



**Titulació:**

Ingeniería Industrial

**Alumno:**

Marc Pino Curto

**Título PFC:**

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

**Director del PFC:**

Ramón M. Mujal Rosas

**Convocatoria de entrega del PFC:**

Junio 2014

Contenido de este volumen:

**-MEMORIA-**

---

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quisiera dar las gracias al Sr. Ramón M. Mujal, mi tutor del Proyecto Final de Carrera, quien ha mostrado total disposición por atenderme desde el primer día. Agradecerle todas las orientaciones y ayuda prestada, tanto cuando decidíamos sobre qué se basaría el proyecto y el alcance de éste, como todas las demás dudas que han surgido durante su realización; ya fuese en persona, por teléfono o por correo electrónico.

A mi padrino, el Sr. Marc Alegre, junto a mi amigo el Sr. Ramón Bernad, por asesorarme y motivarme, cuando era un adolescente recién salido del bachillerato y sin mucho ánimo de estudiar, a emprender el camino que hoy estoy a punto de terminar.

A mis compañeros de mi antigua universidad, especialmente a los Sres. David Antón, Francesc Pascual y Jaume Dugo; quienes hicieron que todas las horas de estudio resultaran más amenas y, en general, todo el trayecto académico en Tarragona. Agradecerles además por transmitirme su motivación por seguir estudiando cuando estábamos finalizando la carrera, a pesar de que más tarde nos viésemos obligados a tomar caminos diferentes.

A los compañeros del ETSEIAT junto a los que he compartido la mayor parte del tiempo de mis últimos casi tres años, apoyándome para trabajar y estudiar día a día con tal de alcanzar el objetivo común que nos ocupaba. Entre ellos especialmente a las Sras. Diana Martínez y Sílvia Serrallonga; y a los Sres. Aleix Gabarró, Roger Porquet, Carlos Abad, Bernat Subirats, Jose Ramos, Isidre Guasch, Sergio Hernández y Jordi Vicente.

A todos mis compañeros de piso que he tenido durante mi estancia en Terrassa, las Sras. Andrea Naudín, Imma Casdellà y Esther Villacampa; y los Sres. Eloi Mas, Xavier Barrull, Jose Javier Martos y Toni García; por todo su apoyo en los momentos difíciles o por su mera compañía en momentos de desconexión u ocio.

A todos mis amigos de mi pueblo por su incondicional apoyo y por todos los momentos que hemos podido compartir juntos, y que quiero seguir compartiendo.

A mis padres y a mi hermana, los pilares de mi vida.

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>OBJETO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>EMPLAZAMIENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>LEGISLACIÓN APLICADA</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>LIMITACIONES DEL PROYECTO</b> .....	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b> .....	<b>10</b>
6.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA .....	10
6.2	TRAZADO DE LA LÍNEA.....	10
6.3	DATOS TOPOGRÁFICOS.....	11
6.4	COORDENADAS UTM DE LOS APOYOS .....	12
6.5	CRUZAMIENTOS.....	13
6.6	CONDUCTOR .....	14
6.7	CONDUCTOR DE PROTECCIÓN.....	14
6.8	APOYOS .....	15
6.9	CIMENTACIONES.....	16
6.10	CADENAS DE AISLAMIENTO .....	17
6.10.1	Cadenas de suspensión .....	18
6.10.2	Cadenas de amarre.....	19
6.10.3	Descripción de las cadenas según el tipo de apoyos.....	20
6.11	EMPALMES, CONEXIONES Y RETENCIONES .....	22
6.12	AMORTIGUADORES .....	23
6.13	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....	23
6.14	CHAPAS ANTIESCALO .....	24
6.15	PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA.....	25
6.16	NUMERACIÓN Y SEÑALIZACIÓN.....	26
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>28</b>
8.1	Bibliografía y documentación técnica.....	28
8.2	Páginas web.....	28
<b>9</b>	<b>RESUMEN DEL PRESUPUESTO</b> .....	<b>30</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de las longitudes de los vanos y las cotas de los apoyos. ....	12
Tabla 2. Coordenadas UTM de los apoyos. ....	13
Tabla 3. Relación de cruzamientos. ....	14
Tabla 4. Características de los apoyos. ....	15
Tabla 5. Características de las cimentaciones. ....	17
Tabla 6. Herrajes cadena de suspensión. ....	18
Tabla 7. Herrajes cadena de amarre. ....	20

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Localización general de la comarca Berguedà y de los términos municipales Guardiola del Berguedà y La Pobla de Lillet, donde se proyecta la línea eléctrica objeto del presente proyecto.....	7
Figura 2. Localización de la línea de 110 kV, dentro de los términos municipales de Guardiola de Berguedà y La Pobla de Lillet, escala 1:50000. ....	7
Figura 3. Configuración del armado tipo S.....	16
Figura 4. Cimentación monobloque. ....	17
Figura 5. Cimentación tetrabloque cuadrada sin cueva.....	17
Figura 6. Cadena de suspensión. ....	19
Figura 7. Cadena de amarre.....	20
Figura 8. Amortiguador tipo Stockbridge.....	23
Figura 9. Puesta a tierra mediante anillo y 4 picas en cimentaciones monobloque y tetrabloque.....	24
Figura 10. Chapas antiescalo. ....	25
Figura 11. Espiral anticolidión, protección avifauna.....	25

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

### 1 OBJETO

El objetivo de este proyecto es la construcción de una línea eléctrica de 110 kV de simple circuito, cuya finalidad es suministrar energía eléctrica a un complejo industrial de nueva construcción, con un consumo de 50 MVA de potencia.

Con el presente documento se pretenden establecer las características a las que habrá que ajustarse las instalaciones, siempre de acuerdo con lo que determinen los vigentes Reglamentos e Instrucciones Técnicas Complementarias, para así obtener la Aprobación de Proyecto correspondiente.

### 2 ANTECEDENTES

El presente proyecto es redactado por el alumno de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa* MARC PINO CURTO con DNI: 47827274-Q, a petición de ENDESA, como titular de la línea, siendo este el Proyecto Final de Carrera, con el objeto de adquirir el Título de Ingeniero Industrial en la especialidad Electricidad. La dirección del proyecto queda bajo la tutoría de RAMÓN M. MUJAL ROSAS, profesor de la *Universitat Politècnica de Catalunya*.

La infraestructura eléctrica básica necesaria para atender la petición del suministro eléctrico contempla la construcción de una línea aérea de alta tensión realizando una derivación en la línea existente entre la central térmica de Cercs y la Cerdanya en el apoyo T46, propiedad de ENDESA; y la futura subestación transformadora "SET La Pobla de Lillet", objeto de otro proyecto.

### 3 EMPLAZAMIENTO

La instalación proyectada se encuentra situada en los términos municipales de Guardiola de Berguedà y La Pobla de Lillet, ambos pertenecientes a la comarca del Berguedà, Cataluña.

