Cálculo mecánico de los conductores, para el LA-110

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, para el presente proyecto se ha elegido un coeficiente de seguridad igual a 5, 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 tensión de trabajo de los conductores a 15°C, sin ninguna sobrecarga no exceda del 15% de la carga de rotura EDS (tensión de cada día, Every Day Stress). En el presente proyecto el EDS es del 8%.
- 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 apoyo 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 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 el b), se tiene en cuenta el tense límite dinámico del conductor bajo el punto de vista del fenómeno vibratorio eólico del mismo.

Las condiciones que se establecen en la Tabla 10 y en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07 sobre la tracción y flecha máxima, aplicadas al tipo de línea y conductor, son las siguientes:

*(Véase en la página siguiente)*

Hipótesis		Zona A	Zona B	Zona C
Tracción máxima	Viento	-5 °C + Viento (120 km/h)	-10 °C + Viento (120 km/h)	-15 °C + Viento (120 km/h)
	Hielo	No aplica	-15 °C + Hielo	-20 °C + Hielo
Flecha máxima	Viento	+15 °C + Viento (120 km/h)		
	Hielo	0 °C	0 °C + Hielo	0 °C + Hielo
	Temperatura	+50 °C		

Tabla 10. Condiciones de tendido para la tracción y flecha máxima en función de la zona.

### 6.5.1.1. Tablas de cálculo mecánico

La Tabla 22 del apartado 7.3 del presente proyecto representa la tabla de tendido, corresponde a un EDS del 8% con una tensión constante de 344,7 daN a la temperatura de 15°C.

El Gráfico 4 del apartado 7.11.3 del presente proyecto, corresponde a las tensiones de tendido en condiciones de tracción máxima, EDS y carga de rotura partido por coeficiente de seguridad (CS = 5).

Para la obtención de las tensiones correspondientes a diferentes temperaturas y sobrecargas, se ha utilizado la ecuación de cambio de condiciones partiendo de la tensión indicada de 344,7daN.

#### Justificación de la tabla de tensiones y flechas para LA-110

Para la obtención de las tensiones correspondientes a diferentes temperaturas y sobrecargas, se ha utilizado la ecuación de cambios de condiciones, cuya expresión es:

$$T_2^2 \cdot \left[ T_2 + \frac{V^2 \cdot E \cdot S \cdot P_1^2}{24 \cdot T_1^2} + E \cdot S \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right] = \frac{V^2 \cdot S \cdot E \cdot P_2^2}{24}$$

Haciendo:

$$A = \frac{V^2 \cdot E \cdot S \cdot P_1^2}{24 \cdot T_1^2} + S \cdot E \cdot \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_1) - T_1$$

$$B = \frac{V^2 \cdot S \cdot E \cdot P_2^2}{24}$$

Quedando la fórmula:

$$T_2^2 \cdot [T_2 + A] = B$$

En esta ecuación son:

$T_1$  = Tensión inicial del conductor (344,7 daN) con un EDS del 8%.

$T_2$  = Tensión mecánica a calcular, a la temperatura y condiciones que correspondan.

$\theta_1$  = Temperatura inicial del conductor (15 °C)

$\theta_2$  = Temperatura correspondiente a la tensión que se quiere determinar (°C)

- $P_1$  = Peso propio del conductor (0,433 kg·km<sup>-1</sup>)  
 $P_2$  = Resultante del peso propio del conductor y sobrecarga correspondiente (kg·km<sup>-1</sup>)  
 $E$  = Modulo de elasticidad (8.000 daN·mm<sup>-2</sup>)  
 $S$  = Sección del conductor (116,2 mm<sup>2</sup>)  
 $\alpha$  = Coeficiente de dilatación lineal del cable (17,8x10<sup>-6</sup> °C<sup>-1</sup>)  
 $V$  = Vano de cálculo (m)

Las flechas correspondientes se han determinado mediante la ecuación:

$$F = \frac{V^2 \cdot P_2}{8 \cdot T_2}$$

Aplicando directamente al presente proyecto con conductor LA-110:

$$A = \frac{V^2 \cdot 8000 \cdot 116,2 \cdot 0,433^2}{24 \cdot 344,7^2} + 116,2 \cdot 8000 \cdot 17,8 \cdot 10^{-6} \cdot (\theta_2 - 15) - 344,7$$

$$A = 0,611 \cdot V^2 + 16,5469 \cdot (\theta_2 - 15) - 344,7$$

$$B = \frac{V^2 \cdot 116,2 \cdot 8000 \cdot P_2^2}{24}$$

$$B = 38733 \cdot V^2 \cdot P_2^2$$

Por lo tanto, obtenemos:

$$T_2^2 \cdot [T_2 + 0,611 \cdot V^2 + 16,5469 \cdot (\theta_2 - 15) - 344,7] = 38733 \cdot V^2 \cdot P_2^2$$

#### 6.5.1.2. Vano de regulación

Se trata del vano ideal de regulación, correspondiente al conjunto de vanos limitado por dos apoyos con cadenas de amarre, cantón, viene dado por:

$$V_{eq} = \sqrt{\frac{\sum V^3}{\sum V}}$$

Siendo:

$V_{eq}$  = Vano de ideal regulación (m).

$V$  = Longitud de cada uno de los vanos con aislamiento suspendido comprendidos entre dos apoyos de amarre (m).

**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.

En la Tabla 23 del apartado 7.3 del presente proyecto se observa las tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias para los vanos de la LAMT.

En la Tabla 24 del apartado 7.3 del presente proyecto se observa las tensiones y flechas de tendido para los vanos de la LAMT.

### 6.5.2. Cálculo mecánico de los apoyos

#### 6.5.2.1. Hipótesis de cálculo

El cálculo mecánico de los apoyos se realizará atendiendo a las condiciones descritas en la ITC-LAT 07, apartado 3.5.3 encontrándose distribuidas por el tipo de apoyo.

En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre, se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifique simultáneamente las siguientes condiciones:

- Que los conductores y cables de tierra tengan un coeficiente de seguridad de 3 como mínimo
- Que el coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera sea el correspondiente a las hipótesis normales.
- Que se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

Las hipótesis a aplicar según el tipo de apoyo son las siguientes:

Tipo de apoyo	Tipo de esfuerzo	1º hipótesis (Viento)	2º hipótesis (Hielo)	3º hipótesis (Desequilibrios de tracciones)	4º hipótesis (Rotura de conductores)
Alineación Suspensión	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento			
	L			Desequilibrio Tracción	Rotura Conductor
Alineación Amarre	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento			
	L			Desequilibrio Tracción	Rotura conductor

Tipo de apoyo	Tipo de esfuerzo	1º hipótesis (Viento)	2º hipótesis (Hielo)	3º hipótesis (Desequilibrios de tracciones)	4º hipótesis (Rotura de conductores)
<b>Ángulo Suspensión</b>	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento Resultante de ángulo	Resultante de ángulo	Desequilibrio Tracción Resultante de ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo
	L			Desequilibrio Tracción Resultante de ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo
<b>Ángulo Amarre</b>	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento Resultante de ángulo	Resultante de ángulo	Desequilibrio tracción Resultante de ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo
	L	Resultado ángulo	Resultado ángulo	Desequilibrio tracción Resultado ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo
<b>Anclaje Alineación</b>	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento			
	L			Desequilibrio tracción	Rotura conductor
<b>Anclaje Ángulo</b>	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo	Cargas permanentes Hielo
	T	Viento Resultante de ángulo	Resultante de ángulo	Desequilibrio tracción Resultado ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo
	L	Resultante de ángulo	Resultado ángulo	Desequilibrio tracción Resultante de ángulo	Rotura conductor Resultante de ángulo

Tipo de apoyo	Tipo de esfuerzo	1º hipótesis (Viento)	2º hipótesis (Hielo)	3º hipótesis (Desequilibrios de tracciones)	4º hipótesis (Rotura de conductores)
Fin de línea	V	Cargas permanentes Viento	Cargas permanentes Hielo		Cargas permanentes Hielo
	T	Viento			
	L	Desequilibrio Tracción	Desequilibrio Tracción		Rotura conductor

Tabla 11. Hipótesis de cálculo para apoyos – Zona B (V= vertical, T=transversal, L=longitudinal)

### 6.5.2.2. Coeficientes de seguridad

Los coeficientes de seguridad de los apoyos serán diferentes según el carácter de la hipótesis de cálculo a que han de ser aplicados. En este sentido, las hipótesis se clasifican de acuerdo en la Tabla 12.

Tipo de apoyo	Hipótesis normales	Hipótesis anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Ángulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª
C.S. apoyo metálico	≥ 1,5	≥ 1,2
C.S. apoyo hormigón	≥ 3	≥ 2,5

Tabla 12. Hipótesis y coeficientes de seguridad

### 6.5.2.3. Cálculo de apoyos de alineación suspensión

Las cargas verticales, transversales y longitudinales que afectan apoyos, se calculan siguiendo los procedimientos siguientes:

#### 1ª hipótesis (viento)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

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

Las cargas transversales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot q \cdot \varnothing \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \text{ (daN)}$$

## 2º hipótesis (hielo)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

$$P_{\text{cond+hielo}} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_h}{p} \cdot \left( \frac{d_1}{a_1} - \frac{d_2}{a_2} \right) \right] (\text{daN})$$

Las cargas transversales y longitudinales en el tipo de apoyos que nos ocupa es cero.

## 3º hipótesis (desequilibrio de tracciones)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son las deducidas en la hipótesis número dos.

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

## 4º hipótesis (rotura de conductores)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son las deducidas en la hipótesis número dos.

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = (\%rot) \cdot T_h$$

### 6.5.2.4. Cálculo de apoyos de ángulo amarre

Las cargas verticales, transversales y longitudinales que afectan a apoyos, se calculan siguiendo los procedimientos siguientes:

## 1º hipótesis (viento)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

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

Las cargas transversales que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot \left( q \cdot \emptyset \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + R_{\text{angulo}} \right) (\text{daN})$$

Siendo:

$$R_{\text{angulo}} = (T_{v1} + T_{v2}) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

## 2º hipótesis (hielo)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

$$P_{\text{cond+hielo}} = n \cdot p_p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p} \cdot \frac{d_1}{a_1} - \frac{T_{h2}}{p} \cdot \frac{d_2}{a_2} \right] \text{ (daN)}$$

Las cargas transversales que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot R_{\text{ángulohielo}} \text{ (daN)}$$

Siendo:

$$R_{\text{ángulohielo}} = (T_{h1} + T_{h2}) \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

## 3º hipótesis (desequilibrio de tracciones)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son las deducidas en el la segunda hipótesis.

Las cargas transversales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot (2 - 0,08) \cdot T_{h1} \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = n \cdot 0,08 \cdot T_{h1} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

## 4º hipótesis (rotura de conductores)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son iguales a las dadas en la segunda hipótesis.

Las cargas transversales que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = [n \cdot T_{h1} + (n - 1) \cdot T_{h2}] \cdot \text{sen} \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = [n \cdot T_{h1} - (n - 1) \cdot T_{h2}] \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \text{ (daN)}$$

### 6.5.2.5. Cálculo de apoyos de anclaje alineación

Las cargas verticales, transversales y longitudinales que afectan a apoyos, se calculan siguiendo los procedimientos siguientes:

#### 1º hipótesis (viento)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

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

Las cargas transversales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot q \cdot \varnothing \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} (\text{daN})$$

#### 2º hipótesis (hielo)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

$$P_{\text{cond+hielo}} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{h1}}{p} \cdot \frac{d_1}{a_1} - \frac{T_{h2}}{p} \cdot \frac{d_2}{a_2} \right] (\text{daN})$$

#### 3º hipótesis (desequilibrio de tracción)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son iguales a las dadas en la segunda hipótesis.

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = n \cdot 0,5 \cdot T_{h1} (\text{daN})$$

#### 4º hipótesis (rotura de conductores)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son iguales a las dadas en la segunda hipótesis.

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = n \cdot \%rot \cdot T_{h1} (\text{daN})$$

Además se consideraran los efectos que produce la rotura de un conductor. Concretamente aquel que se encuentre a mayor distancia del eje del apoyo. Esta circunstancia genera un momento torsor que deberán soportar los apoyos. En los apoyos de ángulo se valorará el esfuerzo de ángulo creado por esta circunstancia.

El valor del momento torsor será:

$$M_t = T_h \cdot B_t (\text{daN} \cdot \text{m})$$

#### 6.5.2.6. Cálculo de apoyos de inicio o fin de línea

Las cargas verticales, transversales y longitudinales que afectan a apoyos, se calculan siguiendo los procedimientos siguientes:

##### 1º hipótesis (viento)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

$$P_{\text{cond}} = n \cdot p_p \cdot \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_v}{p} \cdot \frac{d_1}{a_1} \right] (\text{daN})$$

Las cargas transversales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot q \cdot \emptyset \cdot \frac{a_1}{2} (\text{daN})$$

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_T = n \cdot T_v (\text{daN})$$

##### 2º hipótesis (hielo)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos son:

$$P_{\text{cond+hielo}} + P_{\text{cadena}} + P_{\text{herrajes}}$$

Siendo:

$$P_{\text{cond+hielo}} = n \cdot p \cdot \left[ \frac{a_1}{2} + \frac{T_h}{p} \cdot \frac{d_1}{a_1} \right] (\text{daN})$$

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos son:

$$F_L = n \cdot T_h (\text{daN})$$

##### 3º hipótesis (desequilibrio de tracción)

En este tipo de apoyos no se aplica la 3º hipótesis.

##### 4º hipótesis (rotura de conductores)

Las cargas verticales, que deben soportar los apoyos, serán las calculadas en la segunda hipótesis.

Las cargas longitudinales, que deben soportar los apoyos, son:

$$F_L = n \cdot T_h \text{ (daN)}$$

Además, se consideraran los efectos que produce la rotura de un conductor, concretamente aquel, o uno de los, que se encuentra a mayor distancia del eje del apoyo. Esta circunstancia genera un momento torsor que deberán soportar los apoyos. El valor del momento torsor será:

$$M_t = T_h \cdot B_t \text{ (daN} \cdot \text{m)}$$

Los términos utilizados en el cálculo de los esfuerzos de los apoyos son:

$F_V$  = esfuerzo vertical resultante aplicado sobre el apoyo (daN)

$F_T$  = esfuerzo transversal resultante aplicado sobre el apoyo (daN)

$F_L$  = esfuerzo longitudinal resultante aplicado sobre el apoyo (daN)

$M_t$  = Momento torsor aplicado sobre el apoyo (daN·m)

$P_{\text{cond}}$  = peso del conductor o conductores sobre el apoyo (daN)

$P_{\text{cadena}}$  = peso de la cadena o cadenas de aisladores sobre el apoyo (daN)

$P_{\text{herrajes}}$  = peso de los herrajes sobre los apoyos (daN)

$T_v, T_{v1}, T_{v2}$  = tracción horizontal del conductor en la hipótesis de viento (-10 °C con viento de 120km/h) (daN)

$T_h, T_{h1}, T_{h2}$  = tracción horizontal del hielo en la hipótesis de hielo (-15 °C con hielo) (daN)

$B_t$  = distancia del conductor hasta el eje (m)

$q$  = presión del viento  $\left(0,06 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2\right)$  (daN/m<sup>2</sup>)

$\emptyset$  = diámetro del conductor (m)

$p_v$  = sobrecarga debida al viento sobre el conductor (Zona B:  $p_v = q \cdot \emptyset$ ) (daN/m)

$p_p$  = peso propio del conductor (daN/m)

$p_h$  = sobrecarga debida al hielo sobre el conductor (Zona B:  $0,18\sqrt{\emptyset}$ ) (daN/m)

$p$  = peso aparente del conductor ( $p_p$  + sobrecarga) (daN/m)

$n$  = número de conductores

$a_1, a_2$  = longitud del vano proyectado (m)

$d_1, d_2$  = desnivel entre los puntos de sujeción del conductor (m)

$\%_{\text{rot}}$  = coeficiente de rotura para apoyos, en %, de la tensión del cable roto.

$\alpha$  = ángulo de desviación de la cadena de aisladores (°)

#### 6.5.2.7. Resumen de solicitaciones a los apoyos

La tabla 25 del apartado 7.4 del presente proyecto representa las tensiones que deben soportar los apoyos de la LAMT.

La tabla 26 del apartado 7.4 del presente proyecto representa los apoyos adoptados LAMT.

## 6.6. Cimentaciones

Las cimentaciones, que en el presente proyecto son monobloque, podrán ser realizadas en hormigón, hormigón armado o acero. En el caso de ser de hormigón se cuidara su protección frente a suelos o aguas que sean agresivos para el mismo.

Las hipótesis que se siguen para el cálculo de cimentaciones son las pertenecientes a la Comisión Federal de Suiza, y son:

- El macizo de hormigón puede girar, como máximo, un ángulo  $\alpha$ , definido por la  $\text{tg}\alpha = 0,01$ , independientemente de las características del terreno. Esta condición se exige en el apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07.
- El terreno se comporta como un cuerpo plástico y elástico, y por ello los desplazamientos del macizo dan origen a reacciones del terreno proporcionales a estos desplazamientos.
- La resistencia del terreno es nula en la superficie y crece proporcionalmente con la profundidad.
- No se toman en consideración las fuerzas de rozamiento.

