



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

Grado en Ingeniería Eléctrica

**Modificación de línea aérea de alta
tensión por cambio de conductor y de
tensión.**

Autor:

De la Fuente Pelaz, Marcos

Tutor:

Frechoso Escudero, Fernando

**Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Valladolid, febrero 2016



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



1 RESUMEN

Este trabajo pretende modificar la Línea Aérea de Media Tensión Peñafiel-Cogeces del Monte, en actual explotación, concretamente se modificará el tramo situado entre las localidades vallisoletanas de Peñafiel y Aldeyuso. El objetivo de esta modificación es sustituir el conductor actual (LA-43) por otro de mayor sección (LA-110) para evitar las excesivas caídas de tensión que se producirán por el aumento del número de abonados y, en consecuencia, de la demanda.

Para ello hemos reconstruido la línea, partiendo de los parámetros del proyecto original, en el software pertinente, obteniendo la línea adaptada a la nueva sección. Comparando el proyecto original con el elaborado mediante este software se puede deducir que cambios han de ser llevados a cabo en la línea y que elementos anteriores aún siguen siendo válidos para esta nueva sección y no han de ser modificados.

2 PALABRAS CLAVE

Línea Aérea de Media Tensión (LAMT), transporte, modificación, conductor y apoyos.



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



ÍNDICE

1 Resumen	3
2 Palabras clave	3
3 Introducción	7
4 Objetivos	7
5 Desarrollo del TFG	9
5.1 Características de la instalación	9
5.2 Cálculos eléctricos	17
5.3 Cálculos mecánicos	19
6 Conclusiones	51
7 Bibliografía	53
8 Anexos	55
ANEXO 1 Relación de propietarios	56
ANEXO 2 Tabla de tendido del conductor aéreo	59
ANEXO 3 Planos	61
ANEXO 4 Presupuesto	74
ANEXO 5 Estudio básico de seguridad y salud	80
ANEXO 6 Pliego de condiciones	87



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**



3 INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una línea aérea de media tensión a 13.2 kV con conductor LA-43 denominada “LAMT Peñafiel-Cogeces del monte”, con el fin de mejorar esta línea se proyecta modificar el tramo que va desde la salida de la subestación transformadora de Peñafiel hasta el apoyo Nº 30 en Aldeyuso.

Para ello se sustituirá el conductor actual LA-43 por un LA-110, de más sección evitando así las caídas de tensión que se producirían por un aumento de la demanda debido al incremento del número de abonados, también se aumentará la tensión de diseño de la línea aumentándola de los 13.2 kV actuales a 20 kV que podrían ser empleados en esta línea en un futuro si así fuera necesario.

Al aumentar la sección del conductor se deberán sustituir los apoyos actuales que no puedan soportar los esfuerzos que requiere el nuevo conductor.

El objeto de este proyecto es en definitiva definir las condiciones técnicas y económicas para la construcción de estas nuevas instalaciones y servir de documento preceptivo para obtener la autorización de puesta en servicio de las mismas por parte del órgano competente.

4 OBJETIVOS

Conseguir la modificación de la línea Aérea, Peñafiel – Cogeces del Monte, tramo Peñafiel-Aldeyuso (Valladolid), del uso de un conductor LA-43 al uso de un conductor LA-110.

Conocer de manera más específica las líneas de transporte de energía eléctrica, en concreto las del tipo que aborda el presente Trabajo Fin de Grado, líneas aéreas de media tensión, así como todo lo concerniente a su instalación y reglamentación.

Abordar la elaboración y adaptación de un proyecto eléctrico específico, utilizando toda la documentación y material a mi alcance y todos los recursos y conocimientos aprendidos a lo largo del grado.

Aprender a manejar software específico sobre instalaciones eléctricas, en concreto, para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado, se utilizó el software CMAT.

Mejorar la capacidad de resolución de problemas técnicos que pueden aparecer en la elaboración de un proyecto de ingeniería eléctrica.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



5 DESARROLLO DEL TFG

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

En la actualidad existe una línea aérea de media tensión a 13.2 kV con conductor LA-43 denominada “LAMT Peñafiel-Cogeces del monte”, esta línea pertenece a la empresa distribuidora de energía eléctrica IBERDROLA, A.A. con N.I.F. A-48010615 y domicilio en C/ Veinte de Febrero, nº 8 Valladolid 47001.