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

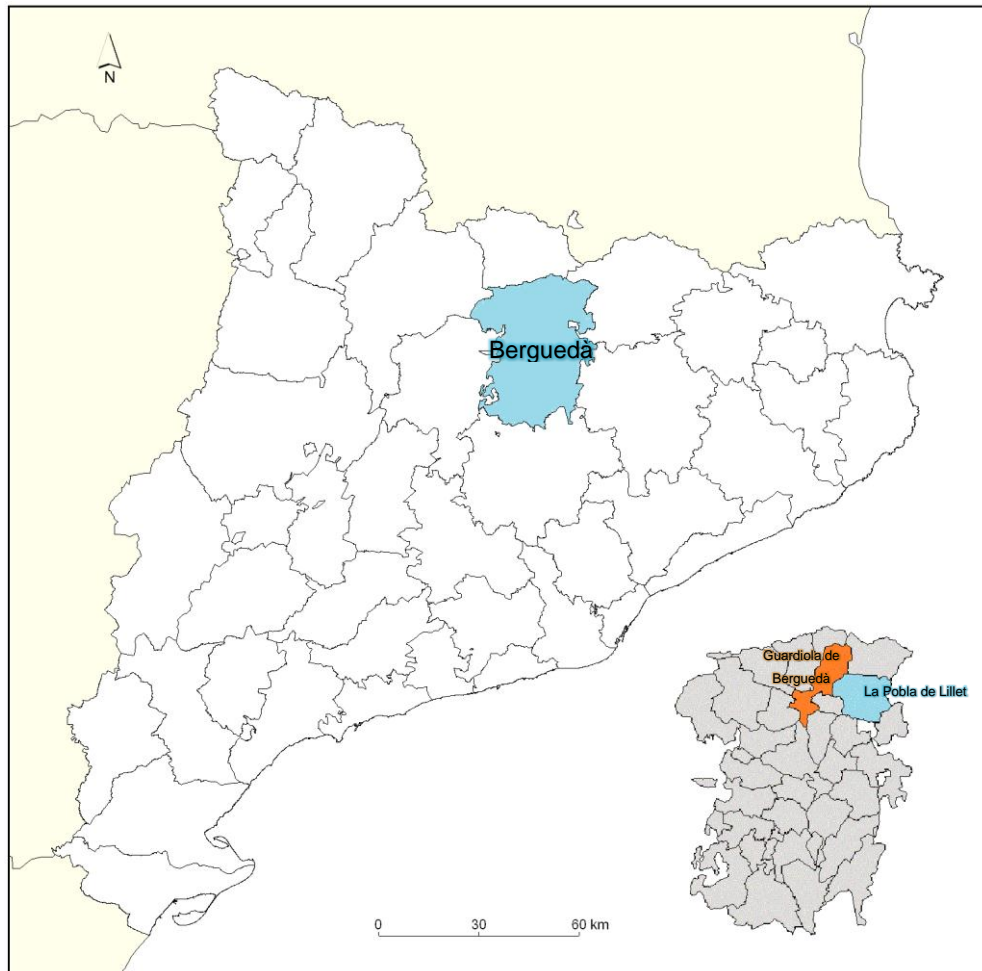


Figura 1. Localización general de la comarca Berguedà y de los términos municipales Guardiola del Berguedà y La Pobla de Lillet, donde se proyecta la línea eléctrica objeto del presente proyecto.

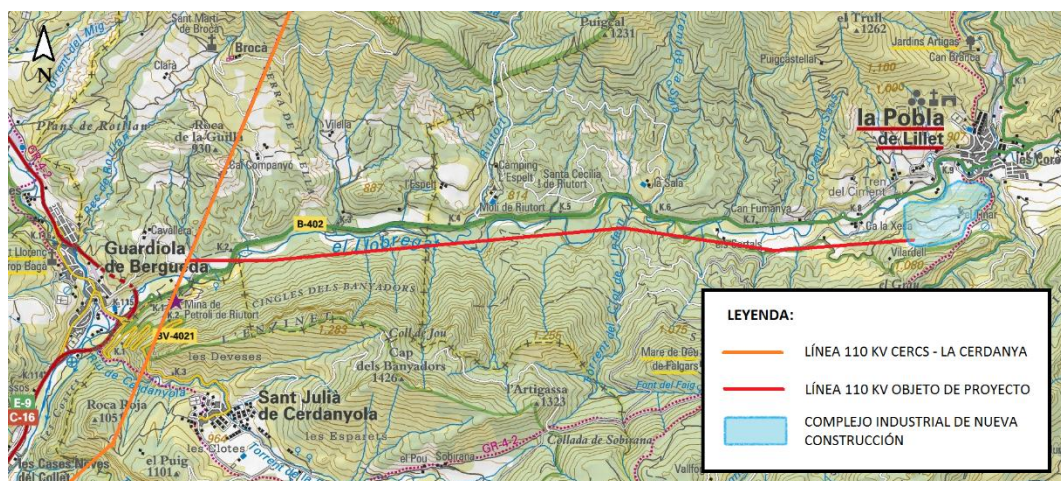


Figura 2. Localización de la línea de 110 kV, dentro de los términos municipales de Guardiola de Berguedà y La Pobla de Lillet, escala 1:50000.

## 4 LEGISLACIÓN APLICADA

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta los siguientes Reglamentos en vigor:

- Real Decreto 1.955/2.000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 3275/1982 de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio y de 18 de octubre de 1984, 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 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Recomendaciones UNESA.
- Normalización Nacional. Normas UNE y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 02.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, 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 salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- 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.



## 5 LIMITACIONES DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene un objetivo didáctico y es de carácter académico. No se trata de un proyecto que realmente se vaya a tramitar o ejecutar. Se resumen en este apartado las posibles limitaciones del proyecto:

- El punto de enganche se realiza en la línea de 110 kV existente entre la central térmica de Cercs y La Cerdanya, en el apoyo T46. Las modificaciones en dicha línea y/o la substitución del apoyo en el que se realiza la derivación irán a cargo de una empresa subcontratada. Las coordenadas UTM del apoyo en cuestión son: 408356.15 E 4676523.69 N.
- En la línea objeto del presente proyecto no se instalarán elementos de maniobra y protección, éstos estarán instalados en las subestaciones y no serán objeto del presente documento.
- Las tensiones de las líneas con las que se producen cruzamientos son ficticias. No obstante, sí es cierto que se producen cruzamientos con líneas existentes.
- Los datos de partida son ficticios, si bien es cierto que la línea en la que se realiza la derivación trabaja a 110 kV.
- Una vez decidido el trazado, no se han realizado las consultas previas pertinentes a los Organismos Oficiales afectados (Permisos, Ordenanzas Municipales...), con el objeto de poner en conocimiento la futura instalación y obtener su autorización.
- Dado el carácter académico del presente proyecto no se ha incluido una Relación de Bienes y Derechos Afectados, así como los Presupuestos de Obra correspondientes a los Organismos afectados, al considerarse fuera del objeto del presente documento.
- Los precios de los elementos de la línea, se han tomado de fabricantes o de otros proyectos existentes, aplicándoles una subida igual a la diferencia entre el IPC del momento en el que se realizaron y el actual.