### 6.6.1. Cálculo de la estabilidad del apoyo

La estabilidad del apoyo queda asegurada por la igualdad entre los esfuerzos solicitantes y las reacciones de los apoyos, o lo que es lo mismo, cuando el momento al vuelco,  $M_V$ , sea igual a los momentos estabilizadores  $M_1$  y  $M_2$ , debido a las reacciones laterales y verticales del terreno.

$$M_V = M_1 + M_2$$

- Momento al vuelco

$$M_V = F \cdot \left( H_L + \frac{2}{3} \cdot h \right) (\text{daN} \cdot \text{m})$$

- Momento estabilizador debido a las reacciones laterales del terreno

$$M_1 = \frac{b \cdot h^3}{36} \cdot k \cdot \text{tg}\alpha (\text{daN} \cdot \text{m})$$

- Momento estabilizador debido a las reacciones verticales del terreno

$$M_2 = P \cdot a \cdot \left[ 0,5 - \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{P}{2 \cdot a^2 \cdot b \cdot k \cdot \text{tg}\alpha}} \right] (\text{daN} \cdot \text{m})$$

Siendo:

$F$  = esfuerzo sobre el apoyo (daN)

$H_L$  = altura desde el punto de aplicación de  $F$  hasta la línea de tierra (m)

$h$  = profundidad de la cimentación (m)

$b$  = espesor de la cimentación (m)

$a$  = anchura de la cimentación (m)

$k$  = coeficiente de compresibilidad del terreno a una profundidad de  $h$  metros (daN/m<sup>3</sup>). Apartado 3.6.5 de la ITC-LAT 07, tabla 4.1.

$\alpha$  = ángulo máximo de giro del macizo de hormigón, para  $\text{tg}\alpha = 0,01$

Cuando las reacciones laterales del terreno sean más débiles que las verticales, se debe considerar un coeficiente de seguridad.

Aunque dicho coeficiente no es necesario tenerlo en cuenta en el caso de cimentaciones estrechas y profundas, conviene tenerlo en cuenta, y por tanto la condición de estabilidad puede modificarse de la siguiente forma:

$$M_1 + M_2 \geq CS \cdot M_V$$

Considerando un coeficiente de seguridad de 1,5.

En la tabla 27, del apartado 7.5 del presente proyecto, aparecen las características de las cimentaciones, con un coeficiente de compresibilidad de  $K=10$  daN/m<sup>3</sup>.

## 6.7. Nivel de aislamiento y separaciones

En este capítulo se especifican los niveles de aislamiento mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, 24 kV, así como las separaciones mínimas entre conductores y entre éstos y sus accesorios y apoyos.

### 6.7.1. Nivel de aislamiento

Los niveles de aislamiento correspondientes a la tensión más elevada de la línea, superarán las prescripciones reglamentarias reflejadas en el apartado 4.4 del ITC-LAT 07.

Característica	Valor
Tensión más elevada para el material (kV eficaces)	24
Tensión de ensayo al choque (kV de cresta)	125
Tensión de ensayo a frecuencia industrial (kV eficaces)	50

Tabla 13. Tensiones más elevadas de la línea.

Las características de cada elemento aislador deberá seguir la Norma UNE-EN 60305 y NI 48.08.01, y son las expuestas a continuación:

Características	Aislador U 70 BS
Material	Vidrio
P (mm)	127
Carga de rotura (daN)	7000
D (mm)	255
Línea de fuga (mm)	295
Diámetro del vástago (mm)	16
Peso aproximado (kg)	3,4

Tabla 14. Características mecánicas del aislador U70BS.

Las características eléctricas de las cadenas son las descritas en la Tabla 15:

Características eléctricas	Aislador U 70 BS
Nº elementos	2
Tensión soportada a impulsos tipo rayo 1.2/50 $\mu s$ (kV)	150
Tensión al 50% de contorno a impulsos tipo rayo (kV)	200
Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (kV)	115
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	80

Tabla 15. Características eléctricas del aislador U70BS.

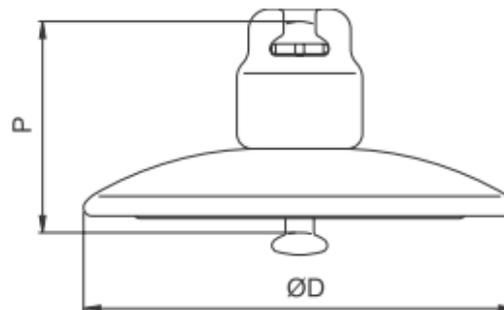


Figura 7. Aislador

En la Tabla 28 del apartado 7.5 del presente proyecto se indican los cálculos de las cadenas de aisladores.

#### 6.7.2. Separaciones

Según el ITC-LAT 07, las distintas separaciones o distancias de seguridad a tener en cuenta en el presente proyecto son las siguientes:

- $D_{el}$ : 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.

Para el presente proyecto y según tabla 15 del apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, se obtiene un valor de 0,22.

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

Para el presente proyecto y según el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, se obtiene un valor de 0,25.

Tensión más elevada de la red (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
24	0,22	0,25

Tabla 16. Resumen tabla 15 - ITC-LAT 07. Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

- $a_{som}$ : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en la línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

#### 6.7.2.1. Distancia de los conductores al terreno

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

$$D = D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (m)}$$

Siendo:

$D_{add}$  = distancia de aislamiento adicional (m)

$$D = D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,22 = 5,55 \text{ m}$$

Si bien, en la ITC-LAT 07, se establece un mínimo de 6 metros.

#### 6.7.2.2. Distancia entre conductores

De acuerdo al apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07, la separación mínima entre conductores viene dada por la fórmula:

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

Siendo:

D = separación entre conductores (m)

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según la tabla 16 de ITC-LAT 07. K = 0,6.

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

Tabla 17. Resumen tabla 16 - ITC-LAT 07. Coeficiente K en función del ángulo de oscilación



$L$  = Longitud de la cadena de suspensión (m). En caso de aislamiento de amarre  $L = 0$ .

$F$  = Flecha (m)

$K'$  = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea. En esta ocasión,  $K' = 0,75$  m.

$D_{pp}$  = Según tabla 16

En la Tabla 29 del apartado 7.5 del presente proyecto se indicará la distancia entre conductores dependiendo el tipo de la cadena.

#### 6.7.2.3. *Distancia mínima entre conductores, sus accesorios en tensión y el apoyo.*

De acuerdo con el apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07, esta distancia no será inferior a  $D_{el}$ , con un mínimo de 0,20 metros.

En el presente proyecto, y como se ha indicado antes, el valor de  $D_{el} = 0,22$ .

### 6.8. Puesta a tierra

#### 6.8.1. Generalidades

Los sistemas y elementos de conexión de las puestas a tierra estarán conformes con lo expuesto en el apartado 7.2 del ITC-LAT 07.

Los apoyos, tanto metálicos como de hormigón, se conectarán a tierra teniendo presente lo especificado en el apartado 7.2.4 del ITC-LAT 07, particularmente en zonas frecuentadas, y especialmente las torres metálicas y los apoyos que soporten aparatos de maniobra.

La disposición de las puestas a tierra será mediante electrodo de difusión o mediante anillo cerrado.

El dimensionamiento de la red de puesta a tierra deberá estar de acuerdo con lo indicado en el apartado 7.3 del ITC-LAT 07.

Los requisitos que fundamentalmente influyen en el sistema de puesta a tierra son, el método de puesta a tierra del neutro, el tipo de apoyo en función de su ubicación y el material del apoyo.

En caso que un apoyo albergue aparatos de maniobra, deberán cumplir los requisitos asociados a los apoyos frecuentados. Si llegan a albergar transformadores, deberán cumplir el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

#### 6.8.2. Electrodos de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra se dispondrán de las siguientes formas:

- a) Electrodo horizontales de puesta a tierra constituidos por cables enterrados, desnudos de cobre de 50 mm<sup>2</sup>, dispuestos en forma de bucles perimetrales.
- b) Picas de tierra verticales, de acero cobrizado de 14 mm de diámetro, y de 1,5 metros de longitud, que podrán estar formadas por elementos empalmables.

#### 6.8.2.1. *Instalación de electrodos horizontales a tierra*

El electrodo de puesta a tierra estará situado a una profundidad suficiente para evitar el efecto de la congelación del agua del terreno. Los electrodos horizontales de puesta a tierra se situarán a una profundidad mínima de 0,5 metros. Esta medida garantiza una cierta protección mecánica.

Los electrodos horizontales de puesta a tierra se colocarán en el fondo de una zanja perimetral al macizo de hormigón de cimentación, a una distancia de 1 metro de dicho macizo, de forma que:

- a) Se rodeen con tierra ligeramente apisonada.
- b) Las piedras o grava no estén directamente en contacto con los electrodos de puesta a tierra enterrados.
- c) Cuando el suelo natural sea corrosivo para el tipo de metal que constituye el electrodo, el suelo se reemplace por un relleno adecuado.

#### 6.8.2.2. *Instalación de picas de tierra verticales*

Las picas verticales son particularmente ventajosas cuando la resistividad del suelo decrece mucho con la profundidad. Se clavarán en el suelo empleando herramientas apropiadas para evitar que los electrodos se dañen durante su hincado.

La parte superior de cada pica quedará situada siempre por debajo del nivel de tierra y a la profundidad que corresponda en función del electrodo tipo seleccionado.

#### 6.8.2.3. *Unión de los electrodos de puesta a tierra*

Las uniones utilizadas para conectar las partes conductoras de una red de tierras, con los electrodos de puesta a tierra dentro de la propia red, tendrán las dimensiones adecuadas para asegurar una conducción eléctrica y un esfuerzo térmico y mecánico equivalente a los de los propios electrodos.

Los electrodos de puesta a tierra serán resistentes a la corrosión y no deben ser susceptibles de crear pares galvánicos.

Las uniones usadas para el ensamblaje de picas deben tener el mismo esfuerzo mecánico que las picas mismas y deben resistir fatigas mecánicas durante su colocación. Cuando se tengan que conectar metales diferentes, que creen pares galvánicos, pudiendo causar una corrosión galvánica, las uniones se

realizarán mediante piezas de conexión bimetálica apropiadas para limitar estos efectos.

### 6.8.3. Conexión de los apoyos a tierra

Todos los apoyos de material conductor o de hormigón armado deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica.

Los apoyos de material no conductor no necesitan tener puesta a tierra.

Además, todos los apoyos frecuentados, salvo los de material aislante, deben ponerse a tierra.

La conexión específica a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

- a) Conectando a tierra directamente los herrajes o armadas metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
- b) Conectando a tierra la armadura de hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que se exigen para los conductores que constituyen la línea de tierra. Sin embargo, esta forma de conexión se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico ni de las armaduras, en el caso de apoyos de hormigón armado. Los chasis de los aparatos de maniobra podrán ponerse a tierra a través de la estructura del apoyo metálico.

## 7. Resultados obtenidos

A continuación se mostrarán los elementos y cálculos obtenidos del presente proyecto.

### 7.1. Herrajes adoptados

- Grapas

Grapa		Amarre (GA-2)	Suspensión (GS-2)
Dimensiones (mm)	A	165	173
	B	140	58
	C	20	18
	D	16	16
Nº de abarcones		3xM12	2xM12
Par de apriete (daN-m)		3,5	3
Ø Conductor (mm)	Min	10	12
	Max	16	17
Carga de rotura (kN)		60	48

<b>Peso (kg)</b>	<b>1,10</b>	<b>0,88</b>
------------------	-------------	-------------

Tabla 18. Características herraje. Grapas (G).

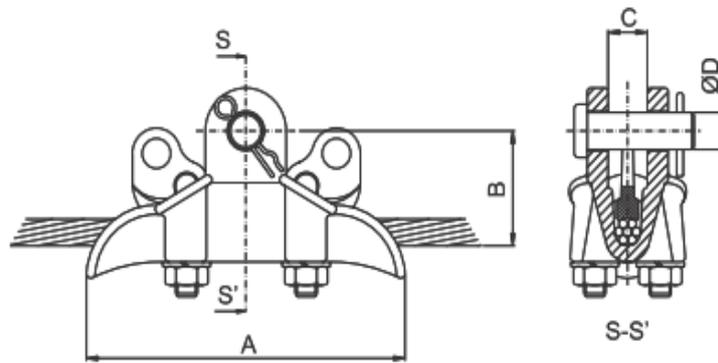


Fig. 9. Grapa de suspensión.

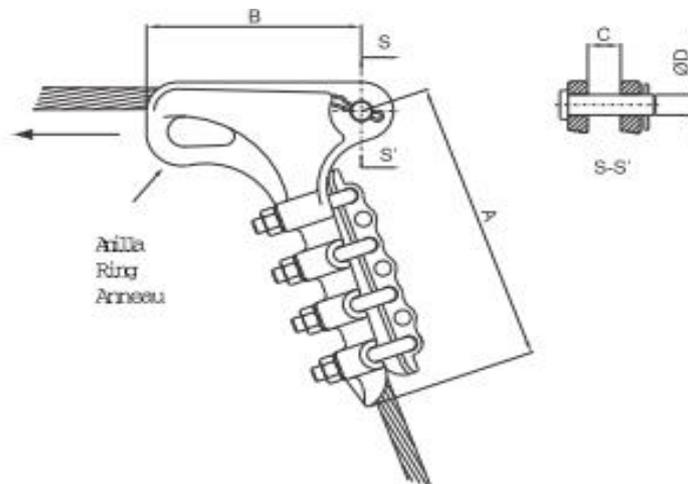


Fig. 10. Grapa de amarre.

○ Horquillas

Horquillas		HB-16E
Dimensiones (mm)	A	M16
	B	40
	C	15
	L	82
Norm. de acoplamiento		16
Carga de rotura (kN)		100
Peso (kg)		0,750

Tabla 19. Características herrajes. Horquilla de bola (HB).

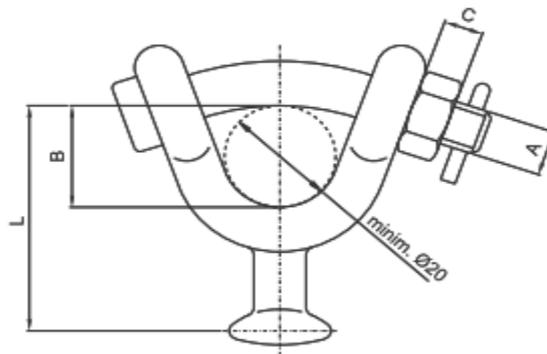


Fig. 11. Horquilla de bola.

○ Rotulas

Cadena		Amarre	Suspensión
Rótula		R-16PE	R-16
Dimensiones (mm)	A	11	11
	B	15	15
	L	110,5	50,5
Norma de acoplamiento		16 A	16 A
Carga de rotura (kN)		110	110
Peso (kg)		0,640	0,51

Tabla 20. Características herraje. Rotulas (R).

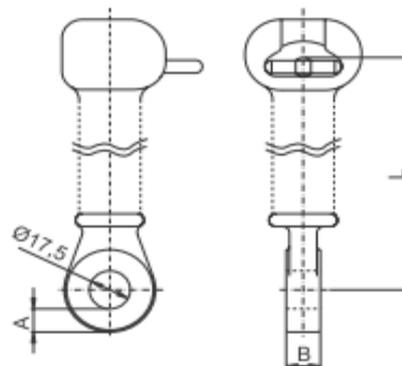


Fig. 12. Rotula (R).

## 7.2. Crucetas adoptadas

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje
1	Fin Línea	C	Horizontal Atirantado
2	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
3	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
4	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
5	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
6	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
7	Anclaje Alineación	C	Bóveda Triangular
8	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
9	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
10	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
11	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
12	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
13	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
14	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
15	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
16	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
17	Alineación Suspensión	HV	Bóveda Triangular
18	Ángulo Amarre	C	Bóveda Triangular
19	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
20	Alineación Amarre	HV	Bóveda Triangular
21	Ángulo Amarre	C	Bóveda Triangular
22	Ángulo Amarre	C	Bóveda Triangular
23	Alineación Amarre	C	Bóveda Triangular
24	Fin Línea	C	Bóveda Triangular

Tabla 21. Tipos de crucetas adoptadas en el presente proyecto. (C=celosía; HV=hormigón vibrado).