El procedimiento a efectuar consistirá en el desmonte del actual conductor y tendido del nuevo cable LA-110 desde la SRT de Peñafiel al apoyo nº 30 en Aldeyuso con una distancia de 3844 m.

La mayor parte de los apoyos actuales son de un esfuerzo nominal insuficiente para el tendido del nuevo conductor, por lo que deberán ser sustituidos. Para esto se tenderá la nueva línea paralela a la actual a 10 metros de esta, excepto en los apoyos que no han de ser modificados.

Todo el trazado de esta modificación se encuentra ubicado en cotas entre los 5000 y los 1000 metros de altitud por lo que queda clasificado como zona B según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

En cuanto al aspecto eléctrico la línea se diseña para una tensión nominal de 20kV, una tensión más elevada de 24kV y una frecuencia de 50Hz, pero la tensión nominal actual es de 13.2 kV entre fases quedando así la línea preparada para un futuro incremento de su tensión nominal.

5.1.1 Trazado

El tramo de línea que se pretende modificar está compuesto por 30 apoyos y mide 3844 metros, este tramo está compuesto por las siguientes alineaciones:

1ª alineación: Va desde el SRT de Peñafiel, hasta el apoyo número 2 y tiene una longitud de 154 m repartidos en 2 vanos. El primero de estos vanos es un vano destensado.

2ª alineación: Llega hasta el apoyo número 4, tiene una longitud de 168 m repartidos en 2 vanos y un ángulo de desviación de $138,5^\circ$ con respecto a la anterior alineación.

3ª alineación: Llega hasta el apoyo número 7, tiene una longitud de 312 m repartidos en 3 vanos y un ángulo de desviación de $177,97^\circ$ con respecto a la anterior alineación.



4ª alineación: Llega hasta el apoyo número 8, tiene una longitud de 148 m repartidos en 1 sólo vano y un ángulo de desviación de $194,67^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

5ª alineación: Llega hasta el apoyo número 10, tiene una longitud de 288 m repartidos en 2 vanos y un ángulo de desviación de $196,73^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

6ª alineación: Llega hasta el apoyo número 19, tiene una longitud de 1172 m repartidos en 9 vanos y un ángulo de desviación de $226,42^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

7ª alineación: Llega hasta el apoyo número 25, tiene una longitud de 862 m repartidos en 6 vanos y un ángulo de desviación de $231,42^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

8ª alineación: Llega hasta el apoyo número 29, tiene una longitud de 612 m repartidos en 4 vanos y un ángulo de desviación de $206,05^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

9ª alineación: Llega hasta el apoyo número 30, tiene una longitud de 128 m repartidos en 1 sólo vano y un ángulo de desviación de $161,37^{\circ}$ con respecto a la anterior alineación.

5.1.2 Cruzamientos

Los cruzamientos que efectúa la nueva línea serán los mismos que efectuaba la línea anterior:

Cruzamiento con el río Duratón entre los apoyos nº 1 y 2

Cruzamiento con la carretera autonómica entre los apoyos nº 11 y 12

Cruzamiento con LABT entre los apoyos nº 17 y 18

Cruzamiento con línea telefónica entre los apoyos nº 21 y 22

Cruzamiento con carretera autonómica Peñafiel-Cuellar entre los apoyos nº 22 y 23

5.1.3 Conductor

El conductor empleado será el LA-110 según norma UNE-21018 cuyas características principales se detallan en la siguiente tabla:

Designación del cable	LA-110
Sección de aluminio	94,22 mm ²
Sección de acero	21,98 mm ²
Sección total	116,2 mm ²
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 ⁻²
Coefficiente dilatación lineal	17,8x10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Masa	0,433 kg·km ⁻¹
Peso total	4,25 N·m ⁻¹
Resistencia eléctrica a 20°C	0,306 Ω·km ⁻¹
Densidad de corriente máxima	2,69 A·mm ⁻²
Intensidad de corriente máxima	313 A
Equivalencia en cobre	60 mm ²

5.1.4 Aislamiento

El aislamiento estará formado por cadenas de aisladores compuestos poliméricos U70YB20. Deberán cumplir con las normas UNE-EN 62217 y UNE-EN 21909 para aisladores.