## 6 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

### 6.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

La línea tiene las siguientes características generales:

- Titular ..... Endesa
- Tensión..... 110 kV
- Longitud..... 6,402 km
- Categoría de la línea ..... 1ª
- Zona por la que discurre..... Zona B
- Velocidad del viento considerada ..... 120 km/h
- Tipo de montaje..... Simple Circuito (SC)
- Número de conductores por fase..... 1
- Frecuencia..... 50 Hz
- Potencia a transportar ..... 50 MVA
- Factor de potencia..... 0,9
- Nº de apoyos proyectados..... 23
- Nº de vanos..... 22
- Cota más baja ..... 738,02 m
- Cota más alta ..... 935,13 m

### 6.2 TRAZADO DE LA LÍNEA

El inicio de la línea tiene lugar en el apoyo T46 de la línea de 110 kV entre la central térmica de Cercs y La Cerdanya, donde se realiza una derivación. A partir de ése punto el transcurso de la línea se lleva a cabo por el valle que conforman la Sierra del Catllaràs y la Sierra de Montgrony, ciñéndose a la cuenca del río Llobregat. De este modo, se consigue alejar la línea de las zonas donde los vientos son más fuertes y, al mismo tiempo disminuir la longitud de las calles de acceso a los apoyos gracias a la proximidad de carreteras existentes. Finalmente, la línea termina en la futura "SET La Pobla de Lillet", la cual estará adjunta al complejo industrial de nueva construcción.

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

### 6.3 DATOS TOPOGRÁFICOS

Atendiendo a su función en la línea, según el apartado 2.4.1 de la ITC-07 del R.L.A.T., los apoyos se clasifican de la siguiente manera:

- Apoyos de alineación (AL): su función solamente es sostener los conductores, debiendo ser empleados únicamente en alineaciones rectas.
- Apoyos de ángulo (AN): utilizados para sostener los conductores en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.
- Apoyos de anclaje (AC): éstos deben proporcionar puntos firmes en la línea que limiten o impidan la destrucción total de la misma cuando por cualquier causa se rompa un conductor o un apoyo.
- Apoyos de fin de línea (FL): su función es resistir, en sentido longitudinal de la línea, la tensión de todos los conductores.

En la siguiente tabla se incluye la relación de las longitudes de los vanos y las cotas de los apoyos que se proyectan para la construcción de esta línea.

Nº Apoyo	Cota Absoluta (m)	Vano Anterior (m)	Vano Posterior (m)	Cruzamiento	Función	Tipo Terreno	Ángulo Interior (g)
1	760.00	0	246	SI	ENTR. FL	Normal	0
2	748.78	246	373	SI	AL-SU	Normal	0
3	763.00	373	359	SI	AN-AM	Normal	172,86
4	803.12	359	188	NO	AL-SU	Normal	0
5	810.03	188	320	NO	AL-SU	Normal	0
6	807.37	320	401	SI	AL-SU	Normal	0
7	817.95	401	251	SI	AL-SU	Normal	0
8	785.33	251	321	SI	AL-AM	Normal	0
9	771.61	321	354	SI	AL-SU	Normal	0
10	789.54	354	343	SI	AL-SU	Normal	0
11	798.44	343	331	SI	AL-SU	Normal	0
12	789.98	331	268	SI	AL-AM	Normal	0
13	831.48	268	98	SI	AL-SU	Normal	0
14	829.00	98	299	SI	AN-AM	Normal	161,84
15	804.53	299	211	SI	AL-AM	Normal	0

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial  
del Alt Berguedà.

16	803.94	211	188	SI	AL-AM	Normal	0
17	823.24	188	250	SI	AL-SU	Normal	0
18	826.00	250	329	SI	AN-AM	Normal	169,21
19	822.86	329	344	SI	AL-SU	Normal	0
20	829.39	344	381	SI	AL-SU	Normal	0
21	852.28	381	339	SI	AL-AM	Normal	0
22	921.92	339	179	SI	AL-SU	Normal	0
23	935.13	179	179	NO	ENTR. FL	Normal	0

Tabla 1. Relación de las longitudes de los vanos y las cotas de los apoyos.

#### 6.4 COORDENADAS UTM DE LOS APOYOS

En la siguiente tabla se indica el emplazamiento de los apoyos que conforman la línea, mediante coordenadas UTM (Sistema de geodésico de referencia ETRS89, HUSO 31):

Nº Apoyo	Denominación	UTM X	UTM Y	Cota (m)
1	HAR-9000-15	408384,89	4676523,54	760,00
2	HAR-2500-20	408649,17	4676520,42	748,78
3	HAR-9000-18	409049,95	4676515,68	763,00
4	H-2500-16	409401,22	4676555,40	803,12
5	H-3000-12	409585,67	4676576,25	810,03
6	H-2500-14	409899,17	4676611,70	807,37
7	HAR-2500-27	410292,19	4676656,14	817,95
8	HAR-7000-29	410538,12	4676683,94	785,33
9	HAR-2500-29	410852,37	4676719,47	771,61
10	HAR-2500-20	411199,29	4676758,70	789,54
11	HAR-2500-22	411535,33	4676796,69	798,44
12	HAR-7000-24	411859,12	4676833,30	789,98
13	H-3000-12	412121,69	4676862,99	831,48
14	AGR-9000-10	412217,89	4676873,87	829,00
15	HAR-7000-22	412505,61	4676815,01	804,53
16	HAR-7000-9	412708,54	4676773,50	803,94
17	H-2500-21	412888,90	4676736,60	823,24
18	HAR-9000-13	413129,08	4676687,47	826,00
19	HAR-2500-18	413462,30	4676682,56	822,86

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

20	HAR-2500-29	413810,90	4676677,42	829,39
21	HAR-7000-32	414197,65	4676671,72	852,28
22	HAR-2500-20	414541,09	4676666,66	921,92
23	HAR-9000-13	414722,60	4676663,99	935,13

Tabla 2. Coordenadas UTM de los apoyos.

## 6.5 CRUZAMIENTOS

Deben respetarse todas las distancias mínimas de seguridad establecidas en el apartado 5 de la ITC-07 del R.L.A.T las cuales pueden consultarse con detalle en el ANEXO A “Cálculos justificativos de la línea eléctrica”, adjunto a la presente memoria.