### 7.3. Calculo mecánico conductores

Vano (m)	Tensión Máxima				Flecha Máxima						Flecha Mínima		Desviación cadena		Cálculo de Apoyos		Vano (m)
	-10°C + V		-15°C + H		15°C + V		50°C		0°C + H		-15°C		-10°C y V/2		10°C + V	-15°C + H	
	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	T(daN)	
40	756,69	0,25	848,10	0,26	483,54	0,39	154,57	0,56	665,85	0,33	762,72	0,11	689,82	0,14	756,69	848,10	40
50	756,26	0,39	851,24	0,41	516,26	0,57	179,12	0,76	689,25	0,50	722,61	0,19	656,00	0,23	756,26	851,24	50
60	755,84	0,56	854,33	0,58	544,54	0,78	199,95	0,97	710,58	0,70	677,66	0,29	619,65	0,34	755,84	854,33	60
70	755,45	0,77	857,23	0,79	568,87	1,02	217,66	1,22	729,58	0,93	630,82	0,42	583,59	0,50	755,45	857,23	70
80	755,11	1,00	859,87	1,03	589,82	1,28	232,76	1,49	746,30	1,19	585,45	0,59	550,30	0,69	755,11	859,87	80
90	754,80	1,27	862,23	1,30	607,87	1,57	245,67	1,78	760,93	1,47	544,49	0,81	521,38	0,92	754,80	862,23	90
100	754,53	1,57	864,30	1,60	623,45	1,89	256,74	2,11	773,68	1,79	509,66	1,06	497,31	1,19	754,53	864,30	100
110	754,30	1,89	866,12	1,93	636,93	2,24	266,25	2,46	784,79	2,13	481,26	1,36	477,77	1,50	754,30	866,12	110
120	754,11	2,26	867,70	2,30	648,64	2,62	274,46	2,84	794,49	2,51	458,61	1,70	462,09	1,84	754,11	867,70	120
130	753,94	2,65	869,08	2,69	658,82	3,03	281,56	3,25	802,95	2,91	440,69	2,08	449,50	2,22	753,94	869,08	130
140	753,79	3,07	870,28	3,11	667,72	3,47	287,73	3,69	810,36	3,35	426,46	2,49	439,35	2,63	753,79	870,28	140
150	753,66	3,53	871,33	3,57	675,51	3,93	293,12	4,15	816,87	3,81	415,08	2,93	431,10	3,08	753,66	871,33	150
200	753,23	6,27	874,93	6,32	702,74	6,72	311,72	6,95	839,62	6,59	382,56	5,66	406,68	5,81	753,23	874,93	200
300	752,87	14,12	878,10	14,18	727,59	14,61	328,40	14,83	860,37	14,47	360,93	13,50	389,57	13,65	752,87	878,10	300
400	752,73	25,11	879,35	25,17	737,82	25,62	335,17	25,84	868,89	25,47	353,73	24,48	383,70	24,63	752,73	879,35	400
500	752,66	39,24	879,97	39,29	742,90	39,75	338,51	39,97	873,11	39,60	350,48	38,61	381,01	38,76	752,66	879,97	500

Tabla 22. Tabla de tendido (flechas y tensiones) – Zona B. (V= viento, H=hielo)

Vano (m)	Tendido de la línea														Vano (m)
	-15°C		-10°C		-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		
	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	
40	762,72	0,11	684,92	0,13	608,89	0,14	535,46	0,16	465,86	0,19	401,71	0,22	344,80	0,25	40
50	722,61	0,19	648,42	0,21	577,13	0,23	509,85	0,27	447,89	0,30	392,56	0,34	344,80	0,39	50
60	677,66	0,29	608,68	0,32	543,87	0,36	484,32	0,40	430,97	0,45	384,45	0,51	344,80	0,57	60
70	630,82	0,42	568,77	0,47	511,92	0,52	460,96	0,58	416,23	0,64	377,66	0,70	344,80	0,77	70
80	585,45	0,59	531,65	0,65	483,43	0,72	440,94	0,79	404,00	0,86	372,15	0,93	344,80	1,00	80
90	544,49	0,81	499,34	0,88	459,44	0,95	424,51	1,03	394,11	1,11	367,73	1,19	344,80	1,27	90
100	509,66	1,06	472,58	1,15	439,94	1,23	411,31	1,32	386,22	1,40	364,19	1,49	344,80	1,57	100
110	481,26	1,36	451,06	1,45	424,38	1,54	400,80	1,63	379,91	1,72	361,35	1,81	344,80	1,90	110
120	458,61	1,70	433,97	1,80	412,02	1,89	392,41	1,99	374,85	2,08	359,05	2,17	344,80	2,26	120
130	440,69	2,08	420,41	2,18	402,16	2,27	385,68	2,37	370,75	2,47	357,18	2,56	344,80	2,65	130
140	426,46	2,49	409,58	2,59	394,23	2,69	380,23	2,79	367,41	2,89	355,64	2,98	344,80	3,08	140
150	415,08	2,93	400,86	3,04	387,80	3,14	375,77	3,24	364,65	3,34	354,36	3,44	344,80	3,53	150
200	382,56	5,66	375,48	5,77	368,74	5,87	362,33	5,98	356,21	6,08	350,38	6,18	344,80	6,28	200
300	360,93	13,50	358,09	13,60	355,31	13,71	352,60	13,82	349,94	13,92	347,34	14,02	344,80	14,13	300
400	353,73	24,48	352,20	24,59	350,68	24,69	349,18	24,80	347,70	24,91	346,24	25,01	344,80	25,12	400
500	350,48	38,61	349,51	38,71	348,55	38,82	347,60	38,93	346,66	39,03	345,73	39,14	344,80	39,24	500

Tabla 22. Tabla de tendido (flechas y tensiones) - Zona B. (V=viento, H=hielo)

Vano (m)	Tendido de la línea														Vano (m)
	20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		
	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	
40	296,54	0,29	257,28	0,34	226,19	0,38	201,77	0,43	182,51	0,47	167,10	0,52	154,57	0,56	40
50	304,82	0,44	272,05	0,50	245,44	0,55	223,81	0,60	206,09	0,66	191,42	0,71	179,12	0,76	50
60	311,56	0,63	283,90	0,69	260,90	0,75	241,69	0,81	225,51	0,86	211,76	0,92	199,95	0,97	60
70	316,97	0,84	293,42	0,90	273,41	0,97	256,32	1,03	241,60	1,10	228,83	1,16	217,66	1,22	70
80	321,32	1,08	301,10	1,15	283,61	1,22	268,37	1,29	255,02	1,36	243,23	1,42	232,76	1,49	80
90	324,82	1,35	307,34	1,43	291,96	1,50	278,36	1,57	266,25	1,65	255,42	1,72	245,67	1,78	90
100	327,66	1,65	312,45	1,73	298,87	1,81	286,69	1,89	275,71	1,96	265,78	2,04	256,74	2,11	100
110	329,98	1,98	316,65	2,07	304,60	2,15	293,68	2,23	283,72	2,31	274,61	2,38	266,25	2,46	110
120	331,88	2,35	320,13	2,43	309,41	2,52	299,57	2,60	290,53	2,68	282,18	2,76	274,46	2,84	120
130	333,46	2,74	323,05	2,83	313,45	2,92	304,58	3,00	296,35	3,09	288,70	3,17	281,56	3,25	130
140	334,78	3,17	325,51	3,26	316,88	3,35	308,85	3,43	301,35	3,52	294,33	3,60	287,73	3,69	140
150	335,90	3,63	327,59	3,72	319,81	3,81	312,52	3,90	305,66	3,98	299,21	4,07	293,12	4,15	150
200	339,47	6,38	334,36	6,48	329,46	6,57	324,76	6,67	320,24	6,76	315,90	6,85	311,72	6,95	200
300	342,31	14,23	339,87	14,33	337,49	14,43	335,15	14,53	332,85	14,63	330,61	14,73	328,40	14,83	300
400	343,37	25,22	341,97	25,32	340,58	25,43	339,20	25,53	337,84	25,63	336,50	25,74	335,17	25,84	400
500	343,88	39,35	342,97	39,45	342,06	39,56	341,16	39,66	340,27	39,77	339,39	39,87	338,51	39,97	500

Tabla 22. Tabla de tendido (flechas y tensiones) - Zona B. (V=viento, H=hielo)

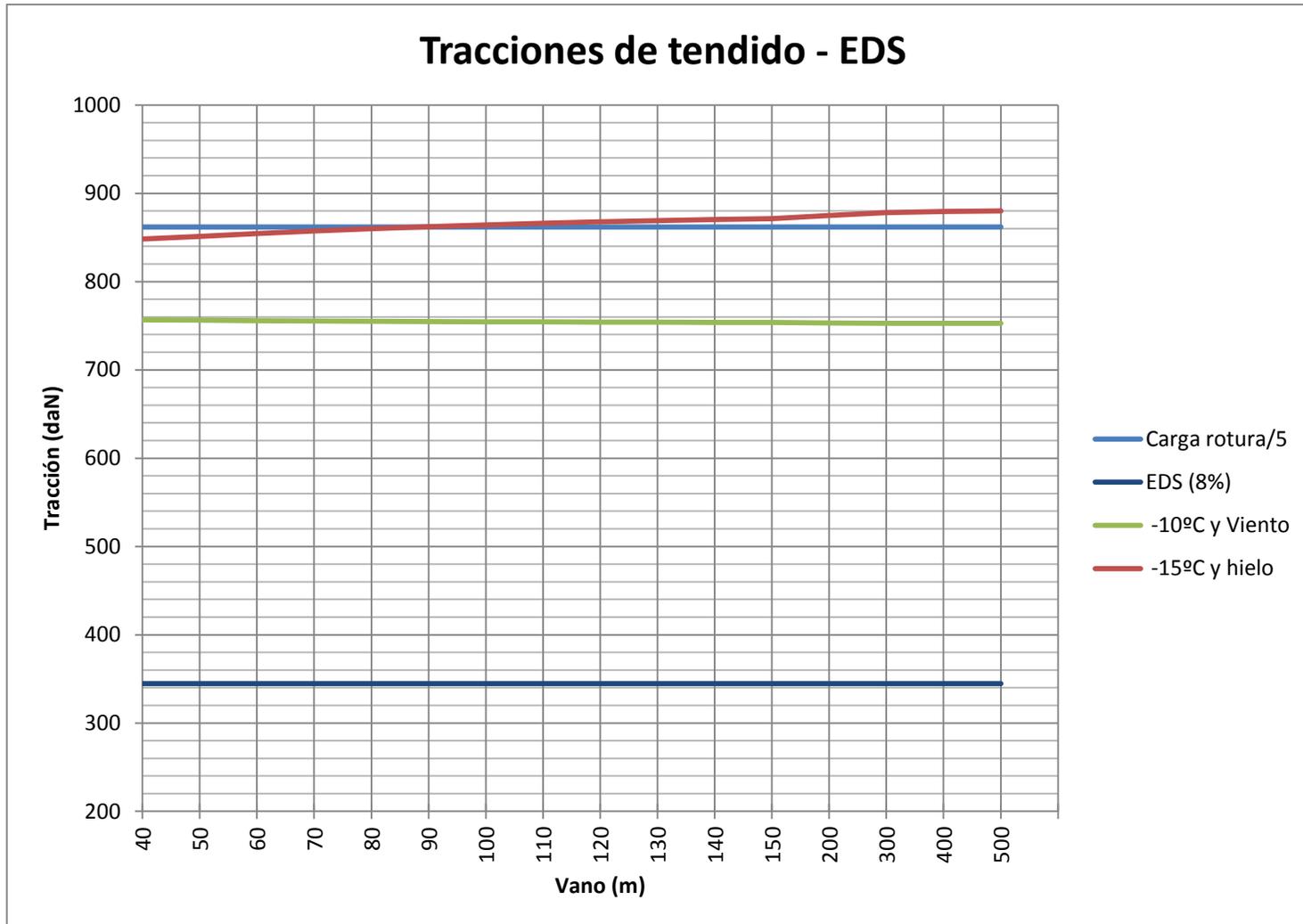


Gráfico 4. Tensiones de tendido



Vano	Longitud (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	Hip. Tensión Máxima		Hipótesis de Flecha Máxima						Flecha Mín.	Hip. Cálculo Apoyos		Des. Cad.Ais.
				-10°C+V	-15°C+H	15°C+V		50°C		0°C+H		-15°C	-10°C+V	-15°C+H	-10°C+V/2
				T(daN)	T(daN)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	T(daN)	f(m)	f(m)	T(daN)	T(daN)	T(daN)
1-2	136	0,81	132,18	762,3	876,3	666,5	3,27	281,3	3,5	809,8	3,14	2,23	762,3	876,3	544,6
2-3	128	-1,45	132,18	762,3	876,3	666,5	2,89	281,3	3,1	809,8	2,78	1,97	762,3	876,3	544,6
3-4	108	-2,17	108	761,8	871,8	638,9	2,15	262,5	2,36	786,8	2,04	1,26	761,8	871,8	569,4
4-5	114	2,59	114	761,9	873	646,6	2,37	267,8	2,58	793,2	2,25	1,45	761,9	873	562,1
5-6	114	-4,89	114	761,9	873	646,6	2,37	267,8	2,58	793,2	2,25	1,45	761,9	873	562,1
6-7	114	2,04	114	761,9	873	646,5	2,37	267,8	2,58	793,2	2,25	1,45	761,9	873	562,1
7-8	112	-1,69	121,86	762,1	874,5	655,8	2,25	274,1	2,43	800,9	2,15	1,45	762,1	874,5	553,8
8-9	126	0,02	121,86	762,1	874,5	655,8	2,85	274,1	3,08	800,9	2,72	1,84	762,1	874,5	553,8
9-10	126	-0,24	121,86	762,1	874,5	655,8	2,85	274,1	3,08	800,9	2,72	1,84	762,1	874,5	553,8
10-11	58	1,88	58	760,1	856,9	541	0,73	193,8	0,92	708,1	0,65	0,26	760,1	856,9	665,4
11-12	142	-0,03	142	762,4	877,7	675,3	3,52	287,3	3,73	817,2	3,39	2,51	762,4	877,7	537,3
12-13	142	-2,66	142	762,4	877,7	675,3	3,52	287,3	3,73	817,2	3,39	2,51	762,4	877,7	537,3
13-14	142	-0,12	142	762,4	877,7	675,3	3,52	287,3	3,73	817,2	3,39	2,51	762,4	877,7	537,3
14-15	126	-1,43	125,51	762,2	875,2	659,7	2,83	276,8	3,05	804,2	2,71	1,86	762,2	875,2	550,4
15-16	126	4,08	125,51	762,2	875,2	659,7	2,84	276,8	3,05	804,2	2,71	1,87	762,2	875,2	550,4
16-17	126	0,47	125,51	762,2	875,2	659,7	2,83	276,8	3,05	804,2	2,71	1,86	762,2	875,2	550,4
17-18	124	-0,46	125,51	762,2	875,2	659,7	2,74	276,8	2,95	804,2	2,63	1,81	762,2	875,2	550,4
18-19	88	-4,86	88	761	866,5	607,6	1,5	241	1,71	760,9	1,4	0,74	761	866,5	600,1
19-20	86	0,25	86	761,2	866,3	604,3	1,44	238,6	1,65	758,4	1,34	0,69	761,2	866,3	603,7
20-21	53,33	0,71	53,33	760	855,3	527,7	0,63	184,2	0,82	698,1	0,56	0,21	760	855,3	676,8
21-22	124,24	3,43	124,24	762,1	874,9	658,3	2,76	275,8	2,98	802,9	2,64	1,8	762,1	874,9	551,6
22-23	162	-4,64	162	762,6	880	690,2	4,48	297,3	4,7	829,6	4,35	3,43	762,6	880	525,9
23-24	74	-3,92	74	760,5	862,2	580	1,11	221,6	1,32	738,6	1,02	0,47	760,5	862,2	628

Tabla 23. Tensiones y flechas en hipótesis reglamentarias de la LAMT. (V= viento, H= hielo)

Vano	Longitud (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	-15°C		-10°C		-5°C		0°C		10°C		15°C		20°C		EDS
				T(daN)	f(m)													
1-2	136	0,81	132,18	441,1	2,23	420,7	2,34	402,4	2,44	385,8	2,55	357,2	2,75	344,7	2,85	333,4	2,95	8
2-3	128	-1,45	132,18	441,1	1,97	420,7	2,07	402,4	2,16	385,8	2,26	357,2	2,44	344,7	2,53	333,4	2,61	8
3-4	108	-2,17	108	492	1,26	459,1	1,35	430,2	1,44	404,7	1,53	362,4	1,71	344,7	1,80	329	1,88	8
4-5	114	2,59	114	476,5	1,45	447,5	1,54	421,8	1,64	399	1,73	360,8	1,91	344,7	2,00	330,3	2,09	8
5-6	114	-4,89	114	476,5	1,45	447,5	1,54	421,8	1,64	399	1,73	360,8	1,92	344,7	2,01	330,3	2,09	8
6-7	114	2,04	114	476,6	1,45	447,5	1,54	421,8	1,64	399	1,73	360,8	1,91	344,7	2,00	330,3	2,09	8
7-8	112	-1,69	121,86	459,4	1,45	434,6	1,53	412,4	1,62	392,7	1,70	359,1	1,86	344,7	1,93	331,7	2,01	8
8-9	126	0,02	121,86	459,4	1,84	434,6	1,94	412,4	2,05	392,7	2,15	359,1	2,35	344,7	2,45	331,7	2,54	8
9-10	126	-0,24	121,86	459,4	1,84	434,6	1,94	412,4	2,05	392,7	2,15	359,1	2,35	344,7	2,45	331,7	2,54	8
10-11	58	1,88	58	692,2	0,26	621,4	0,29	554,3	0,32	492,1	0,36	386,8	0,46	344,7	0,52	309,5	0,58	8
11-12	142	-0,03	142	427,2	2,51	410,2	2,61	394,6	2,72	380,5	2,82	355,6	3,01	344,7	3,11	334,6	3,2	8
12-13	142	-2,66	142	427,2	2,51	410,2	2,61	394,6	2,72	380,5	2,82	355,6	3,01	344,7	3,11	334,6	3,2	8
13-14	142	-0,12	142	427,2	2,51	410,2	2,61	394,6	2,72	380,5	2,82	355,6	3,01	344,7	3,11	334,6	3,2	8
14-15	126	-1,43	125,51	452,5	1,86	429,3	1,97	408,6	2,07	390,1	2,16	358,4	2,35	344,7	2,45	332,4	2,54	8
15-16	126	4,08	125,51	452,5	1,87	429,3	1,97	408,6	2,07	390,1	2,16	358,4	2,36	344,7	2,45	332,4	2,54	8
16-17	126	0,47	125,51	452,5	1,86	429,3	1,97	408,6	2,06	390,1	2,16	358,4	2,35	344,7	2,45	332,4	2,54	8
17-18	124	-0,46	125,51	452,5	1,81	429,3	1,90	408,6	2,00	390,1	2,09	358,4	2,28	344,7	2,37	332,4	2,46	8
18-19	88	-4,86	88	559,2	0,74	510,8	0,81	467,8	0,88	430,2	0,96	369,2	1,12	344,7	1,20	323,5	1,27	8
19-20	86	0,25	86	566,8	0,69	516,8	0,76	472,3	0,83	433,2	0,91	370	1,06	344,7	1,14	322,9	1,22	8
20-21	53,33	0,71	53,33	712,9	0,21	639,6	0,24	569,6	0,27	503,9	0,30	390,5	0,39	344,7	0,44	306,4	0,49	8
21-22	124,24	3,43	124,24	454,9	1,80	431,1	1,90	409,9	2,00	391	2,10	358,6	2,29	344,7	2,38	332,1	2,47	8
22-23	162	-4,64	162	406,7	3,43	394,4	3,54	383	3,64	372,4	3,75	353,3	3,95	344,7	4,05	336,7	4,15	8
23-24	74	-3,92	74	619	0,47	558,9	0,52	504,2	0,58	455,5	0,64	376	0,77	344,7	0,85	318,1	0,92	8

Tabla 24. Tensiones y flechas de tendido de la LAMT.