El elemento aislador tendrá las siguientes características:

Designación	Nivel de polución IEC 60 815-3	Nivel de tensión kV	Línea de fuga mín.(mm)	Longitud Total(L) ± 10 mm	Longitud aislante (La) mín. (mm)	Masa aprox. kg	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)
U70YB20	"c" Media	20	480	380	230	1,8	7.000	60

5.1.5 Apoyos

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores a los apoyos, estos serán torres metálicas de celosía 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 los apoyos, salvo en caso de avería, sustitución o desvío provisional.

APOYOS METALICOS.

Se emplearán torres metálicas de celosía en los apoyos de ángulo, anclaje o principio y fin de línea.

Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, galvanizado, etc.) responderán a lo indicado en la norma UNE 207017.

En los apoyos de acero, así como en los elementos metálicos de los apoyos de otra naturaleza, no se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a 4 mm. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior podrá reducirse a 3 mm. Análogamente, en construcción atornillada no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles de una anchura inferior a 35 mm.



No se emplearán tornillos de diámetro inferior a 12 mm. La utilización de perfiles cerrados se hará siempre de forma que se evite la acumulación de agua en su interior. En estas condiciones, el espesor mínimo de la pared no será inferior a 3 mm, límite que podrá reducirse a 2,5 mm cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

APOYOS DE HORMIGON.

Se emplearán postes de hormigón vibrado en los apoyos de alineación suspensión y en el apoyo de alineación amarre, fabricados con materiales de primera calidad, respondiendo los tipos y características a lo expuesto en la norma UNE 207016.

Se deberá prestar también particular atención a todas las fases de manipulación en el transporte y montaje, empleando los medios apropiados para evitar el deterioro del poste.

Las características de los apoyos que se utilizarán serán las siguientes:

Apoyo	Tipo	Constitución	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf. Punta Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	10	4.500		3.000	1.400
2	Anc. Ang.	Celosia recto	12	7.000		5.000	2.500
3	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	510 (T)	310 (L)		
4	Anc. Ang.	Celosia recto	10	3.000		2.000	1.400
5	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
6	Alin. Susp.	Horm. Vib.	9	630 (T)	360 (L)		
7	Anc. Ang.	Celosia recto	12	3.000		2.000	1.400
8	Anc. Ang.	Celosia recto	12	3.000		2.000	1.400
9	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
10	Anc. Ang.	Celosia recto	14	4.500		3.000	1.400
11	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
12	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
13	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
14	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
15	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
16	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
17	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
18	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
19	Anc. Ang.	Celosia recto	12	4.500		3.000	1.400
20	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
21	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
22	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
23	Alin. Susp.	Horm. Vib.	15	800 (T)	400 (L)		
24	Alin. Susp.	Horm. Vib.	11	630 (T)	360 (L)		
25	Anc. Ang.	Celosia recto	12	3.000		2.000	1.400
26	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
27	Alin. Susp.	Horm. Vib.	13	630 (T)	360 (L)		
28	Alin. Am	Horm. Vib.	11	1.000 (T)	500 (L)		200
29	Anc. Ang.	Celosia recto	12	4.500		3.000	1.400
30	Fin Línea	Celosia recto	12	4.500		3.000	1.400

Los apoyos 11, 12, 22 y 23 serán de tipo reforzado dada su proximidad a una carretera autonómica.

Todos los apoyos se cambiarán siguiendo lo especificado en este proyecto, excepto el apoyo número 3 que no se modifica y se deja el apoyo ya existente, cuyas características vienen definidas en el proyecto original.

5.1.5.1 Crucetas

Se utilizarán crucetas metálicas tipo bóveda para los apoyos de alineación suspensión y crucetas metálicas horizontales para el resto de apoyos.