Los cruzamientos que se presentan en la línea objeto de este proyecto, con elementos que ya existían en la zona con anterioridad a la instalación de la línea, son los siguientes:

Nº cruzamiento	Vano afectado	Longitud vano (m)	Distancia margen izquierdo a origen (m)	Distancia margen derecho a origen (m)	Anchura total (m)	Ángulo de incidencia (grados)	Afección
1	1	246	63,55	66,2	2,65	76,5	Camino
2	1	246	70,96	70,96	-	40	Línea 13,2 kV
3	1	246	92,13	96,89	4,76	144	Camino
4	2	375,03	360,64	370,21	9,57	81	Carretera B-402
5	2	375,03	414,06	457	42,94	67,5	Río Llobregat
6	6	401,23	1703,13	1741,76	38,63	27	Camino
7	7	251,06	1992,02	2006,31	14,29	144	Camino
8	8	320,8	2283,03	2296,78	13,75	144	Río Llobregat
9	9	354,17	2593,08	2597,31	4,23	90	Camino
10	9	354,17	2629,06	2654,45	25,39	90	Río Llobregat
11	11	330,56	3336,99	3354,45	17,46	81	Río Llobregat
12	12	268,06	3634,35	3668,74	34,39	72	Río Llobregat
13	14	299,46	3881,97	3887,26	5,29	90	Camino
14	14	299,46	3893,08	3897,31	4,23	90	Camino
15	14	299,46	4002,6	4017,95	15,35	157,5	Camino
16	15	211,2	4259,75	4273,5	13,75	90	Río Llobregat
17	16	187,72	4446,52	4472,44	25,92	76,5	Río Llobregat
18	17	249,97	4624,52	4737,75	113,23	144	Camino
19	18	328,52	5112,96	5112,96	-	85	Línea 13,2 kV

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial  
del Alt Berguedà.

20	20	381,3	5553,15	5569,03	15,88	45	Carretera St. Julià de Cerdanyola - La Pobla de Lillet
21	20	381,3	5669,03	5680,67	11,64	135	Camino
22	21	338,6	6117,45	6128,56	11,11	72	Camino

Tabla 3. Relación de cruzamientos.

## 6.6 CONDUCTOR

El conductor es de tipo Aluminio-Acero, según la norma UNE-50182, tiene las siguientes características:

- Denominación..... LA-280 (242-AL1/39-ST1A)
- Sección total (mm<sup>2</sup>) ..... 281.1
- Diámetro total (mm) ..... 21.8
- Número de hilos de aluminio ..... 26
- Número de hilos de acero..... 7
- Carga de rotura (kg) ..... 8620
- Resistencia eléctrica a 20 °C (Ω/km) ..... 0.1195
- Peso (kg/km) ..... 976.2
- Coeficiente de dilatación (°C<sup>-1</sup>)..... 1.899·10<sup>-5</sup>
- Módulo de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>)..... 7700
  
- Tense máximo: 2873 kg (C.S. = 3) – EDS (En zona B): 22%

## 6.7 CONDUCTOR DE PROTECCIÓN

El conductor de protección es el siguiente tiene las siguientes características:

- Denominación.....OPGW-48
- Sección total (mm<sup>2</sup>) ..... 180
- Diámetro total (mm) ..... 17
- Carga de rotura (kg) ..... 8000
- Peso (kg/km) ..... 624
- Coeficiente de dilatación (°C<sup>-1</sup>)..... 1.49·10<sup>-5</sup>
- Módulo de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>)..... 12000
  
- Tense máximo: 2666 kg (C.S. = 3) – EDS (En zona B): 15%

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial  
del Alt Berguedà.

## 6.8 APOYOS

Todos los apoyos utilizados para este proyecto serán metálicos y galvanizados en caliente, fabricados por IMEDEXSA S.A.

En el ANEXO A “Cálculos justificativos de la línea eléctrica”, adjunto a la presente memoria, pueden consultarse tanto la geometría como los esfuerzos admisibles por tales apoyos.

Nº apoyo	Función apoyo	Denominación	Peso total (kg)	Tipo armado	Dimensiones (m)				Altura útil
					“a”	“b”	“c”	“h”	
1	ENTR. FL	HAR-9000-15	2365	S	2.4	2	2.4	3.7	12.72
2	AL-SU	HAR-2500-20	1813	S	2.8	2	2.8	3	17.65
3	AN-AM	HAR-9000-18	2774	S	2.4	2	2.4	3.7	15.25
4	AL-SU	H-2500-16	1557	S	2.1	2	2.1	2.7	14.29
5	AL-SU	H-3000-12	1223	S	2.4	2	2.4	2.7	9.95
6	AL-SU	H-2500-14	1429	S	2.6	2	2.6	2.7	12.37
7	AL-SU	HAR-2500-27	2332	S	2	2	2	3	24.15
8	AL-AM	HAR-7000-29	3702	S	2.1	2	2.1	3	26.62
9	AL-SU	HAR-2500-29	2607	S	2.8	2	2.8	3	26.58
10	AL-SU	HAR-2500-20	1786	S	2.4	2	2.4	3	17.65
11	AL-SU	HAR-2500-22	1983	S	2.4	2	2.4	3	20.12
12	AL-AM	HAR-7000-24	3099	S	2.1	2	2.1	3	22.14
13	AL-SU	H-3000-12	1138	S	2	1.4	2	2.7	9.95
14	AN-AM	AGR-9000-10	1882	S	2.5	2	2.5	3.7	10
15	AL-AM	HAR-7000-22	2855	S	2.1	2	2.1	3	20.16
16	AL-AM	HAR-7000-9	1279	S	2.1	2	2.1	3	6.72
17	AL-SU	H-2500-21	1955	S	2	1.4	2	2.7	19.29
18	AN-AM	HAR-9000-13	2128	S	2.4	2	2.4	3.7	10.85
19	AL-SU	HAR-2500-18	1621	S	2.5	2	2.5	3	15.4
20	AL-SU	HAR-2500-29	2580	S	2.4	2	2.4	3	26.58
21	AL-AM	HAR-7000-32	4123	S	2.1	2	2.1	3	28.88
22	AL-SU	HAR-2500-20	1765	S	2.1	2	2.1	3	17.65
23	ENTR. FL	HAR-9000-13	2128	S	2.4	2	2.4	3.7	10.85

Tabla 4. Características de los apoyos.

El total de kg de acero necesario para la construcción de esta línea son 50124.

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

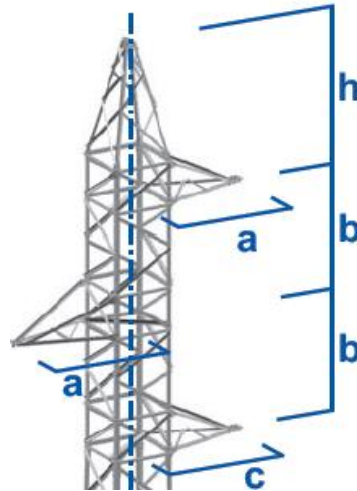


Figura 3. Configuración del armado tipo S.