Vano	Longitud (m)	Desnivel (m)	Vano Regulación (m)	25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C		EDS
				T(daN)	f(m)											
1-2	136	0,81	132,18	322,9	3,05	313,3	3,14	304,4	3,23	296,1	3,32	288,5	3,41	281,3	3,5	8
2-3	128	-1,45	132,18	322,9	2,7	313,3	2,78	304,4	2,86	296,1	2,94	288,5	3,02	281,3	3,1	8
3-4	108	-2,17	108	315	1,97	302,3	2,05	290,9	2,13	280,6	2,21	271,1	2,29	262,5	2,36	8
4-5	114	2,59	114	317,3	2,18	305,5	2,26	294,8	2,34	285	2,42	276	2,50	267,8	2,58	8
5-6	114	-4,89	114	317,3	2,18	305,5	2,26	294,8	2,35	285	2,43	276	2,51	267,8	2,58	8
6-7	114	2,04	114	317,3	2,18	305,5	2,26	294,8	2,34	285	2,42	276	2,50	267,8	2,58	8
7-8	112	-1,69	121,86	319,9	2,08	309,1	2,16	299,3	2,23	290,2	2,30	281,8	2,37	274,1	2,43	8
8-9	126	0,02	121,86	319,9	2,64	309,1	2,73	299,3	2,82	290,2	2,91	281,8	3,00	274,1	3,08	8
9-10	126	-0,24	121,86	319,9	2,64	309,1	2,73	299,3	2,82	290,2	2,91	281,8	3,00	274,1	3,08	8
10-11	58	1,88	58	280,4	0,64	256,4	0,70	236,4	0,76	219,8	0,81	205,7	0,87	193,8	0,92	8
11-12	142	-0,03	142	325,3	3,30	316,6	3,39	308,5	3,48	301	3,56	293,9	3,65	287,3	3,73	8
12-13	142	-2,66	142	325,3	3,30	316,6	3,39	308,5	3,48	301	3,56	293,9	3,65	287,3	3,73	8
13-14	142	-0,12	142	325,3	3,30	316,6	3,39	308,5	3,48	301	3,56	293,9	3,65	287,3	3,73	8
14-15	126	-1,43	125,51	321,1	2,63	310,7	2,72	301,2	2,80	292,4	2,89	284,3	2,97	276,8	3,05	8
15-16	126	4,08	125,51	321,1	2,63	310,7	2,72	301,2	2,80	292,4	2,89	284,3	2,97	276,8	3,05	8
16-17	126	0,47	125,51	321,1	2,63	310,7	2,72	301,2	2,80	292,4	2,89	284,3	2,97	276,8	3,05	8
17-18	124	-0,46	125,51	321,1	2,55	310,7	2,63	301,2	2,71	292,4	2,80	284,3	2,88	276,8	2,95	8
18-19	88	-4,86	88	305,1	1,35	288,9	1,43	274,7	1,50	262,2	1,57	251	1,64	241	1,71	8
19-20	86	0,25	86	303,9	1,29	287,4	1,37	272,9	1,44	260,1	1,51	248,8	1,58	238,6	1,65	8
20-21	53,33	0,71	53,33	274,9	0,55	249,2	0,61	228,2	0,66	210,9	0,72	196,4	0,77	184,2	0,82	8
21-22	124,24	3,43	124,24	320,6	2,56	310,1	2,65	300,5	2,73	291,6	2,82	283,4	2,9	275,8	2,98	8
22-23	162	-4,64	162	329,1	4,24	322	4,34	315,3	4,43	308,9	4,52	302,9	4,61	297,3	4,7	8
23-24	74	-3,92	74	295,4	0,99	276,1	1,06	259,5	1,12	245,1	1,19	232,6	1,25	221,6	1,32	8

Tabla 24. Tensiones y flechas de tendido de la LAMT.

### 7.4. Cálculo mecánico apoyos

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo (°)	Hipótesis 1ª (Viento) (-10°C+V)			Hipótesis 2ª (Hielo) (-15°C+H)			Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-15°C+H)			Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-15°C+H)	
			V(daN)	T(daN)	L(daN)	V(daN)	T(daN)	L(daN)	V(daN)	T(daN)	L(daN)	V(daN)	L <sub>t</sub> (daN)
1	Fin Línea		100,7	185,2	2.286,9	228,7		2.628,9				159,1	876,3
2	Alin. Susp.		206,5	364,1		501,2			501,2		220,9		
3	Alin. Am		199,7	370		452,1			452,1		449,1		
4	Alin. Am		137,5	349,9		294			294		447,4		
5	Alin. Susp.		233,5	316,5		568,5			568,5		220,1		
6	Alin. Am		122,8	358,6		256,7			256,7		447,4		
7	Anc. Alin.		218,4	373,3		499,4			499,4		1.568,4	421	874,5
8	Alin. Susp.		156,2	329,6		372,6			372,6		220,5		
9	Alin. Susp.		183	348,2		441,2			441,2		220,5		
10	Alin. Am		122,1	442,2		255,1			255,1		448,2		
11	Alin. Am		201,3	318,3		453,9			453,9		449,8		
12	Alin. Susp.		220,5	390,7		537,6			537,6		221,3		
13	Alin. Susp.		182,8	390,7		441,5			441,5		221,3		
14	Alin. Am		222	416		509,7			509,7		449,8		
15	Alin. Susp.		135,7	348,3		320,8			320,8		220,7		
16	Alin. Susp.		210,5	348,3		511,2			511,2		220,7		
17	Alin. Susp.		187,3	345,5		452			452		220,7		
18	Ang. Am.	85.°; .apo,17	228,5	827,3	4,3	523,8	544,5	31,1	523,8	506,2	469,1		
19	Alin. Am		91,2	392,7		175,9			175,9		444,1		
20	Alin. Am		118,2	342,7		243,1			243,1		444		
21	Ang. Am.	68,5°; apo.20	138,6	2.282,7	7	294,6	2.274,6	65,4	294,6	2.127,8	438		
22	Ang. Am.	68,9°; apo.21	281,1	2.523,7	1,8	661,1	2.377,4	18	661,1	2.205,5	464,6		
23	Alin. Am		215,7	388,8		491			491		473,5		
24	Fin Línea		12,7	127,9	2.727,9	5,1		3.092,7				10,1	862,2

Tabla 25. Cálculo de los esfuerzos a soportar por los apoyos de la LAMT. (V= vertical, T=transversal, L=longitudinal, L<sub>t</sub>=Esfuerzo de torsión)

Apoyo	Tipo	Constitución	CS	Angulo (°)	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	N		12	3.000		800	800	1.400
2	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
3	Alin. Am	Horm. vib.	N		11	1.000 (T)	500 (L)			200
4	Alin. Am	Horm. vib.	N		9	1.000 (T)	500 (L)			200
5	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
6	Alin. Am	Horm. vib.	R		9	1.000 (T)	500 (L)			200
7	Anc. Alin.	Celosia recto	R		12	2.000		600	600	1.400
8	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
9	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
10	Alin. Am	Horm. vib.	N		11	1.000 (L)	500 (T)			200
11	Alin. Am	Horm. vib.	R		13	1.000 (T)	500 (L)			200
12	Alin. Susp.	Horm. vib.	R		13	630 (T)	360 (L)			
13	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
14	Alin. Am	Horm. vib.	N		11	1.000 (T)	500 (L)			200
15	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
16	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
17	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	400 (T)	250 (L)			
18	Ang. Am.	Celosia recto	N	170°	10	1.000		600	600	700
19	Alin. Am	Horm. vib.	R		9	1.000 (L)	500 (T)			200
20	Alin. Am	Horm. vib.	R		9	1.000 (L)	500 (T)			200
21	Ang. Am.	Celosia recto	R	137°	10	3.000		800	800	1.400
22	Ang. Am.	Celosia recto	R	137,9°	12	4.500		800	800	1.400
23	Alin. Am	Celosia recto	R		12	500		600	600	500
24	Fin Línea	Celosia recto	N		10	4.500		800	800	1.400

Tabla 26. Apoyos adoptados para la LATM.

### 7.5. Cálculo cimentaciones

Apoyo	Tipo	Constitución	Altura Total (m)	Altura Libre Apoyo (m)	A(m)	H(m)	V(m³)
1	Fin Línea	C	12,00	9,95	1,23	2,30	3,480
2	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
3	Alin. Am	HV	11,00	9,20	0,69	2,05	0,976
4	Alin. Am	HV	9,00	7,30	0,64	1,95	0,799
5	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
6	Alin. Am	HV	9,00	7,30	0,66	1,95	0,849
7	Anc. Alin.	C	12,00	10,15	1,21	2,10	3,075
8	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
9	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
10	Alin. Am	HV	11,00	9,20	0,69	2,05	0,976
11	Alin. Am	HV	13,00	11,10	0,74	2,15	1,177
12	Alin. Susp.	HV	13,00	11,30	0,73	1,95	1,039
13	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
14	Alin. Am	HV	11,00	9,20	0,69	2,05	0,976
15	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
16	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
17	Alin. Susp.	HV	11,00	9,55	0,67	1,70	0,763
18	Ang. Am.	C	10,00	8,50	1,04	1,75	1,893
19	Alin. Am	HV	9,00	7,30	0,66	1,95	0,849
20	Alin. Am	HV	9,00	7,30	0,66	1,95	0,849
21	Ang. Am.	C	10,00	8,00	1,09	2,25	2,673
22	Ang. Am.	C	12,00	9,70	1,21	2,55	3,733
23	Alin. Am	C	12,00	10,75	1,25	1,50	2,344
24	Fin Línea	C	10,00	7,75	1,04	2,50	2,704

Tabla 27. Medidas de los apoyos en función del material. Coeficiente de compresibilidad,  $K=10 \text{ daN/m}^3$ .

(C=celosía, HV=Hormigón Vibrado) (A = ancho, H= alto, V= volumen de la cimentación)



Apoyo	Esfuerzo Nominal (daN)	Momento producido por el conductor (daN·m)	Esfuerzo Viento Apoyos (daN)	Momento Producido Viento Apoyos (daN·m)	Momento Total Fuerzas Externas (daN·m)	Momento absorbido por la cimentación (daN·m)
1	3000	29.850	370,3	1.667,5	31.517,5	52.396,99
2	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
3	1.000 (T)	9.200	323,5	1.351,7	10.551,7	17.506,87
4	1.000 (T)	7.300	242,1	815,6	8.115,6	13.468,85
5	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
6	1.000 (T)	7.300	242,1	815,6	8.115,6	13.924,14
7	2000	20.300	341,6	1.566,5	21.866,5	36.731,66
8	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
9	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
10	1.000 (L)	9.200	323,5	1.351,7	10.551,7	17.506,87
11	1.000 (T)	11.100	412,4	2.049,6	13.149,6	22.789,3
12	630 (T)	7.119	360,1	1.781,9	8.900,9	15.522,68
13	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
14	1.000 (T)	9.200	323,5	1.351,7	10.551,7	17.506,87
15	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
16	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
17	400 (T)	3.820	286,8	1.216,9	5.036,9	8.329,86
18	1000	8.500	242,1	953,3	9.453,3	15.730,78
19	1.000 (L)	7.300	242,1	815,6	8.115,6	13.924,14
20	1.000 (L)	7.300	242,1	815,6	8.115,6	13.924,14
21	3000	24.000	288,2	1.071,8	25.071,8	41.898,04
22	4500	43.650	350,3	1.540,4	45.190,4	75.812,94
23	500	5.375	318,6	1.540,8	6.915,8	12.198,21
24	4500	34.875	253,7	915,6	35.790,6	59.346,77

Tabla 27. Esfuerzos y momentos soportados por las cimentaciones. Coeficiente de compresibilidad,  $K=10 \text{ daN/m}^3$ .

## 7.6. Cálculo aisladores y distancias

Apoyo	Tipo	Nº.Cad.	Nº.Ais.	P <sub>ca</sub> (daN)	E <sub>ca</sub> (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Tmax · n (daN)	Csmh
1	Fin Línea	3 C.Am.	2	6,68	4,53	76,22	91,84	876,3	7,99
2	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	167,07	41,9	111,01	63,06
3	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	83,6	83,73	876,3	7,99
4	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	49,47	141,49	873	8,02
5	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	189,52	36,94	95,9	73
6	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	53,71	130,33	873	8,02
7	Anc. Alin.	6 C.Am.	2	6,68	4,53	85,01	82,35	874,5	8
8	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	124,2	56,36	100,06	69,96
9	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	147,06	47,6	105,95	66,07
10	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	74,27	94,25	874,5	8
11	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	84,94	82,41	877,7	7,98
12	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	179,2	39,06	119,44	58,61
13	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	147,16	47,57	119,44	58,61
14	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	85,89	81,5	877,7	7,98
15	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	106,94	65,45	105,98	66,05
16	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	170,4	41,08	105,97	66,05
17	Alin. Susp.	3 C.Su.	2	6,68	4,53	150,68	46,46	105,11	66,6
18	Ang. Am.	6 C.Am.	2	6,68	4,53	103,02	67,95	875,2	8
19	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	51,42	136,14	866,5	8,08
20	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	56,46	123,98	866,3	8,08
21	Ang. Am.	6 C.Am.	2	6,68	4,53	50,81	137,76	874,9	8
22	Ang. Am.	6 C.Am.	2	6,68	4,53	121,14	57,79	880	7,95
23	Alin. Am	6 C.Am.	2	6,68	4,53	93,1	75,19	880	7,95
24	Fin Línea	3 C.Am.	2	6,68	4,53	6,68	1.047,9	862,2	8,12

Tabla 28. Cálculo de cadenas de aisladores. Aislador U70BS.

(P<sub>ca</sub> = peso de cadena y herrajes, E<sub>ca</sub> = esfuerzo del viento sobre la cadena, Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales, Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales)

Apoyo	Tipo de cadena	Dist. al esfuerzo de torsión (m)	Dist. entre conductores (m)
1	Aparre	1,5	1,31
2	Suspensión		1,38
3	Amarre		1,24
4	Amarre		1,15
5	Suspensión		1,24
6	Amarre		1,15
7	Amarre	1,5	1,15
8	Suspensión		1,32
9	Suspensión		1,32
10	Amarre		1,24
11	Amarre		1,35
12	Suspensión		1,42
13	Suspensión		1,42
14	Amarre		1,35
15	Suspensión		1,31
16	Suspensión		1,31
17	Suspensión		1,31
18	Amarre		1,22
19	Amarre		0,97
20	Amarre		0,96
21	Amarre		1,22
22	Amarre		1,49
23	Amarre		1,49
24	Amarre	1,5	0,88

Tabla 29. Distancia entre conductores en función de la cadena de aisladores.

## 8. Final

Expuesto el objeto y la utilidad del presente proyecto, esperamos que el mismo merezca la aprobación de la Administración y el Ayuntamiento, dándonos las autorizaciones pertinentes para su tramitación y puesta en servicio.



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# CONCLUSIONES



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



Lo que se ha conseguido con este trabajo es adaptar una línea de MT, actualmente en explotación, a la vigente reglamentación a través de un software informático, CMAT, así como dar a conocer la comparativa a la hora de elaborar una línea antes de la normativa en vigor y posterior a ésta, en la actualidad.

Desde el principio del proyecto hasta la obtención y comparativa de datos se ha intentado dar un enfoque global en aquellos aspectos comunes a cualquier proyecto similar al que nos concierne, así como dotar de especial particularidad lo referente al propio trabajo.

El campo de actuación de estos proyectos es muy limitado, en cuanto a la adaptación de la línea, ya que la gran mayoría de las líneas ya están construidas y aquellas especificaciones técnicas que conllevarían cambios en el perfil de la línea no se abordan, por el coste asociado al ser muy elevado. En forma de ejemplo, en este proyecto se da el caso de que con la normativa actual, uno de los apoyos, el número 21 (23 según perfil original), no respeta la distancia horizontal respecto a una carretera estatal, 50 metros, teniendo que ser desplazado para estar dentro de norma.

No sólo se queda en este caso, el cambio en las hipótesis de cálculo de tendido de la línea hace que las tensiones sean menores en las mismas condiciones. Evaluando los resultados, se deduce que para los apoyos existentes en la línea y dado que resultan tensiones de tendido menores con el nuevo reglamento, los apoyos tienen que aguantar menos estrés mecánico. Siguiendo con los apoyos, y a pesar de no tener datos comparativos exactos, se observa, por regla general, que los actuales disponen de mayores dimensiones que los obtenidos acorde con la reglamentación vigente, poniendo de ejemplo, el apoyo número 7 (9 según perfil original), que pasa de tener dos apoyos de hormigón vibrado a uno de celosía, de iguales o mejores características resistentes que los disponibles en la actualidad.

En definitiva, el actual REAT nos proporciona una mejor adaptación a la realidad actual que el REAT derogado de 1968, sobretudo en las prestaciones de los materiales que se utilizan en la elaboración de los elementos que forman una línea eléctrica ya que están expuestos a un ambiente tan cambiante como es el atmosférico.



A modo de conclusión final y abordando todo el trabajo realizado para la obtención de este Trabajo Fin de Grado, he de decir que me ha aportado una visión más técnica sobre lo que es el campo de la ingeniería; me ha enseñado a elaborar un proyecto, así como ver otras maneras de redacción; me ha mostrado mi capacidad de adaptación frente a imprevistos; y lo más importante, me ha enseñado a ver la aplicación que tiene lo aprendido dentro de las aulas en el mundo exterior que al fin y al cabo, es lo que lleva todos estos cuatros años de aprendizaje, a la búsqueda de soluciones frente a los problemas o dificultades que se nos pueden presentar en cualquier momento, y sobre todo, adoptar la solución correcta. Y es ahí donde se fundamenta las ganas de constante crecimiento, tanto personal como profesional, ya que el camino no termina hoy, con la obtención del título, sino que el camino no ha hecho nada más que empezar.