Las crucetas a utilizar serán metálicas galvanizadas por inmersión en caliente, capaces de soportar los esfuerzos a que estén sometidas, y con las distancias adecuadas a los vanos contiguos.

El tipo de cruceta adoptado por cada apoyo se detalla en la siguiente tabla:

Apoyo	Tipo	Constitución	Montaje	D.Cond. Cruceta (m)	a Brazo Superior (m)	b Brazo Medio (m)	c Brazo Inferior (m)	d D.Vert. Brazos (m)	e D.eje jabalcón (m)	Peso (daN)
1	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal	1,25	1,25					55
2	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,25	1,25					55
3	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
4	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,25	1,25					55
5	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
6	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
7	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5					65
8	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5					65
9	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
10	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5					65
11	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
12	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
13	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
14	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
15	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
16	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
17	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
18	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
19	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5					65
20	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
21	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
22	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1	195
23	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1	195
24	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	2,07	2	0,55	0,6	1	1,1	195
25	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,5	1,5					65
26	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
27	Alin. Susp.	Horm. Vib.	Bóveda Triang.	1,57	1,5	0,45	0,6	0,75	1,1	180
28	Alin. Am	Horm. Vib.	Horizontal	1,5	1,5					65
29	Anc. Ang.	Celosia recto	Horizontal	1,25	1,25					55
30	Fin Línea	Celosia recto	Horizontal	1,25	1,25					55

5.1.5.2 Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán en monobloques de hormigón, se cuidará su protección en el caso de suelo o aguas que sean agresivos para el mismo.

Las dimensiones de los bloques de hormigón de la cimentación quedan recogidas en la siguiente tabla:

Apoyo	Tipo	Ancho Cimen.	Alto Cimen.
		A(m)	H(m)
1	Fin Línea	1,04	2,5
2	Anc. Ang.	1,52	2,65
3	Alin. Susp.	-	-
4	Anc. Ang.	1,08	2,25
5	Alin. Susp.	0,69	1,85
6	Alin. Susp.	0,59	1,8
7	Anc. Ang.	1,23	2,3
8	Anc. Ang.	1,23	2,3
9	Alin. Susp.	0,69	1,85
10	Anc. Ang.	1,32	2,6
11	Alin. Susp.	0,64	1,9
12	Alin. Susp.	0,73	1,95
13	Alin. Susp.	0,69	1,85
14	Alin. Susp.	0,69	1,85
15	Alin. Susp.	0,69	1,85
16	Alin. Susp.	0,69	1,85
17	Alin. Susp.	0,7	1,95
18	Alin. Susp.	0,7	1,95
19	Anc. Ang.	1,2	2,55
20	Alin. Susp.	0,69	1,85
21	Alin. Susp.	0,69	1,85
22	Alin. Susp.	0,73	1,95
23	Alin. Susp.	0,73	2,15
24	Alin. Susp.	0,69	1,85
25	Anc. Ang.	1,23	2,3
26	Alin. Susp.	0,7	1,95
27	Alin. Susp.	0,7	1,95
28	Alin. Am	0,69	2,05
29	Anc. Ang.	1,2	2,55
30	Fin Línea	1,2	2,55

La cimentación del apoyo número 3 no viene reflejada ya que se deja el apoyo ya existente, cuyas características vienen definidas en el proyecto original.



5.1.5.3 Puesta a tierra

La puesta a tierra de los apoyos se realizará según lo especificado en el RLAT.

En los Apoyos de hormigón vibrado los postes dispondrán de dos bornes idénticos para la puesta a tierra, en la misma cara estrecha del apoyo. Los tornillos, de calidad 5.6 y la placa de 50mm x 50mm, deben ser galvanizados y deben suministrarse instalados 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 a 2,10 metros \pm 0,05 metros de la cogolla. El borne inferior estará situado a 40 cm por encima del nivel teórico del terreno.

En los 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 13,5mm \pm 0,5 mm de diámetro para la conexión de la puesta a tierra. El borne superior estará situado a 2,10 metros \pm 0,05 metros de la cogolla.