## 6.9 CIMENTACIONES

Para una eficaz estabilidad de los apoyos, éstos se encastrarán en el suelo en bloques de hormigón HM-20, calculados de acuerdo con la resistencia mecánica del mismo. Las características de las cimentaciones de cada uno de los apoyos será la siguiente:

Nº apoyo	Apoyo	Tipo de terreno	Tipo de cimentación	Dimensiones (m)				Volumen excavación (m³)	Volumen hormigón (m³)
				a	h	H	c		
1	HAR-9000-15	Normal	Monobloque	2,06	2,57	-	-	10,91	11,75
2	HAR-2500-20	Normal	Monobloque	1,84	2,11	-	-	7,14	7,82
3	HAR-9000-18	Normal	Monobloque	2,15	2,64	-	-	12,2	13,13
4	H-2500-16	Normal	Monobloque	1,72	2,02	-	-	5,98	6,57
5	H-3000-12	Normal	Monobloque	1,55	2	-	-	4,81	5,29
6	H-2500-14	Normal	Monobloque	1,65	1,98	-	-	5,39	5,94
7	HAR-2500-27	Normal	Monobloque	2,09	2,19	-	-	9,57	10,44
8	HAR-7000-29	Normal	Monobloque	2,56	2,63	-	-	17,24	18,55
9	HAR-2500-29	Normal	Monobloque	2,19	2,22	-	-	10,65	11,61
10	HAR-2500-20	Normal	Monobloque	1,84	2,11	-	-	7,14	7,82
11	HAR-2500-22	Normal	Monobloque	1,95	2,14	-	-	8,14	8,9
12	HAR-7000-24	Normal	Monobloque	2,35	2,58	-	-	14,25	15,35
13	H-3000-12	Normal	Monobloque	1,55	2	-	-	4,81	5,29
14	AGR-9000-10	Normal	Tetrabloque (Cuadrada recta)	1,1	-	2,75	2,69	13,31	14,36
15	HAR-7000-22	Normal	Monobloque	2,24	2,56	-	-	12,85	13,85



Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial  
del Alt Berguedà.

16	HAR-7000-9	Normal	Monobloque	1,58	2,26	-	-	5,64	6,14
17	H-2500-21	Normal	Monobloque	1,9	2,11	-	-	7,62	8,34
18	HAR-9000-13	Normal	Monobloque	1,93	2,53	-	-	9,42	10,17
19	HAR-2500-18	Normal	Monobloque	1,78	2,05	-	-	6,5	7,13
20	HAR-2500-29	Normal	Monobloque	2,19	2,22	-	-	10,65	11,61
21	HAR-7000-32	Normal	Monobloque	2,74	2,63	-	-	19,74	21,25
22	HAR-2500-20	Normal	Monobloque	1,84	2,11	-	-	7,14	7,82
23	HAR-9000-13	Normal	Monobloque	1,93	2,53	-	-	9,42	10,17

Tabla 5. Características de las cimentaciones.

El volumen total de hormigón necesario para la cimentación de los apoyos es de 239,3 m<sup>3</sup>.

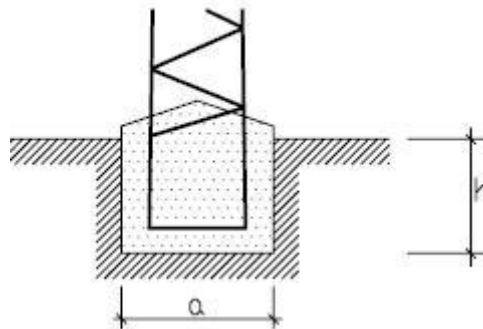


Figura 4. Cimentación monobloque.

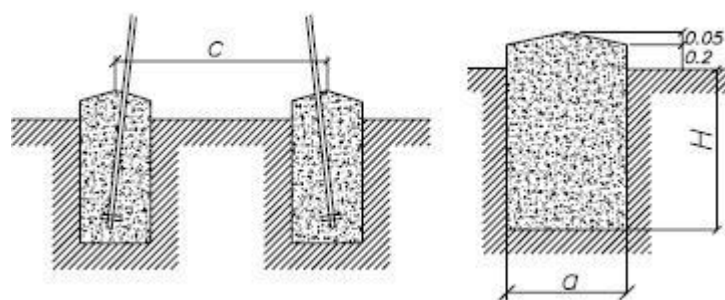


Figura 5. Cimentación tetrabloque cuadrada sin cueva.

## 6.10 CADENAS DE AISLAMIENTO

Las cadenas que componen cada apoyo, y que sostienen al conductor están formadas por diferentes componentes, como son los aisladores y herrajes. A

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

continuación se presentan las características de todos los elementos que las componen, y una descripción de las cadenas según los diferentes apoyos:

### 6.10.1 Cadenas de suspensión

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC-07 del R.L.A.T. La configuración elegida es de cadenas simples.

Se emplearán aisladores U100BS, cuyas características son las siguientes:

- Denominación..... U100BS
- Material..... Vidrio
- Paso (mm)..... 127
- Diámetro (mm)..... 255
- Línea de fuga (mm) ..... 315
- Peso (kg) ..... 3.75
- Carga de rotura (kg) ..... 10000
- Nº de elementos por cadena ..... 10
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV) ..... 320
- Tensión soportada al impulso de un rayo (kV) ..... 675

#### 6.10.1.1 Longitud de la cadena de suspensión

- Longitud total de la cadena (aisladores + herrajes) (m) ..... 1.46

#### 6.10.1.2 Herrajes

Todos los herrajes empleados en las cadenas de suspensión de línea serán del fabricante INDUSTRIAS ARRUTI S.A, cuyas características son las siguientes:

Herraje	Tipo	Peso aproximado (kg)	Carga de rotura (kg)
Grillete Recto	GN-16	0.55	13500
Anilla bola	AB16	0.44	12500
Rótula Corta	R-16	0.5	12500
Grapa de suspensión GS-4T	GS-4T	1.3	9000

Tabla 6. Herrajes cadena de suspensión.

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

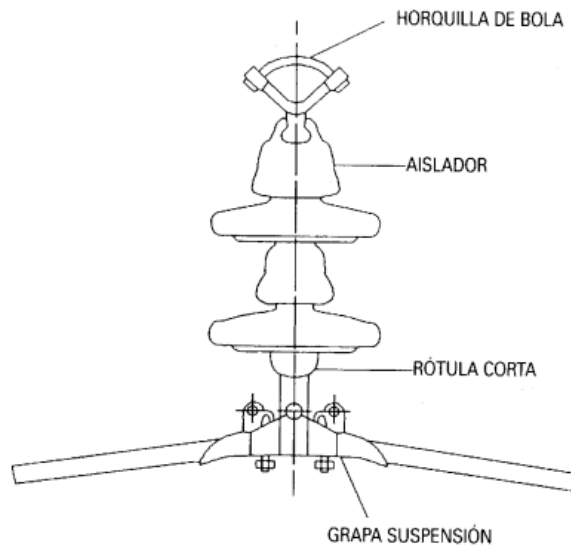


Figura 6. Cadena de suspensión.

### 6.10.2 Cadenas de amarre

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC-07 del R.L.A.T. La configuración elegida es de cadenas simples.