# BIBLIOGRAFÍA



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



- Arranz, F. (1999). *Proyecto cambio de conductor LAMT STR Matapozuelos – Villaba de Adaja (Valladolid)*. Valladolid: Iberdrola S.A.
- España. Ministerio de Industria. (1996). *Reglamento de líneas eléctricas de alta tensión*. Madrid: Paraninfo.
- España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2009). *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión*. [s.l.]: Creaciones Copyright.
- Fayos, A. (2009). *Líneas eléctricas y transporte de energía eléctrica*. Valencia: Editorial UPV.
- Garnacho, F., Gonzalez, A., Moreno, J. y Simón, P. (2011). *Cálculo y diseño de líneas eléctricas de alta tensión. Aplicación al Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT)*. Madrid: Garaceta.
- Hernández, J. L. “Tu Verás”. 2004. Recuperado el 22 junio 2014, de: <http://www.tuveras.com/index.html>
- Iberdrola (s.f). *Normas NI*. Recuperado el 23 abril 2014, de: <http://www.iberdrola.es/proveedores/portal-compras/bases-contratacion/documentacion-tecnica/solicitud/>
- Iberdrola (s.f). *Manuales Técnicos MT*. Recuperado el 23 abril 2014, de: <http://www.iberdrola.es/proveedores/portal-compras/bases-contratacion/documentacion-tecnica/solicitud/>
- UNE-EN ISO 207016. *Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas*.
- UNE-EN ISO 207017. *Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución*.
- Unión Fenosa Distribución.(2010). *Proyecto tipo líneas eléctricas aéreas hasta 20kV*. Recuperado el 23 abril 2014, de: [sistemamid.com/download.php?a=2509](http://sistemamid.com/download.php?a=2509)



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



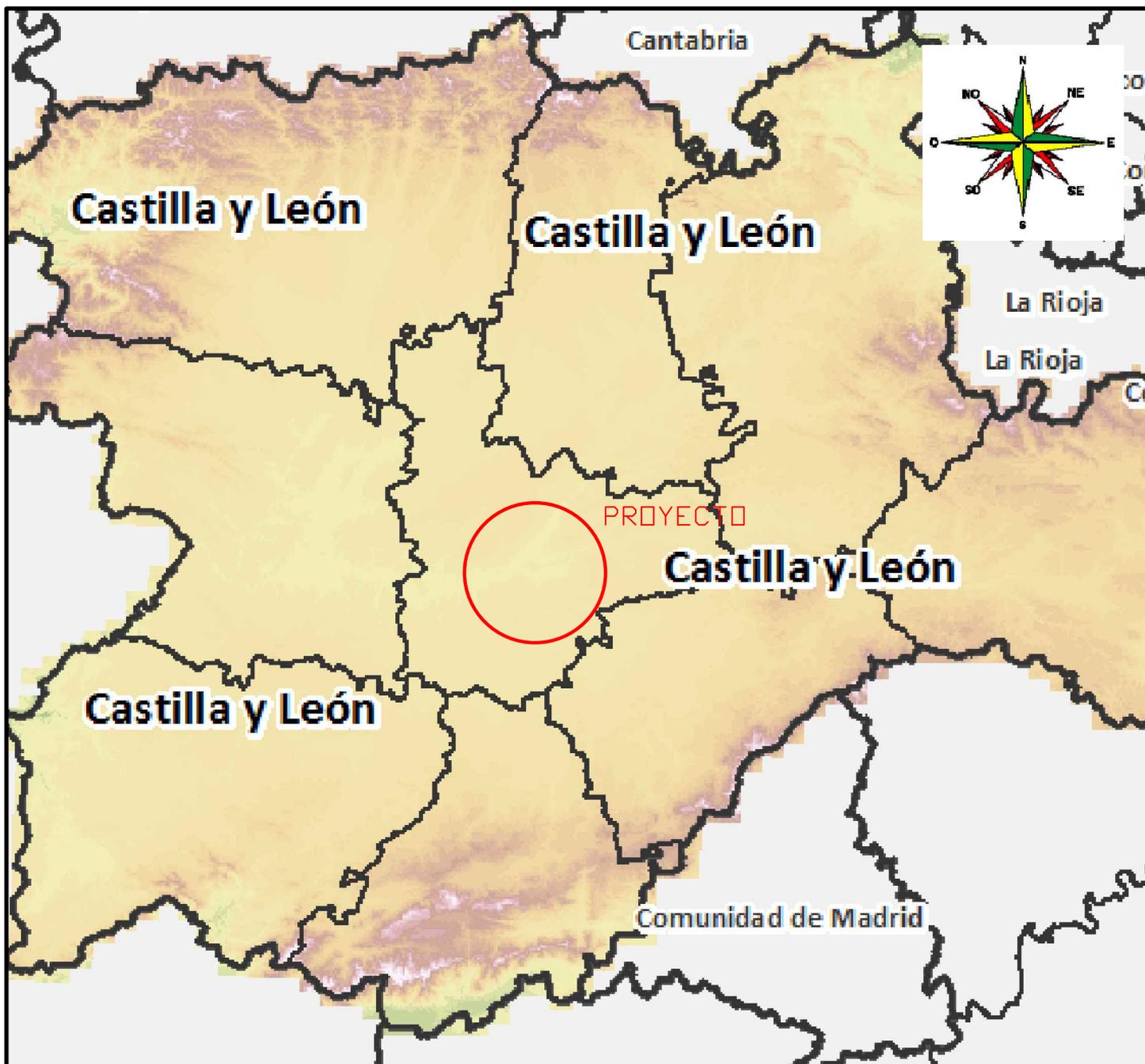
# Anexo 1. PLANOS



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TÍTULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MT**

**PLANO:**

**LOCALIZACIÓN**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**1**

**ESCALA:**

**S/E**

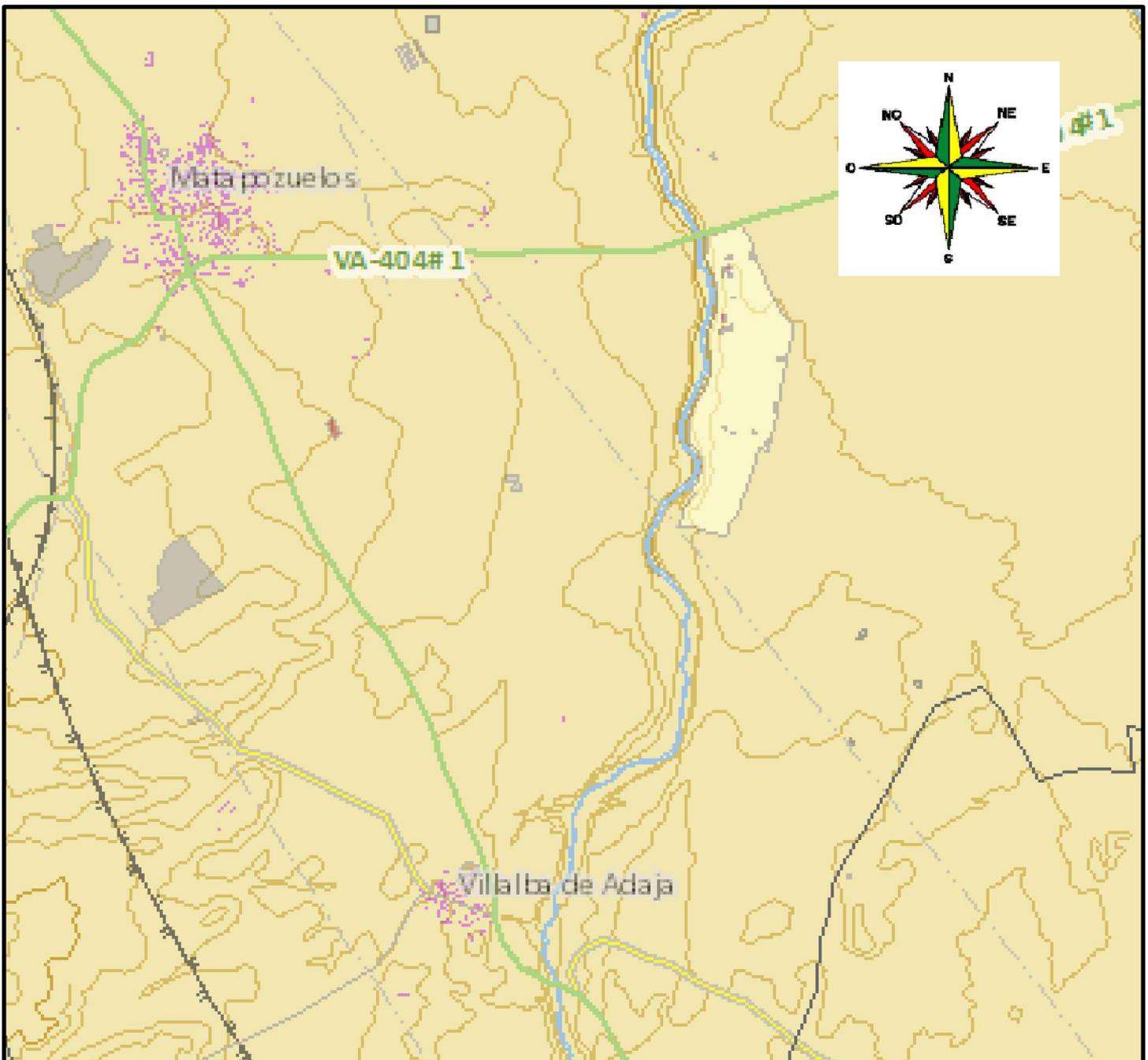
**FIRMA:  
EL ALUMNO:**

**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

**Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria**

**Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.**




**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MT**

**PLANO:**

**LOCALIZACIÓN**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**2**

**ESCALA:**

**S/E**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

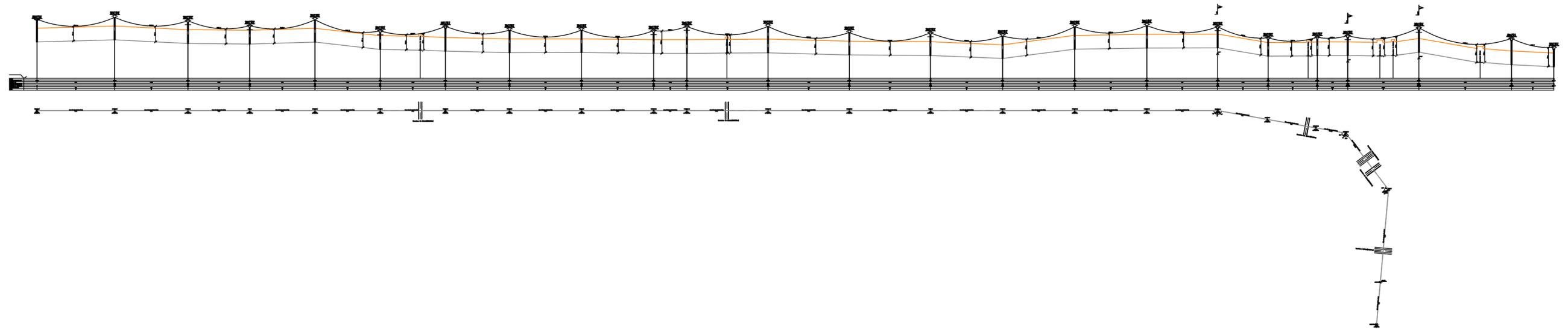
**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

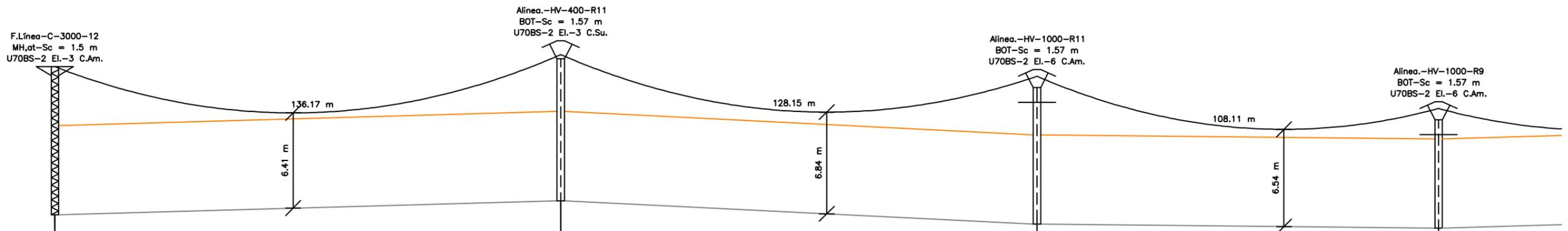
Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.

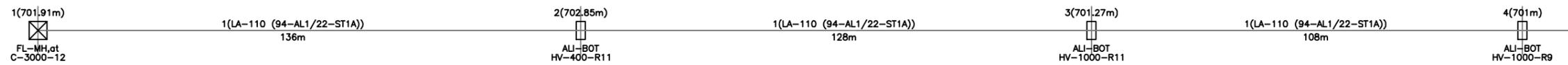
LAMT MATAPOZUELO – VILLALBA DE ADAJA (VALLADOLID)



 <b>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</b> <b>ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES</b>		
<b>TITULO PROYECTO:</b> <b>TRABAJO FIN DE GRADO</b> <b>PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN</b>		
<b>PLANO:</b> <b>PERFIL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN</b>		
<b>DEPARTAMENTO:</b> <b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>FECHA:</b> <b>07-2014</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>3</b>
<b>TUTOR:</b> <b>FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO</b>	<b>ESCALA:</b> <b>S/E</b>	<b>FIRMA:</b> <b>EL ALUMNO:</b>
<small>Grado en Ingeniería Eléctrica Convocatoria: Ordinaria</small>		
<small>Fde: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.</small>		



APOYO	1	2	3	4
COTAS DEL TERRENO (m)	701.91	702.85	701.27	701
DESNIVEL (m)		0.94	-1.58	-0.27
DISTANCIAS PARCIALES (m)		136	128	108
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	0	136	264	372
LONGITUD VANO (m)		136	128	108
ZONA		B	B	B



**SIMBOLOGÍA GRÁFICA**

- Entroque en vano fijo
- Apoyo de perfiles metálicos
- Apoyo de hormigón vibrado
- Apoyo de hormigón vibrado hueco
- Apoyo de chapa metálica rectangular
- Apoyo de chapa metálica circular
- Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 1-4**

**DEPARTAMENTO:**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**  
**07-2014**

**Nº PLANO:**  
**4**

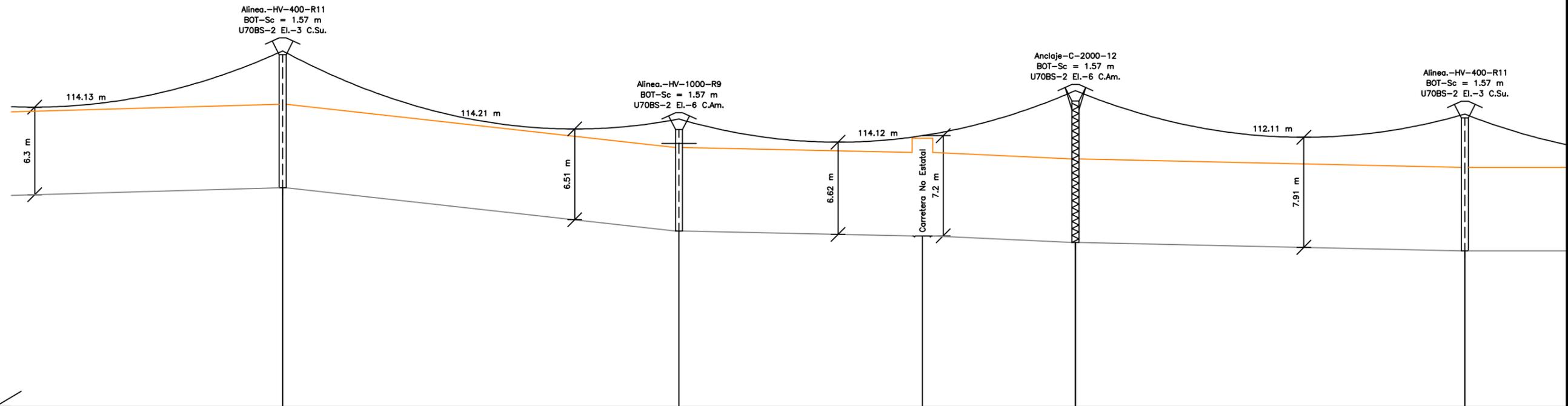
**TUTOR:**  
**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

**ESCALA:**  
**S/E**

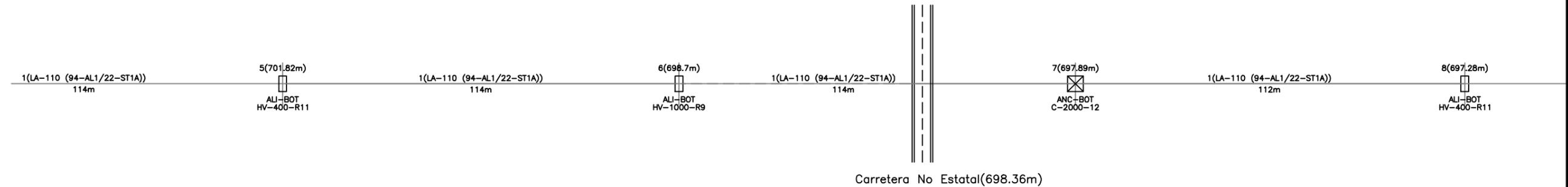
**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