El cable de tierra que se utilizará será de cobre desnudo de 50mm² de sección, la puesta a tierra consistirá en un anillo de cobre desnudo de 50 mm² y cuatro picas enterradas a 0,50 m de profundidad y distanciadas 1 m como mínimo de las aristas del macizo de cimentación. En cualquier caso se conectarán tantas picas en antena como fuese necesario para obtener una resistencia de toma de tierra igual o inferior a 20 Ω .

5.1.5.4 Numeración y aviso de peligro

Cada apoyo se identificará individualmente mediante un número, siguiendo la numeración de los apoyos existentes, de tal manera que la identificación sea legible desde el suelo.

También se colocaran indicaciones de existencia de riesgo eléctrico en todos los apoyos, estas indicaciones cumplirán la normativa existente sobre señalizaciones de seguridad.



5.2 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Dado que se trata de una línea de tercera categoría se considerará nulo el efecto corona, al igual que sus consiguientes pérdidas.

Para los cálculos nos basaremos en las características del conductor desnudo LA-110 de 116.2mm^2 de sección.

5.2.1 Densidad máxima de corriente y máxima corriente 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 RLAT.

Para el conductor LA-110 utilizado en este proyecto la densidad máxima de corriente admisible es de $\delta = 2.69\text{ A/mm}^2$

Por lo tanto la intensidad máxima admisible será:

$$I = \delta \bullet S = 2,69\text{ A/mm}^2 \bullet 116.2\text{ mm}^2 = 312.578\text{ A}$$

5.2.2 Máxima potencia de transporte.

$$P = I \bullet \sqrt{3} \bullet U \bullet \cos\varphi = 5728\text{ kW}$$

Dónde: U = tensión nominal = 13.2 kV
 I = intensidad máxima admisible = 312.578 A
 $\cos\varphi$ = factor de potencia = 0.8

5.2.3 Caída de tensión.

La caída de tensión de una línea despreciando la influencia de la capacidad y la perditanza viene dada por la fórmula:

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

Dónde: ΔU = Caída de tensión compuesta (V).
 I = intensidad de la línea (A).
 X = Reactancia por fase y kilómetro (Ω).
 R = Resistencia por fase y kilómetro (Ω).
 φ = Ángulo de desfase.
 L = Longitud de la línea (km).

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

$$\Delta U\% = \frac{PL}{10U^2 \cos\varphi} \bullet (R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi) = \frac{PL}{10U^2} \bullet (R + X \operatorname{tg}\varphi)$$

$\Delta U\%$ debe ser inferior al 5% que el reglamento especifica como valor máximo.

5.2.4 Pérdida de potencia

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

$$\Delta P = 3 \bullet RL \bullet I^2 = \frac{P^2 \bullet LR}{U^2 \bullet \cos^2\varphi}$$

En tanto por ciento:

$$\Delta P(\%) = (100 \bullet \Delta P) / P = \frac{P \bullet LR}{10 \bullet U^2 \bullet \cos^2\varphi}$$

Dónde: ΔP = Pérdida de potencia en %
P = Potencia (kW).
U = Tensión de servicio (kV).
R = Resistencia a 20 (Ω /km).
 φ = Ángulo de desfase.
L = Longitud de la línea (km).
I = intensidad de la línea (A).

$\Delta P\%$ debe ser inferior al 5% que el reglamento especifica como valor máximo.

5.2.5 Potencia a transportar

La potencia que puede transmitir la línea está limitada por la intensidad máxima y por la caída de tensión, que no debe exceder del 5%

$$P = \frac{10U^2}{(R + X \operatorname{tg}\varphi)} \bullet \frac{\Delta U(\%)}{L}$$

Dónde: ΔU = Caída de tensión admisible en %
P = Potencia (kW).
U = Tensión de servicio (kV).
X = Reactancia (Ω /km).
R = Resistencia a 20 (Ω /km).
 φ = Ángulo de desfase.
L = Longitud de la línea (km).