El aislador elegido, y sus características, es:

- Denominación.....	U100BS
- Material.....	Vidrio
- Paso (mm).....	127
- Diámetro (mm).....	255
- Línea de fuga (mm) .....	315
- Peso (kg).....	3.75
- Carga de rotura (kg) .....	10000
- Nº de elementos por cadena .....	10
- Tensión soportada a frecuencia industrial (kV) .....	320
- Tensión soportada al impulso de un rayo (kV) .....	675

#### 6.10.2.1 Longitud de la cadena de amarre y altura del puente

- Longitud total de la cadena (aisladores + herrajes) (m) .....	1.65
- Altura del puente en apoyos de amarre (m).....	1.65

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

- Ángulo de oscilación del puente .....20°

### 6.10.2.2 Herrajes

Todos los herrajes empleados en las cadenas de amarre de línea serán del fabricante INDUSTRIAS ARRUTI S.A., cuyas características son las siguientes:

Herraje	Tipo	Peso aproximado (kg)	Carga de rotura (kg)
Grillete Recto	GN-16	0.55	13500
Anilla bola	AB16	0.44	12500
Rótula Corta	R-16	0.5	12500
Grapa de amarre GA-4T	GS-4T	4.3	13500

Tabla 7. Herrajes cadena de amarre.

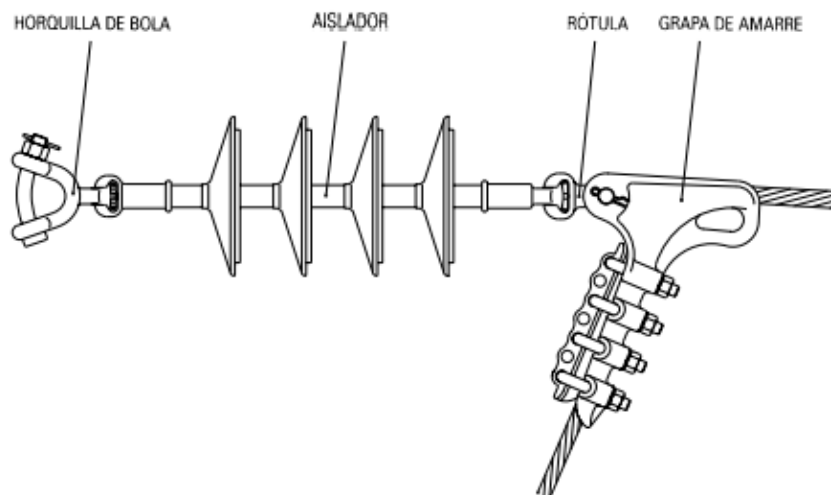


Figura 7. Cadena de amarre.

### 6.10.3 Descripción de las cadenas según el tipo de apoyos

- **Apoyos de fin de línea**

En los apoyos de fin de línea se montarán los siguientes elementos:

- 3 cadenas simples de aisladores, con 10 unidades cada una.

Por lo tanto:

- 3 Ud. Grapa de amarre GA-4T.

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

- 3 Ud. Grillete recto, tipo GN-16.
- 3 Ud. Anilla bola, tipo AB16.
- 3 Ud. Rótula corta, tipo R-16.
- 30 Ud. Aislador de vidrio, tipo U100BS.

- **Apoyos de alineación-suspensión**

Los apoyos con cadena de suspensión serán 13, y llevarán los siguientes componentes:

- 3 cadenas simples de aisladores, con 10 unidades cada una.

Por lo tanto:

- 3 Ud. Grapa de amarre GA-4T.
- 3 Ud. Grillete recto, tipo GN-16.
- 3 Ud. Anilla bola, tipo AB16.
- 3 Ud. Rótula corta, tipo R-16.
- 30 Ud. Aislador de vidrio, tipo U100BS.

- **Apoyos de amarre y/o anclaje**

Nuestra línea proyectada cuenta con 8 apoyos de amarre y/o anclaje que llevarán las siguientes cadenas:

- 6 cadenas simples de aisladores, con 10 unidades cada una.

Por lo tanto:

- 6 Ud. Grapa de amarre GA-4T.
- 6 Ud. Grillete recto, tipo GN-16.
- 6 Ud. Anilla bola, tipo AB16.
- 6 Ud. Rótula corta, tipo R-16.
- 60 Ud. Aislador de vidrio, tipo U100BS.

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

### 6.11 EMPALMES, CONEXIONES Y RETENCIONES

En todo lo referente a empalmes, conexiones y retenciones se tendrá que cumplir lo indicado en el artículo 2.1.6 de la ITC-LAT-07.

Se denomina "empalme" a la unión de conductores que asegura su continuidad eléctrica y mecánica. Se denomina "conexión" a la unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida. Se denomina "retención" a una pieza de conexión que garantice una unión eficaz.

Los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores. El empalme que la conexión no debe aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95% de la carga de rotura del cable empalmado.

La conexión de conductores, tal y como ha sido definida en el presente apartado, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el puente de conexión de las cadenas de amarre, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de rotura del conductor.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura de los mismos.

Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre las cadenas de amarre. En cualquier caso, se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor. Solamente en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

### 6.12 AMORTIGUADORES

Debido a que en el conductor LA-280 los fenómenos vibratorios (tensión de cada día) son superiores al 15%, es preciso usar dispositivos amortiguadores. Por lo tanto, se instalarán amortiguadores tipo Stockbridge AMG-152426 del fabricante INDUSTRIAS ARRUTI, S.A. sobre el conductor en todos los vanos. Entendiendo que los datos son aproximados, será preciso un estudio de amortiguamiento al fabricante de los mismos para determinar el número de amortiguadores y la colocación exacta de estos.

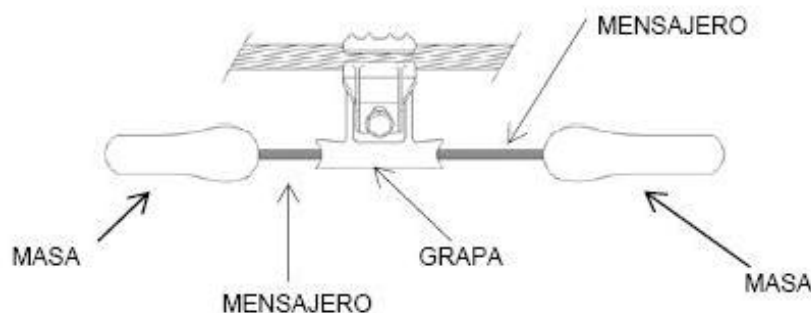


Figura 8. Amortiguador tipo Stockbridge.

### 6.13 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra se ha calculado según lo indicado en el apartado 7 de la ITC 07 del R.L.A.T., y siguiendo la normativa de la empresa Endesa.

En dicho artículo se establece que en los apoyos de las zonas frecuentadas la resistencia de difusión máxima de puesta a tierra no superará los 20  $\Omega$ . En las zonas de pública concurrencia es obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo enterrado.