APOYO	5	6	7	8
COTAS DEL TERRENO (m)	701.82	698.7	697.89	697.28
DESNIVEL (m)	0.82	-3.12	-0.81	-0.61
DISTANCIAS PARCIALES (m)	114	114	114	112
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	486	600	714	826
LONGITUD VANO (m)	114	114	114	112
ZONA	B	B	B	B



SIMBOLOGÍA GRÁFICA	
⊙	Entroque en vano fijo
⊠	Apoyo de perfiles metálicos
□	Apoyo de hormigón vibrado
◻	Apoyo de hormigón vibrado hueco
■	Apoyo de chapa metálica rectangular
●	Apoyo de chapa metálica circular
⊞	Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

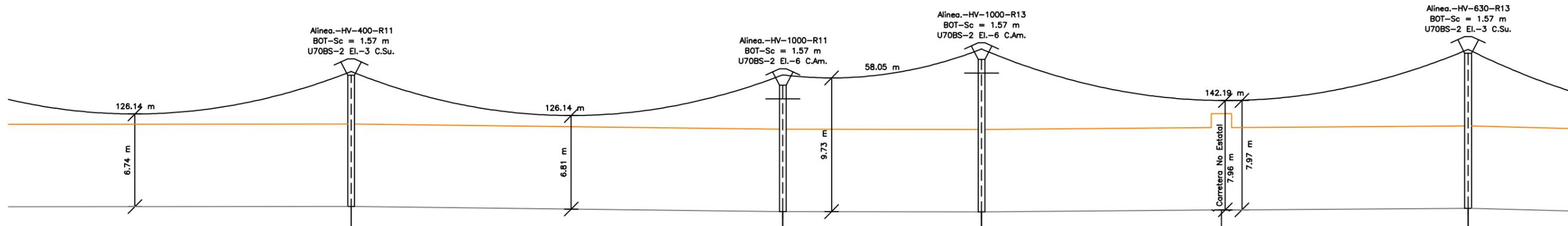
**TITULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 5-8**

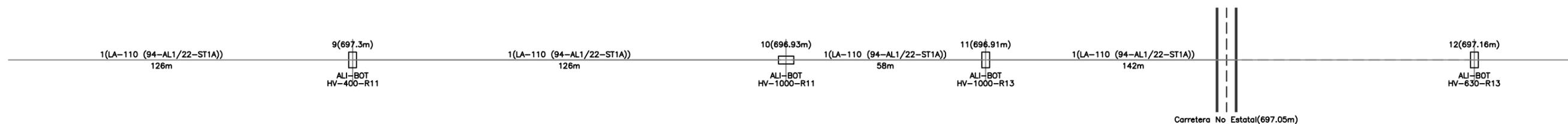
<b>DEPARTAMENTO:</b> <b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>FECHA:</b> <b>07-2014</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>5</b>
<b>TUTOR:</b> <b>FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO</b>	<b>ESCALA:</b> <b>S/E</b>	<b>FIRMA:</b> <b>EL ALUMNO:</b>

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



APOYO		9		10		11		12
COTAS DEL TERRENO (m)		697.3		696.93		696.91		697.16
DESNIVEL (m)	0.02		-0.37		-0.02		0.25	
DISTANCIAS PARCIALES (m)		126		126		58		142
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)		952		1078		1136		1278
LONGITUD VANO (m)	126		126		58		142	
ZONA	B		B		B		B	



**SIMBOLOGÍA GRÁFICA**

- ⊙ Entroque en vano fijo
- ☒ Apoyo de perfiles metálicos
- Apoyo de hormigón vibrado
- ◻ Apoyo de hormigón vibrado hueco
- Apoyo de chapa metálica rectangular
- Apoyo de chapa metálica circular
- ▣ Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 9-12**

**DEPARTAMENTO:**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**  
**07-2014**

**Nº PLANO:**  
**6**

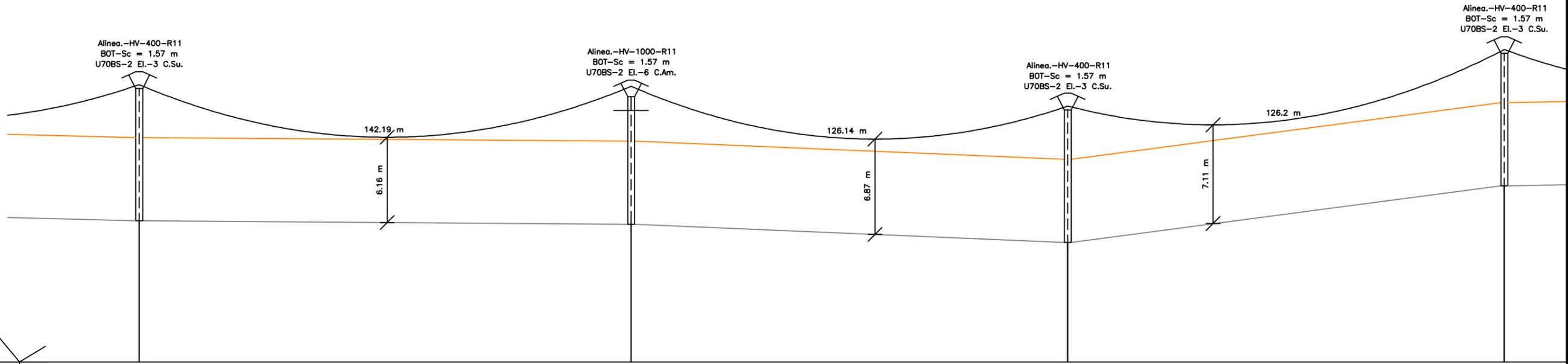
**TUTOR:**  
**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

**ESCALA:**  
**S/E**

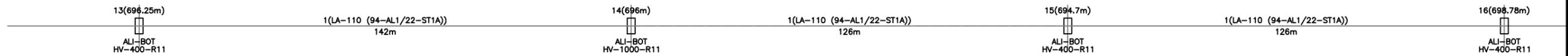
**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



APOYO	13	14	15	16
COTAS DEL TERRENO (m)	696.25	696	694.7	698.78
DESNIVEL (m)		-0.25	-1.3	4.08
DISTANCIAS PARCIALES (m)	142	142	126	126
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	1420	1562	1688	1814
LONGITUD VANO (m)		142	126	126
ZONA		B	B	B



### SIMBOLOGÍA GRÁFICA

- ⊙ Entroque en vano fijo
- ☒ Apoyo de perfiles metálicos
- Apoyo de hormigón vibrado
- Apoyo de hormigón vibrado hueco
- Apoyo de chapa metálica rectangular
- Apoyo de chapa metálica circular
- ▣ Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TÍTULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 13-16**

**DEPARTAMENTO:**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**  
**07-2014**

**Nº PLANO:**  
**7**

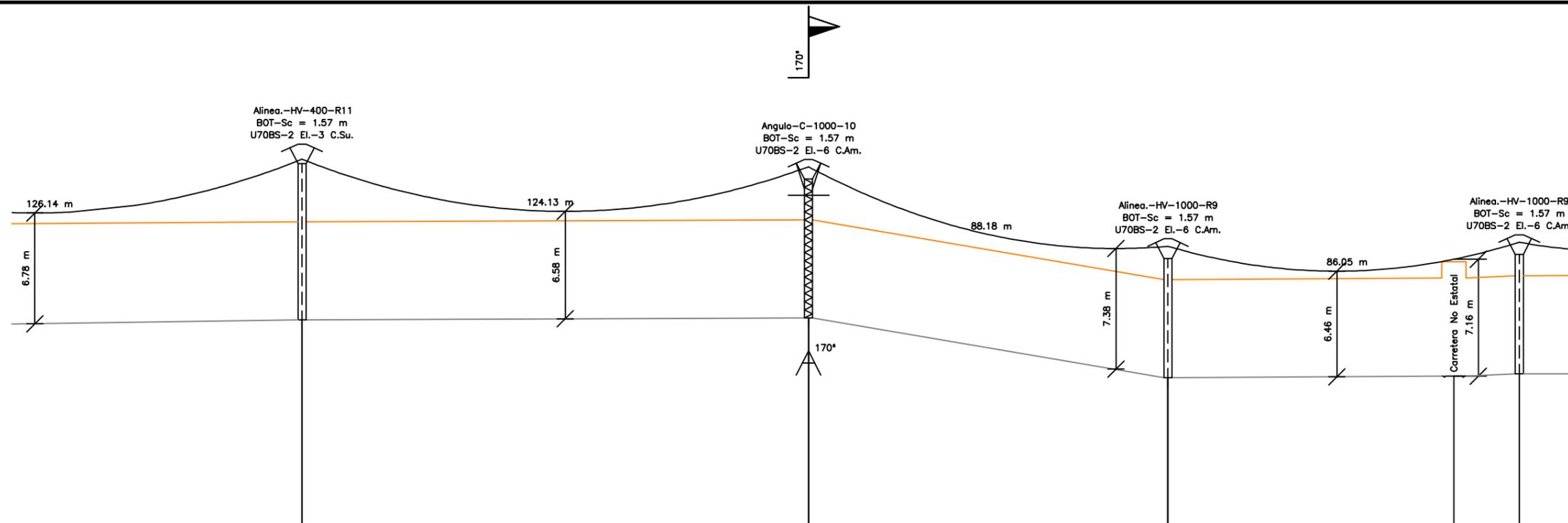
**TUTOR:**  
**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

**ESCALA:**  
**S/E**

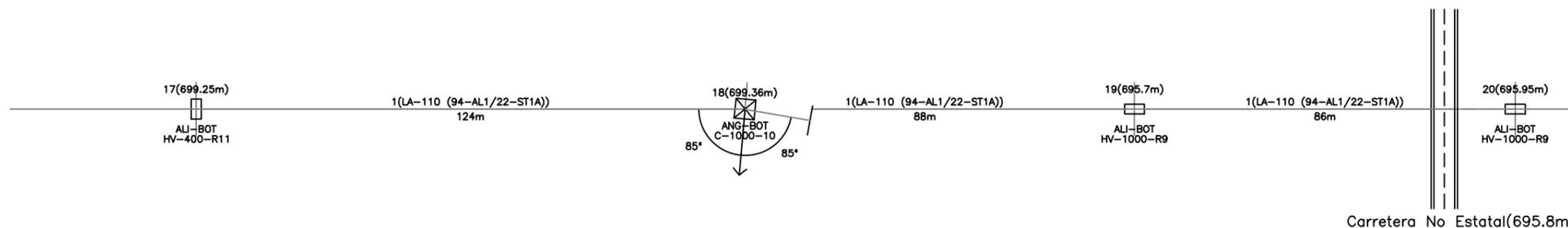
**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



APOYO	17	18	19	20
COTAS DEL TERRENO (m)	699.25	699.36	695.7	695.95
DESNIVEL (m)		0.11	-3.66	0.25
DISTANCIAS PARCIALES (m)	126	124	88	86
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)	1940	2064	2152	2238
LONGITUD VANO (m)		124	88	86
ZONA		B	B	B



**SIMBOLOGÍA GRÁFICA**

- Entroque en vano fijo
- ☒ Apoyo de perfiles metálicos
- Apoyo de hormigón vibrado
- Apoyo de hormigón vibrado hueco
- Apoyo de chapa metálica rectangular
- Apoyo de chapa metálica circular
- ☒ Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

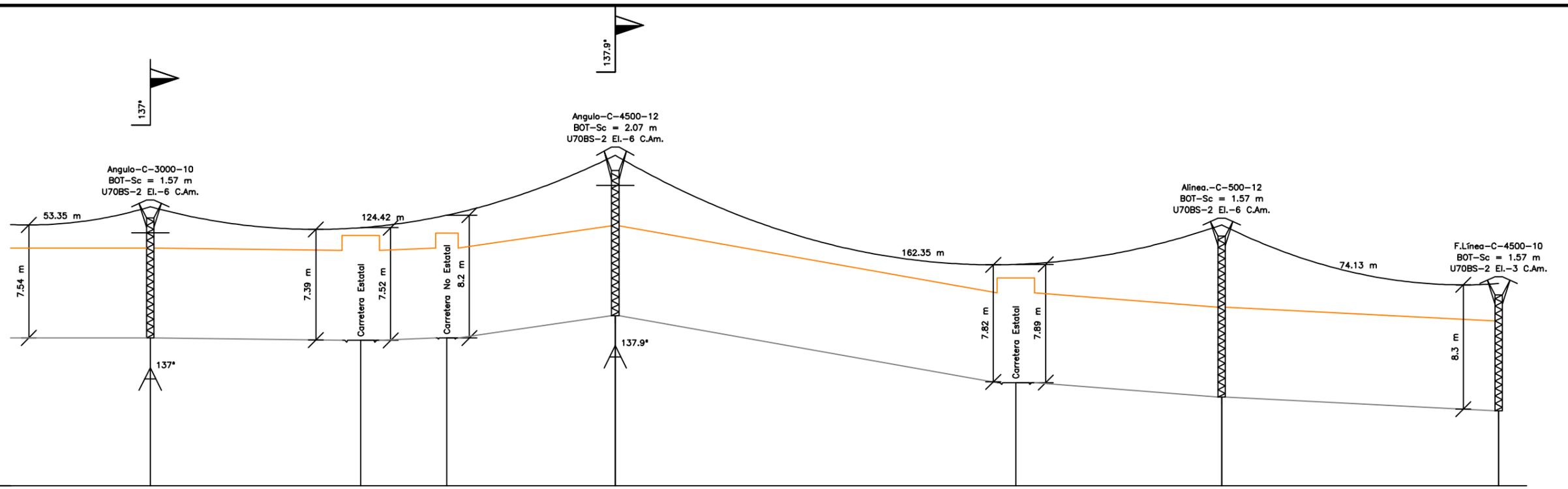
**TITULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 17-20**

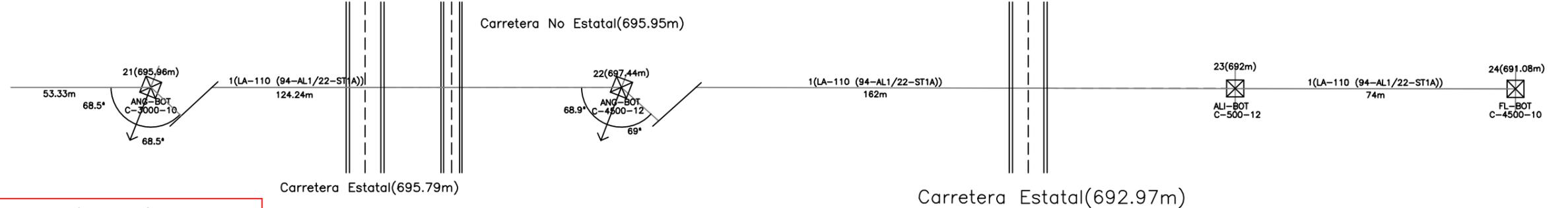
<b>DEPARTAMENTO:</b> <b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>FECHA:</b> <b>07-2014</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>8</b>
<b>TUTOR:</b> <b>FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO</b>	<b>ESCALA:</b> <b>S/E</b>	<b>FIRMA:</b> <b>EL ALUMNO:</b>

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



APOYO		21		22		23		24
COTAS DEL TERRENO (m)		695.96		697.44		692		691.08
DESNIVEL (m)		0.01	1.48		-5.44		-0.92	
DISTANCIAS PARCIALES (m)		53.33		124.24		162		74
DISTANCIAS AL ORIGEN (m)		2291.33		2415.57		2577.57		2651.57
LONGITUD VANO (m)		53.33	124.24		162		74	
ZONA		B	B		B		B	



**SIMBOLOGÍA GRÁFICA**

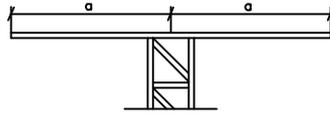
- Entroque en vano fijo
- ☒ Apoyo de perfiles metálicos
- Apoyo de hormigón vibrado
- Apoyo de hormigón vibrado hueco
- Apoyo de chapa metálica rectangular
- Apoyo de chapa metálica circular
- ☒ Fijación rígida

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**  
**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

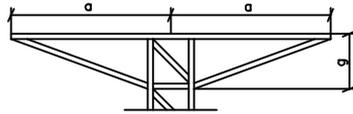
**PLANO:**  
**PERFÍL LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN - APOYOS 21-24**

<b>DEPARTAMENTO:</b> <b>INGENIERÍA ELÉCTRICA</b>	<b>FECHA:</b> <b>07-2014</b>	<b>Nº PLANO:</b> <b>9</b>
<b>TUTOR:</b> <b>FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO</b>	<b>ESCALA:</b> <b>S/E</b>	<b>FIRMA:</b> <b>EL ALUMNO:</b>
Grado en Ingeniería Eléctrica Convocatoria: Ordinaria		Fdo: GOZALO FERREIRO, DEIGO J.



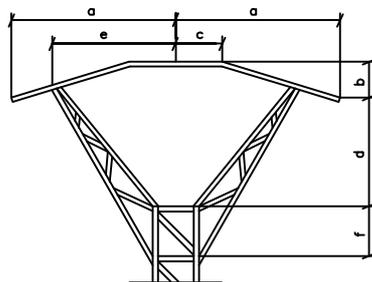
Montaje Horizontal

APOYOS	a(m)
3	1
4	1
6	1
10	1
11	1
14	1
18	1
21	1
22	1



Montaje Horizontal Atirantado

APOYOS	a(m)	g(m)
1	1.5	0.6



Montaje Bóveda Triangular

APOYOS	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)
2	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
3	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
4	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
5	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
6	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
7	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	0.6
8	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
9	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
10	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
11	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
12	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
13	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
14	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
15	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
16	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
17	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
18	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	0.6
19	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
20	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	
21	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	0.6
22	2	0.55	0.6	1	1.1	0.6
23	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	0.6
24	1.5	0.45	0.6	0.75	1.1	0.6

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

TÍTULO PROYECTO:

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

PLANO:

**CRUCETAS**

DEPARTAMENTO:

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

FECHA:

**07-2014**

Nº PLANO:

**10**

ESCALA:

**S/E**

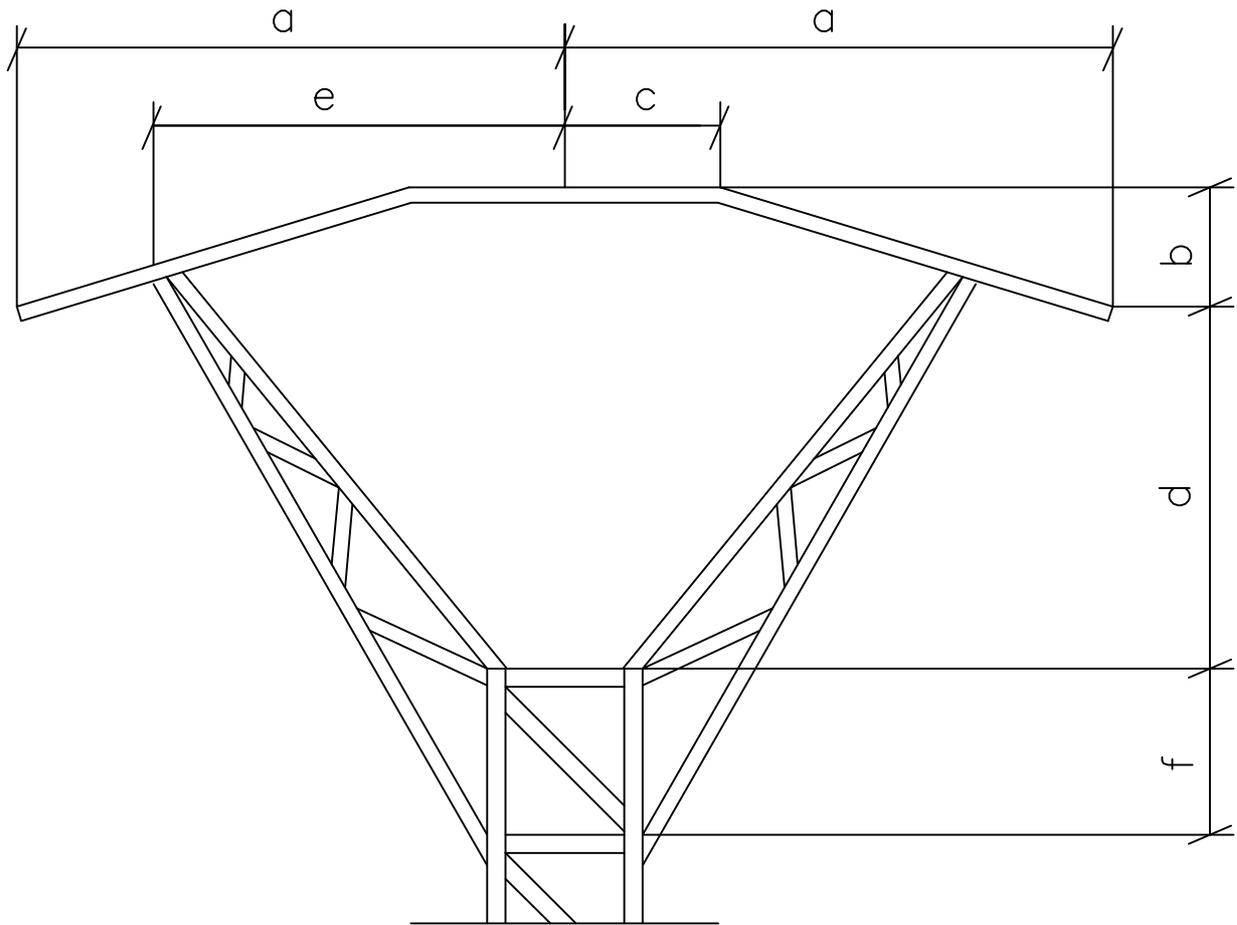
FIRMA:  
EL ALUMNO:

TUTOR:

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.



Montaje Bóveda Triangular

 **UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO  
 PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**

**CRUCETAS - BÓVEDA TRIANGULAR**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**11**

**ESCALA:**

**S/E**

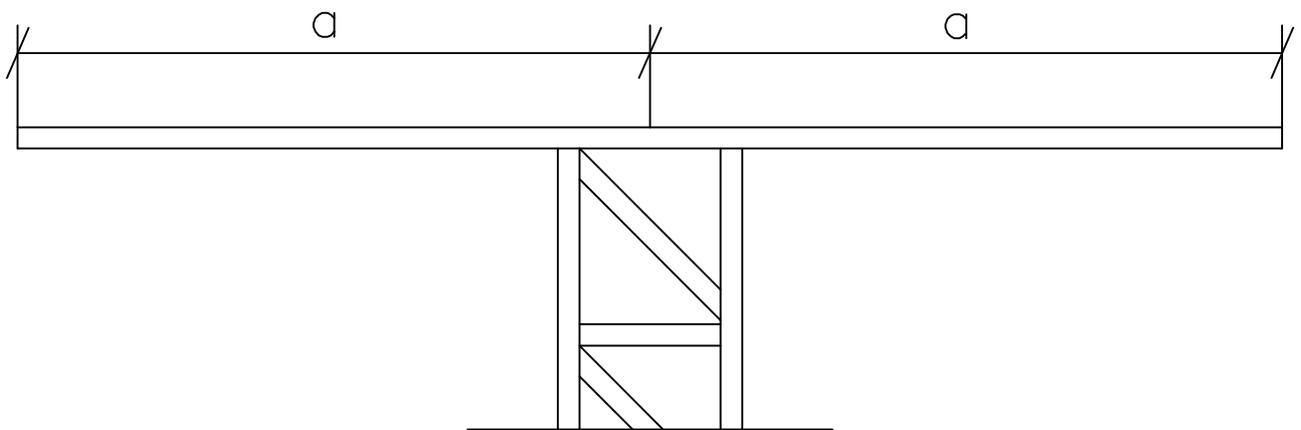
**FIRMA:  
 EL ALUMNO:**

**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.



Montaje Horizontal


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**

**CRUCETA - HORIZONTAL**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**12**

**ESCALA:**

**S/E**

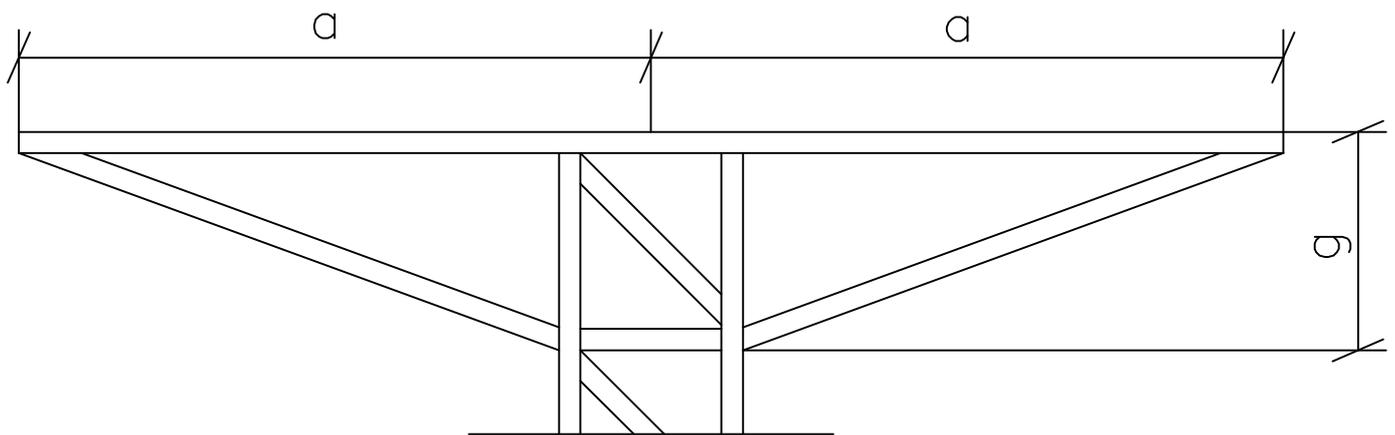
**FIRMA:  
EL ALUMNO:**

**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.



Montaje Horizontal Atirantado


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**

**CRUCETA - HORIZONTAL ATIRANTADO**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**13**

**ESCALA:**

**S/E**

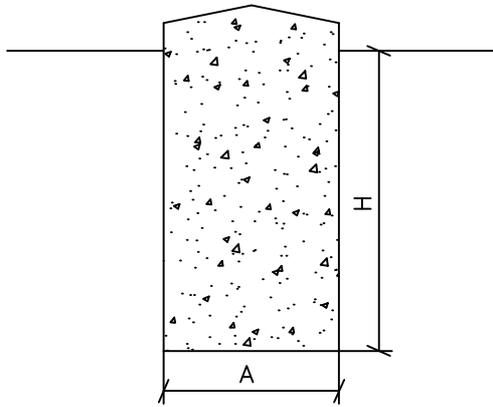
**FIRMA:  
EL ALUMNO:**

**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

Grado en Ingeniería Eléctrica  
 Convocatoria: Ordinaria

Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.



Monobloque

APOYOS	A(m)	H(m)
1	1.23	2.3
2	0.67	1.7
3	0.69	2.05
4	0.64	1.95
5	0.67	1.7
6	0.66	1.95
7	1.21	2.1
8	0.67	1.7
9	0.67	1.7
10	0.69	2.05
11	0.74	2.15
12	0.73	1.95
13	0.67	1.7
14	0.69	2.05
15	0.67	1.7
16	0.67	1.7
17	0.67	1.7
18	1.04	1.75
19	0.66	1.95
20	0.66	1.95
21	1.09	2.25
22	1.21	2.55
23	1.25	1.5
24	1.04	2.5


**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**TITULO PROYECTO:**

**TRABAJO FIN DE GRADO**  
**PROYECTO DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN**

**PLANO:**

**CIMENTACIONES**

**DEPARTAMENTO:**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**FECHA:**

**07-2014**

**Nº PLANO:**

**14**

**ESCALA:**

**S/E**

**FIRMA:**  
**EL ALUMNO:**

**TUTOR:**

**FRECHOSO ESCUDERO, FERNANDO**

**Grado en Ingeniería Eléctrica**  
**Convocatoria: Ordinaria**

**Fdo: GOZALO FERREIRO, DIEGO J.**



# Anexo 2: PLIEGO DE CONDICIONES



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

# 1. Pliego de condiciones generales de líneas aéreas de AT y CTS

## 1.1. Objetivo

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

## 1.2. Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas de alta tensión, así como centros de transformación.

## 1.3. Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación de Trabajo del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”.

El Contratista deberá estar clasificado, según orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondiente al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda. Igualmente deberá ser Instalador, provisto del correspondiente documento de clasificación empresarial.

### 1.3.1. Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Ordenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que aprueban el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en

Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

- Real Decreto 263/2008, de 22 de febrero, por el que se establecen medidas de carácter técnico en líneas eléctricas de alta tensión, con objeto de proteger la avifauna.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

### 1.3.2. Seguridad en el trabajo

El Contratista deberá prever cuando fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos de tensión o en su proximidad, usarán ropas sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deberán ser de material conductor. Se llevaran las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas.

El personal de la contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como cascos, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenádoselo por escrito, el dese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hiciesen peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir al Contratista, en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### 1.3.3. Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. en que uno u otro pudieran incurrir para con el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

#### **1.4. Organización del trabajo**

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

##### **1.4.1. Datos de la obra**

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

El Contratista podrá tomar nota y sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtendrá las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de la utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones substanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito el Director de Obra.

##### **1.4.2. Replanteo de la Obra**

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

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmada por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

#### 1.4.3. Mejoras y variaciones del Proyecto

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

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

#### 1.4.4. Recepción del material

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

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

#### 1.4.5. Organización

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

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

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

En las obras por Administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales del mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que dará cuenta lo antes posible.

#### 1.4.6. Ejecución de obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra

en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio de lo que cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de lo dispuesto en el último párrafo del apartado 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

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

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

#### 1.4.7. Subcontratación de obras

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

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

- Que se de conocimiento por escrito al Director de Obra y del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquel lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrata con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el contratante no queda vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

#### 1.4.8. Plazo de ejecución

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

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

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

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

#### 1.4.9. Recepción provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicha Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo a las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose a contar el plazo de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

#### 1.4.10. Periodos de garantías

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

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

Durante este período, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

#### 1.4.11. Recepción definitiva

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

#### 1.4.12. Pago de obras

El pago de las obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran realizado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figura en las Certificaciones, se hará con

arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por labra parte, aprobación de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

#### 1.4.13. Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro que desaparezcan o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción, señalando el plazo de entrega en los ligares previamente indicados. En Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías, caso de existir, se hará en el plazo de un mes, una vez se haya instalado el cable que contenían. En el caso de retraso de su restitución, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

### 1.5. Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## 2. Líneas aéreas de AT y Cts. pliego de condiciones técnicas

### 2.1. Objetivo y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las Condiciones técnicas mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje e Líneas Aéreas de Lata tensión, especificadas en el correspondiente Proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

## 2.2. Ejecución del trabajo

Corresponde al Contratista la responsabilidad de la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

### 2.2.1. Apertura de los hoyos

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán la más posible a las dadas en el Proyecto o en su defecto a las indicadas por el Director de Obra. Las paredes de los hoyos serán verticales.

Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el Director de Obra.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes.

Las excavaciones se harán con los útiles apropiados según el tipo de terreno. En terrenos rocosos será imprescindible el uso de explosivos o martillo compresor, siendo por cuenta del Contratista la obtención de los permisos de utilización de explosivos. En terrenos con agua deberá procederse a su desecado, procurando hormigonar después lo más rápidamente posible para evitar riesgo de desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

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

### 2.2.2. Transporte y acopio a pie de hoyo

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados.

Los apoyos de hormigón se transportarán de góndola por carretera, hasta el Almacén de Obra y desde este punto, con carros especiales o elementos apropiados hasta el pie de hoyo.

Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los angulares que lo componen, deteriorando su armado.

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.

### 2.2.3. Cimentación

La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto. Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/cm<sup>2</sup>.

El amasado del hormigón se hará con hormigonera o si no sobre chapas metálicas, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en unos 10 cm. en terrenos normales. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a base de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10% como mínimo de vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos, si ello fuese preciso. Este conducto deberá salir a unos 30 cm. bajo el nivel del suelo, y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

#### 2.2.3.1. Arena

Puede proceder de ríos, canteras, etc. Debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga la superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la que proceda de terrenos que contengan mica o feldespatos.

#### 2.2.3.2. Piedra

Podrá proceder de canteras o de graveras de río. Siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán ser de entre 1 y 5 cm.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arena unidos sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos.

#### 2.2.3.3. Cemento

Se utilizará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento.

En el caso de terreo yesoso se empleará cemento puzolánico.

#### 2.2.3.4. Agua

Será de río o de manantial, estando prohibido el empleo de la que procede de ciénagas.

#### 2.2.4. Armado de apoyos

El armado de apoyos se realizará teniendo presente la concordancia de diagonales y presillas.

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.

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.

#### 2.2.5. Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inversión.

#### 2.2.6. 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.

#### 2.2.7. Tendido, tensado y retencionado

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten torsiones, nudos, aplastamientos o roturas de alambres, roces con el suelo, apoyos, o cualquier otro obstáculo. Las bobinas no deben nunca ser rodadas sobre el terreno con asperezas o cuerpos duros susceptibles de estropear los cables, así como tampoco deben colocarse en lugares con polvo o cualquier otro cuerpo extraño que pueda introducirse entre los conductores.

Las operaciones de tendido no serán emprendidas 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.

Antes del tendido se instalarán los pórticos de protección para cruces de carreteras, ferrocarriles, líneas de alta tensión, etc.

Para el tendido se emplearán poleas con garganta de madera o aluminio con objeto de que el rozamiento sea mínimo.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostamiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentación. En particular en los apoyos de ángulo y de anclaje.

El Contratista será responsable de las averías que se produzcan de la no observación de estas prescripciones.

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.

Entonces se procederá a la realización de los anclajes y luego se colocarán los conductores sobre las grapas de suspensión.

Se empleará cinta de aluminio para reformar el conductor, cuando se retención el conductor directamente sobre el aislador.

#### 2.2.8. Reposición del terreno

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado deberán ser extendidas, si el propietario del terreno lo autoriza, o retirada a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será a cargo del Contratista.

Todos los daños serán a cargo del Contratista, salvo aquellos aceptados por el Director de Obra.

#### 2.2.9. Numeración de apoyos. Avisos de riesgo eléctrico

Se numerarán los apoyos con elementos de aluminio, ajustándose dicha numeración a la dada por el Director de Obra. Las cifras serán legibles desde el suelo.

La plaza 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.

#### 2.2.10. Puesta a tierra

Los apoyos de las líneas deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Proyecto y siguiendo las instrucciones dadas en el Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

### **2.3. Materiales**

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre que no se especifique lo contrario en el Pliego de Condiciones particulares.

#### 2.3.1. Reconocimiento y adquisición de materiales

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 el Pliego de Condiciones.

#### 2.3.2. Apoyos

Los apoyos metálicos estarán constituidos con perfiles laminados según Norma UNE 207017.

Los apoyos de hormigón cumplirán las características señaladas en la Norma UNE 207016. Llevarán borne de puesta a tierra.

#### 2.3.3. Herrajes

Serán del tipo indicado en el Proyecto. Todos estarán galvanizados.