La puesta a tierra de los apoyos de nuestra línea será de 4 picas y anillo cuadrado configurada por los siguientes elementos, considerando todos los apoyos del tipo frecuentado:

- Pica bimetálica (4 Ud.) de acero-cobre de 2000 x 14.6( $\varnothing$ ) mm, hincada en el fondo de la excavación y conectada al apoyo con cable de cobre de 0.70 metros de profundidad.
- Anillo cuadrado cerrado de cable de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, conectado al apoyo, enterrado en zanja de 0.70 metros de profundidad y 5 metros de lado.

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

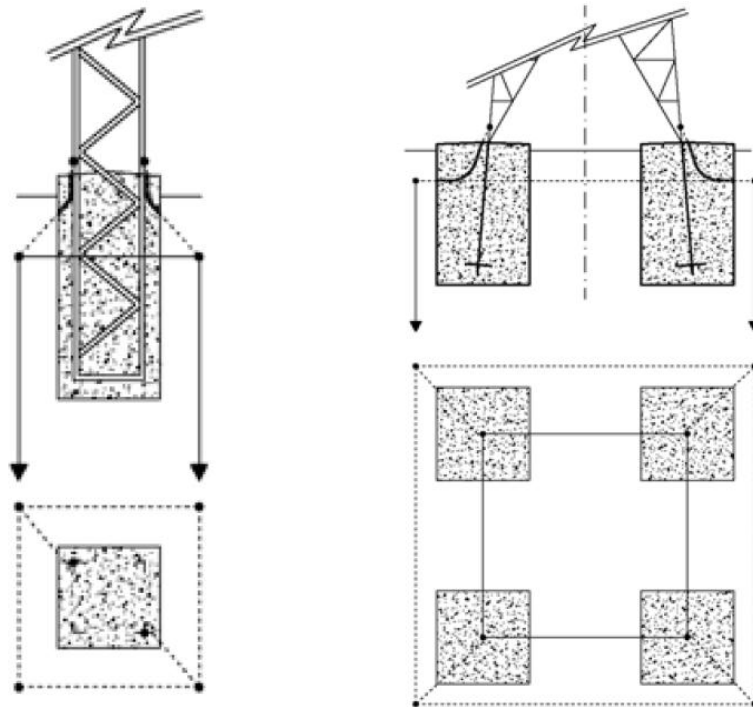


Figura 9. Puesta a tierra mediante anillo y 4 picas en cimentaciones monobloque y tetrabloque.

Aplicando este sistema y suponiendo una resistividad del terreno de  $200 \Omega \cdot m$ , la resistencia de puesta a tierra de cada uno de los apoyos es de  $13.9 \Omega$ , mientras que la resistencia de difusión es de  $0.605 \Omega$ .

Al estar todos los apoyos unidos por el cable de tierra, en caso de defecto, la intensidad se derivará por todos ellos.

#### 6.14 CHAPAS ANTIESCALO

Al estar los apoyos situados en zonas frecuentadas, y con el objeto de evitar posibles prejuicios o lesiones a las personas, se instalarán chapas antiescalo de 2 m de altura, dejando 20-25 cm libres entre la cimentación y las chapas con el objetivo de evitar una posible acumulación de agua.



Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

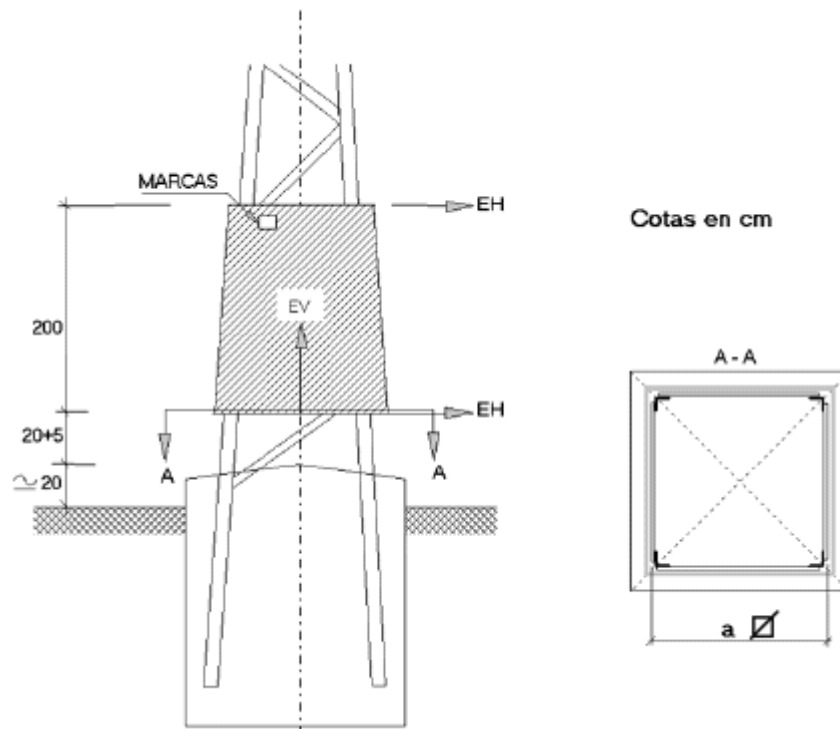


Figura 10. Chapas antiescalo.

### 6.15 PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA

A continuación se exponen las medidas a tomar contra la colisión según el R.D. 1432/2008 de avifauna.

- El tendido eléctrico se proveerá de dispositivos salvapájaros del fabricante ENVERTEC S.L.
- Los salvapájaros o señalizadores visuales se colocarán en los cables de tierra y se dispondrán cada 10 metros.
- Tamaño salvapájaros: espirales con 30 cm de diámetro y 1 m de longitud.

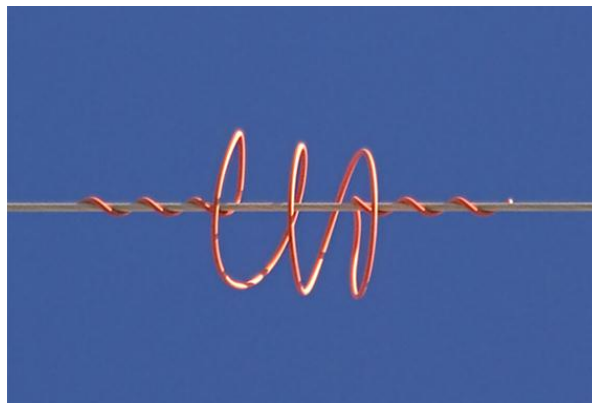


Figura 11. Espiral anticollisión, protección avifauna.

### **6.16 NUMERACIÓN Y SEÑALIZACIÓN**

Todos los apoyos dispondrán de una placa de matrícula identificativa junto a un símbolo de peligro de riesgo eléctrico, que será suministrada por Endesa. En ellas se indicará el número de apoyo (correlativos), fabricante y tipo de apoyo, tensión de la línea (110 kV) y logotipo de la empresa. Las placas deberán cumplir las características señaladas en la Recomendación UNESA 0203. Serán adheridas al apoyo mediante silicona u otro adhesivo de gran agarre a una altura de 2.5 metros. La numeración será la indicada en los planos del proyecto.