Deberán cumplir los requisitos de las Normas UNE EN-61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897. Su diseño deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores deberán cumplir con los requisitos de resistencia mecánica dados en las normas UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433 o UNE-EN 61466-1.

Las dimensiones de acoplamiento de los herrajes a los aisladores deberán cumplir con la Norma UNE 21009 o la Norma UNE 21128.

Los dispositivos de cierre y bloqueo utilizados en el montaje de herrajes con uniones tipo rótula, deberán cumplir con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

#### 2.3.4. Aisladores

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de líneas aéreas deberán cumplir con los requisitos dimensionales de las siguientes normas:

- UNE-EN 60305 y UNE-EN 60433, para elementos de cadenas de aisladores de vidrio o cerámicos.
- UNE-EN 61466-1 y UNE-EN 61466-2, para aisladores de aislamiento compuesto de goma de silicona.
- CEI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.
- UNE-EN 62217 para aisladores poliméricos.

En cualquier caso el tipo de aislador será el que figura en el Proyecto.

#### 2.3.5. Conductores

Los conductores de aluminio deberán cumplir la Norma UNE-EN 50182.

Los conductores de acero cumplirán con la norma UNE-EN 50182. Las especificaciones del material serán conforme a la norma UNE-EN 50189 para los hilos de acero galvanizado y conforme a la norma UNE-EN 61232 para los hilos de acero recubiertos de aluminio.

Los conductores de cobre podrán estar constituidos por hilos redondos de cobre o aleación de cobre, de acuerdo con la norma UNE 207015.

### **2.4. 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 global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista comunicado su conformidad a la instalación o condicionando si recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

#### 2.4.1. Calidad de cimentación

El Director de Obra podrá encargar la ejecución de probetas de hormigón de forma cilíndrica de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con objeto de someterlas a ensayos de compresión. El Contratista tomará a su cargo las obras ejecutadas con hormigón que hayan resultado de insuficiente calidad.

#### 2.4.2. Tolerancias de ejecución

- *Desplazamiento de hoyos 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, es decir la distancia entre el eje de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a  $\left(\frac{D}{10}\right) - 10$ , expresada en centímetros.
- *Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea en relación a su situación prevista.*

No debe suponerse 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.
- *Verticalidad de los apoyos*

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2% sobre la altura de apoyo.
- *Altura de flechas*

La diferencia entre la flecha media y la indicada y la indicada en las tablas de tendido no superará el 2,5%.

#### 2.4.3. Tolerancias de utilización

- En el caso de aisladores no suministrados por el Contratista la tolerancia admitida de elementos estropeados es el 1,5%.
- La cantidad de conductor a cargo del Contratista se obtiene multiplicando el peso del metro de conductor por la suma de las distancias reales medidas entre los ejes de los pies de los apoyos, aumentadas en un 5% cualquiera que sea la naturaleza del conductor, con objeto de tener así en cuenta las flechas, puentes, etc.



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES



# Anexo 3. ESTUDIO DE SEGURIDAD E HIGIENE



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## 1. Introducción

De acuerdo con lo establecido en el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, en su artículo 4 y teniendo en cuenta que las obras que se contemplan en este proyecto se encuentran encuadradas en lo indicado en el punto 2, se establece este “Estudio básico de seguridad y salud” que abarca a las obras en “Líneas Aéreas” y “Líneas Subterráneas”.

## 2. Objeto

El objeto de este estudio básico es precisar las normas de seguridad y salud aplicables a las obras, identificando los riesgos laborales que pueden ser evitados y aquellos otros que no pudiendo ser eliminados puedan ser controlados y minimizados mediante medidas preventivas y las protecciones necesarias.

## 3. Normativa general aplicable

- Prescripciones de Seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas AMYS.
- Prescripciones de Seguridad para trabajos mecánicos y diversos AMYS.
- Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social. Decreto 2065/1974 de 30 de Mayo.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo -1971- en la parte que no está derogada y que la afecte (Título II Capítulo VI).
- LEY 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero. Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto Lugares de Trabajo.
- Real Decreto Equipos de Trabajo.
- Real Decreto Protección Individual.
- Real Decreto Señalización de Seguridad.
- Real Decreto Manipulación de Cargas.

### 3.1. Información a operarios sobre seguridad y salud.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan establecido, informando a los operarios claramente las maniobras a realizar, los posibles riesgos existentes y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta.

### 3.2. Protecciones de carácter general (art. 17 Ley 31/95 de 8 de Noviembre).

- Equipo de trabajo
  - Ropa de trabajo
  - Protecciones individuales
    - Calzado de seguridad (NI 00.12.16)
    - Casco de Seguridad (NI 00.12.08)
    - Guantes dieléctricos (NI 00.12.07;08)
    - Guantes para manipular materiales (NI 00.12.18)
    - Pantalla contra proyecciones (NI 00.12.18)
    - Gafas de seguridad (NI 00.12.14)
    - Cinturón de seguridad (NI 00.12.14)
- Equipo de primeros auxilios
  - Botiquín
- Equipo protección
  - Extintores de polvo seco A,B,C

## 4. Memoria

Para el análisis de riesgos y medidas de prevención a adoptar, se dividen los trabajos por unidades constructivas, dentro de los apartados de Obra Civil y Montaje.

### 4.1. Líneas Aéreas y Subterráneas

- *Riesgos y medios de protección para evitarlos o minimizarlos*

Actividad	Riesgo	Acción preventiva
1. Acopio, carga y descarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Golpes</li> <li>• Heridas</li> <li>• Caídas de objetos</li> <li>• Atrapamientos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mant. Equipos</li> <li>• Utilización EPI's</li> <li>• Adecuación de las cargas</li> <li>• Control de maniobras y vigilancia continuada</li> <li>• Utilización de EPI's</li> </ul>

Tabla 1. Riesgos y medios de protección para evitarlos.

Actividad	Riesgo	Acción preventiva
2. Excavación y hormigonado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas al mismo nivel</li> <li>• Caídas a diferente nivel</li> <li>• Caídas de objetos</li> <li>• Desprendimientos</li> <li>• Golpes y heridas</li> <li>• Oculares, objetos extraños</li> <li>• Riesgos a terceros</li> <li>• Sobre esfuerzo</li> <li>• Atrapamientos</li> <li>• Atropellos por maquinaria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orden y limpieza</li> <li>• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Prescripciones de Seguridad de AMYS</li> <li>• Utilización de EPI's</li> <li>• Entibamiento</li> <li>• Utilización de EPI's</li> <li>• Utilización de EPI's</li> <li>• Vallado de seguridad</li> <li>• Utilizar fajas de protección lumbar</li> <li>• Control de maniobras y vigilancia continuada</li> <li>• Establecer un correcto mantenimiento de la maquinaria</li> <li>• Prohibir el paso a toda persona ajena a la obra</li> </ul>
3. Montaje, izado, armado y tendido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caídas desde altura</li> <li>• Conectado eléctrico de AT y BT</li> <li>• Contacto eléctrico indirecto</li> <li>• Golpes y heridas</li> <li>• Atrapamientos</li> <li>• Sobre esfuerzos</li> <li>• Caídas de objetos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Prescripciones de Seguridad de AMYS</li> <li>• Coordinar con compañía suministradora definiendo las maniobras eléctricas</li> <li>• Abrir con corte visible o efectivo las posibles fuentes de tensión</li> <li>• Comprobar ausencia de tensión</li> <li>• Enclavar los aparatos de maniobra</li> <li>• Señalizar zona de trabajo</li> <li>• Poner a Tierra y en cortocircuito la zona de trabajo</li> <li>• Herramientas eléctricas de doble aislamiento conectadas a través de diferencial 0,03<sup>a</sup></li> <li>• Utilización de EPI's</li> <li>• Control de maniobra y vigilancia continuada</li> <li>• Utilizar fajas de protección lumbar</li> <li>• Utilización de EPI's</li> </ul>

Tabla 1. Riesgos y medios de protección para evitarlos.

Actividad	Riesgo	Acción preventiva
4. Cruzamientos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caídas desde alturas</li><li>• Golpes y heridas</li><li>• Atrapamientos</li><li>• Caídas de objetos</li><li>• Sobreesfuerzos</li><li>• Riesgos a terceros</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilización de equipos de protección individual y colectiva según Prescripción de Seguridad de AMYS</li><li>• Utilización de EPI's</li><li>• Control de maniobra y vigilancia continuada</li><li>• Utilización de EPI's</li><li>• Utilizar fajas de protección lumbar</li><li>• Vigilancia continuada y señalización de riesgos.</li></ul>
5. Engrapado de soportes en galerías	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caídas desde altura</li><li>• Golpes y heridas</li><li>• Caídas de objetos</li><li>• Atrapamientos</li><li>• Sobreesfuerzos</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Utilización de equipos de protección individual y colectiva, según Prescripciones de Seguridad de AMYS</li><li>• Utilización de EPI's</li><li>• Utilización de EPI's</li><li>• Control de maniobras y vigilancia continuada</li><li>• Utilizar fajas de protección lumbar</li></ul>

Tabla 1. Riesgos y medios de protección para evitarlos.



# Anexo 4. PROTECCIÓN DE LA AVIFÁUNA



**Universidad de Valladolid**



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

## 1. Introducción

Con el fin de seguir colaborando en la conservación del medio ambiente y dar respuesta al Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto, donde se establecen las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas aéreas de alta tensión, se han estudiado las posibles soluciones para el presente proyecto, adoptándose las medidas necesarias para la protección frente a colisiones y electrocuciones de la avifauna en líneas aéreas de alta tensión, según se cumpla lo especificado en el RD.

## 2. Objeto

El presente Anexo, tiene por objeto dar a conocer las medidas adoptadas para satisfacer las prescripciones técnicas de los artículos 6 y 7 del Real Decreto 1432/2008 de 29 de agosto, donde se establecen medidas para la protección de la avifauna frente la colisión y electrocución en líneas aéreas de alta tensión.

## 3. Aplicación

Si bien, el ámbito de aplicación es para espacios naturales, en general, se extienden algunas exigencias que son ámbito de aplicación en el presente proyecto, como son las distancias verticales entre el conductor central a zona de posada de aves en cruceta de bóveda con aislamiento de suspensión.

## 4. Medidas de prevención contra la electrocución

Las líneas aéreas construidas, con crucetas y apoyos de materiales no aislados o que no tengan elementos disuasorios de posada, como las instalaciones del presente proyecto, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- a) Las líneas se han de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose en los apoyos de alineación la disposición de los mismos en posición rígida.
- b) Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores de distribución de derivación, anclaje, amarre, especiales, ángulo, fin de línea, se diseñarán de forma que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos.

En cualquiera de los casos, se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos puestos en tensión.

Con el fin de dar respuesta a las indicaciones anteriores, los elementos que se utilizarán en el presente proyecto deben de ser antielectrocución para el forrado de conductores, grapas, aisladores y herrajes, recogidos en la NI 52.59.03.

- c) En caso de circuitos de bandera y dobles circuitos, la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,5 m.  
No es de aplicación en el presente proyecto.

d) Para crucetas o armados de tipo bóveda, la distancia entre cabeza de fuste y el conductor central no será inferior a 0,88 metro, o se aislará el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.

a. En suspensión:

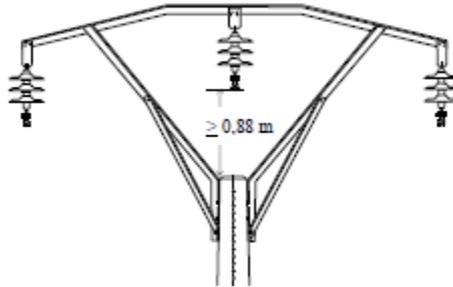


Figura 1. Distancia entre cabeza y fuste. Crucera bóveda.

b. En amarre: la distancia entre el conductor y la cruceta debe ser mayor de 1 metro.

Para obtener la distancia reglamentaria es necesaria la utilización de alargaderas. Dichas alargaderas responderán a las indicaciones recogidas en la NI 52.51.60.

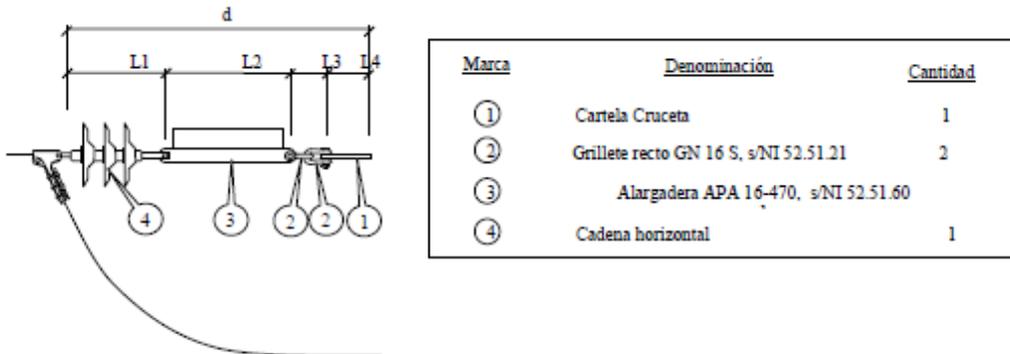


Figura 2. Composición alargadera

e) Los diferentes armados han de cumplir unas distancias mínimas de seguridad, "d".

Tipo de Cruceta	Distancias mínimas de seguridad
	<p>Cadena de suspensión <math>d = 600</math> mm y cable central aislado 1 metro a cada lado en el punto de enganche</p> <p>Cadena de amarre <math>d = 1000</math> mm y puente central aislado</p>
Bóveda	

Tabla 1. Anexo del Real Decreto 1432/2008

Las disposiciones adoptadas en el presente proyecto son:

- Cruceta Bóveda

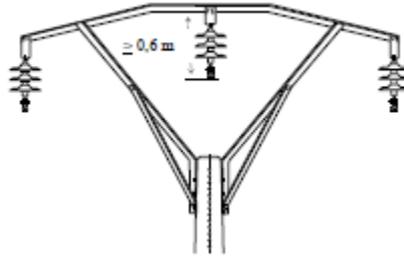


Figura 3. Distancia mínima de seguridad. Cruceta Bóveda.

## 5. Medidas de prevención contra la colisión

Dependerán del órgano de cada CCAA la provisión, en los nuevos tendidos, de salvapájaros o señalizaciones visuales.

Los salvapájaros o señalizaciones visuales se han de colocar en los cables de tierra. Si estos últimos no existieran, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, colocándose directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores serán de materiales opacos y estarán dispuestos cada 10 metros (cable de tierra único) o alternativamente, cada 20 metros (si son dos cables de tierra en paralelo o, en los conductores). La señalización en conductores se realizará de modo que generen un efecto similar al de una señal cada 10 metros, para lo cual la disposición será de forma alterna en cada conductor y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor. En aquellos tramos que sean más peligrosos, debido a condiciones atmosféricas o geográficas, el órgano competente de la comunidad autónoma podrá reducir las anteriores distancias.

Los salvapájaros o señalizadores serán del tamaño siguiente:

- Espirales: con 30 cm de diámetro x 1 m de longitud.
- De 2 tiras en "X": de 5 x 35 cm.

Se podrán utilizar otro tipo de señalizadores, siempre que eviten eficazmente la colisión de aves, a juicio del órgano competente de la comunidad autónoma.

Sólo se podrá prescindir de la colocación de salvapájaros en los cables de tierra cuando el diámetro propio, o conjuntamente con un cable adosado de fibra óptica o similar, no sea inferior a 20 mm.

En zonas en las que se prevean un flujo de aves superior, salvo indicaciones en contra, se instalarán, cada 20 metros por conductor, dispositivos de anticollisión según NI 29.00.02 ó NI 29.00.03.

Los elementos a instalar, según los casos y su disposición, son los indicados a continuación.

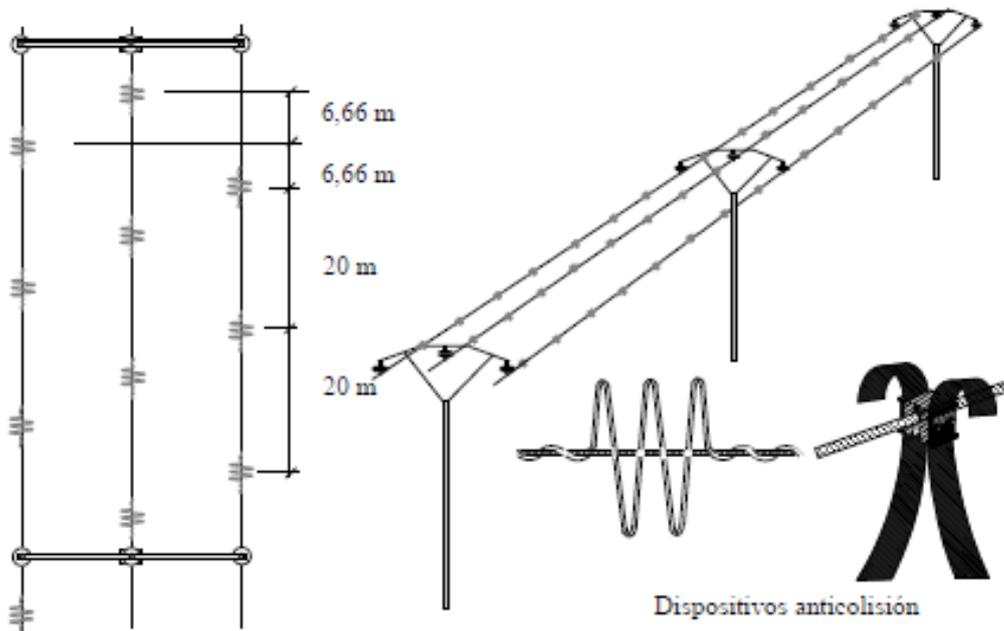


Figura 4. Disposición y elementos anticollisión.