Los apoyos de extremo de línea llevarán además una placa de identificación del orden de fases, mediante las letras R, S, T y en concordancia con el orden de fases de la red de distribución en la que se va a incluir.

## 7 CONCLUSIONES

En los apartados de esta memoria se ha expuesto la finalidad y justificación de la Línea Aérea de Alta Tensión 110 kV para el suministro eléctrico a un complejo industrial de nueva construcción, en el término municipal de La Pobla de Lillet.

En los anexos y planos que se acompañan se justifican y detallan los fundamentos técnicos que han servido de base para la confección de este proyecto, los cuales cumple con lo establecido en el vigente Reglamento de Líneas de Alta Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Se ha realizado un estudio básico de seguridad y salud, en el que se evalúan y describen los riesgos para la salud de los trabajadores en el montaje de las instalaciones descritas en los capítulos que integran el proyecto, tal y como se establece para este tipo de documentos.

Con todo ello, con los datos expuestos en la presente memoria, en unión a los documentos que se acompañan, se considera haber dado una idea clara de la obra a realizar.

A título personal, apreciar el hecho de poder poner en práctica un gran abanico de conocimientos adquiridos a lo largo de mi trayectoria académica y la oportunidad de aprender otros más concretos relacionados con el proyecto en cuestión. Sentirme realizado por el hecho de buscar información y desenvolverme con diferentes programas informáticos desconocidos hasta el momento, y poder finalizar satisfactoriamente el Proyecto Final de Carrera.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 BIBLIOGRAFÍA Y DOCUMENTACIÓN TÉCNICA

1. DEPARTAMENT D'ENGINYERIA ELÈCTRICA, (ETSEIAT). *Apuntes de la assignatura Sistemes Elèctrics de Potència*. Terrassa, Año 2011.
2. DEPARTAMENT D'ENGINYERIA ELÈCTRICA, (ETSEIAT). *Apuntes de la assignatura Tecnologia Elèctrica*. Terrassa, Año 2012.
3. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, (SAV), *Apuntes de la asignatura Tecnologia Eléctrica*, Año 2004.
4. RAMÓN M. MUJAL ROSAS, *Cálculo de líneas y redes eléctricas*, Año 2002.
5. RAMÓN M. MUJAL ROSAS, *Protección de sistemas eléctricos de potencia*, Año 2002.
6. LUIS MARÍA CHECA, *Líneas de transporte de energía*, Año 1988.

### 8.2 PÁGINAS WEB

1. RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, Mapas de la red,  
[<http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/mapas-de-la-red> ]
2. INSTITUT CARTOGRÀFIC I GEOLÒGIC DE CATALUNYA,  
[<http://www.icc.cat/vissir3/>]
3. GENERALITAT DE CATALUNYA, Recursos pedagògics,  
[<http://municat.gencat.cat/municat/index.php?page=recursospedagogics>]
4. GENERALITAT DE CATALUNYA, Medio ambiente y sostenibilidad,  
[[http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/menuitem.14fa444b994def145f13ae92b0c0e1a0/?vgnextoid=c071cd53810f4310VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=c071cd53810f4310VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&newLang=es\\_ES](http://www20.gencat.cat/portal/site/territori/menuitem.14fa444b994def145f13ae92b0c0e1a0/?vgnextoid=c071cd53810f4310VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=c071cd53810f4310VgnVCM2000009b0c1e0aRCRD&newLang=es_ES)]
5. IPUC, Actualitat urbanística de Catalunya, [<http://www.ipuc.cat/wp/>]
6. ENDESA DISTRIBUCIÓN,  
[<http://www.endesadistribucion.es/es/Paginas/Home.aspx>]
7. ENDESA, Normas particulares ENDESA,  
[<http://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/normativa-Endesa-Sevillana.htm>]

## Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

8. ENERGÍA IVACE, Normas particulares Iberdrola,  
[[http://energia.ivace.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=71&Itemid=143&lang=castellano](http://energia.ivace.es/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=143&lang=castellano)]
9. UNIÓN FENOSA, Normas particulares Unión Fenosa,  
[<http://www.unionfenosadistribucion.com/es/informacion+tecnica+otv/1285341589127/normativa.html>]
10. PROYECTOS TIPO, [<http://www.proyectostipo.com/>]
11. SISTEMAMID, Cálculo del vano regulador y tabla de tendido,  
[<http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca//1/447/466/467/2649.pdf>]
12. SLIDESHARE, Puesta a tierra,  
[<http://www.slideshare.net/alejonce1/puesta-tierra-4557784>]
13. LÍNEAS ELÉCTRICAS, Herramientas de diseño y cálculo de líneas eléctricas aéreas, [<http://www.lineaselectricas.net>]
14. TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA,  
[<http://transporte-malaga.blogspot.com.es/2010/>]
15. TRABAJOSUNIDRC, Cálculo eléctrico y mecánico de una línea de 220 KV, [<http://www.trabajosunidrc.arredemo.org/CalEyMec.html>]
16. SCRIBD, Guia Para Proyecto de Líneas Aéreas y Subterráneas,  
[<http://es.scribd.com/doc/8954713/Guia-Para-Proyecto-de-Lineas-Aereas-y-Subterraneas>]
17. XTEC, Municipis del Berguedà, [<http://www.xtec.cat/crp-bergueda/recurs/municipi/mapmun1.html>]
18. INAEL, Catálogos, [<http://www.inael.com/catalogos.htm>]
19. IMEDEXSA, Productos en catálogo,  
[<http://www.imedexsa.es/public/seccion02.asp?ids=2&idss=1>]
20. EVERTEC, Protecciones avifauna,  
[<http://www.envertec.eu/avifauna.htm>]
21. SOLIDAL, Catálogo de productos,  
[<http://www.solidal.pt/index.php?m=217&c=13>]
22. INDUSTRIAS ARRUTI, Herrajes y accesorios,  
[<http://www.grupoarruti.com/industrias/catalogo.php>]
23. WIGEVA, Catálogo de productos,  
[<http://www.wigeva.com/index.asp?te=156&acc=ap>]

Proyecto de transporte y distribución de energía eléctrica a una zona industrial del Alt Berguedà.

## 9 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS
1	OBRA CIVIL	135.428,95 €
2	APOYOS	149.926,71 €
3	CONDUCTORES	186.711,20 €
4	CANENAS DE AISLADORES	25.111,08 €
5	PUESTAS A TIERRA	7.066,19 €
6	ACCESORIOS Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	11.398,60 €
7	PUESTA EN MARCHA	6.360,00 €
8	SERVICIOS TÉCNICOS Y ADMINISTRATIVOS	58.338,00 €
<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>586.668,13 €</b>
	13% Gastos Generales	76.266,86 €
	6% Bienes Industriales	35.200,09 €
	SUMA DE G.G y B.I.	111.466,94 €
	21% I.V.A.	146.608,37 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>		<b>844.743,44 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>		<b>844.743,44 €</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de OCHO CIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL SETECIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS

Terrassa, Junio de 2014

Marc Pino Curto

Ingeniero Industrial