5.3 CÁLCULOS MECÁNICOS

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

La tensión máxima en un vano se produce en los puntos de fijación del conductor a los apoyos.

$$T_A = P_0 \cdot Y_A = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_A/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m - a/2) / c]$$

$$T_B = P_0 \cdot Y_B = P_0 \cdot c \cdot \cosh (X_B/c) = P_0 \cdot c \cdot \cosh [(X_m + a/2) / c]$$

$$P_v = K \cdot d / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 120 \text{ Km/h}$$

$$P_{vh} = K \cdot D / 1000 \quad K=60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d \leq 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$K=50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2 \text{ si } d > 16 \text{ mm y } v \geq 60 \text{ Km/h}$$

$$P_h = K \cdot \sqrt{d} \quad K=0.18 \text{ Zona B}$$

$$K=0.36 \text{ Zona C}$$

$$P_0 = \sqrt{(P_p^2 + P_v^2)} \quad \text{Zona A, B y C. Hipótesis de viento.}$$

$$P_0 = P_p + P_h \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo.}$$

$$P_0 = \sqrt{[(P_p + P_h)^2 + P_{vh}^2]} \quad \text{Zonas B y C. Hipótesis de hielo + viento.}$$

Cuando sea requerida por la empresa eléctrica.

$$c = T_{0h} / P_0$$

$$X_m = c \cdot \ln [z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

v = Velocidad del viento (Km/h).

T_A = Tensión total del conductor en el punto de fijación al primer apoyo del vano (daN).

T_B = Tensión total del conductor en el punto de fijación al segundo apoyo del vano (daN).

P_0 = Peso total del conductor en las condiciones más desfavorables (daN/m).

P_p = Peso propio del conductor (daN/m).



P_v = Sobrecarga de viento (daN/m).

P_{vh} = Sobrecarga de viento incluido el manguito de hielo (daN/m).

P_h = Sobrecarga de hielo (daN/m).

d = diámetro del conductor (mm).

D = diámetro del conductor incluido el espesor del manguito de hielo (mm).

$Y = c \cdot \cosh(x/c)$ = Ecuación de la catenaria.

c = constante de la catenaria.

Y_A = Ordenada correspondiente al primer apoyo del vano (m).

Y_B = Ordenada correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_A = Abscisa correspondiente al primer apoyo del vano (m).

X_B = Abscisa correspondiente al segundo apoyo del vano (m).

X_m = Abscisa correspondiente al punto medio del vano (m).

a = Proyección horizontal del vano (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN). Es constante en todo el vano.

VANO DE REGULACION.

Para cada tramo de línea comprendida entre apoyos con cadenas de amarre, el vano de regulación se obtiene del siguiente modo:

$$a_r = \sqrt{(\sum a^3 / \sum a)}$$

TENSIONES Y FLECHAS DE LA LINEA EN DETERMINADAS CONDICIONES. ECUACION DEL CAMBIO DE CONDICIONES.

Partiendo de una situación inicial en las condiciones de tensión máxima horizontal (T_{0h}), se puede obtener una tensión horizontal final (T_h) en otras condiciones diferentes para cada vano de regulación (tramo de línea), y una flecha (F) en esas condiciones finales, para cada vano real de ese tramo.

La tensión horizontal en unas condiciones finales dadas, se obtiene mediante la Ecuación del Cambio de Condiciones:

$$[\delta \cdot L_0 \cdot (t - t_0)] + [L_0 / (S \cdot E) \cdot (T_h - T_{0h})] = L - L_0$$

$$L_0 = c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} + a/2) / c_0] - c_0 \cdot \sinh[(X_{m0} - a/2) / c_0]$$



$$c_0 = T_{0h}/P_0 ; X_{m0} = c_0 \cdot \ln[z_0 + \sqrt{(1+z_0^2)}]$$

$$z_0 = h / (2 \cdot c_0 \cdot \sinh a/2c_0)$$

$$L = c \cdot \sinh[(X_m+a/2) / c] - c \cdot \sinh[(X_m-a/2) / c]$$

$$c = T_h/P ; X_m = c \cdot \ln[z + \sqrt{(1+z^2)}]$$

$$z = h / (2 \cdot c \cdot \sinh a/2c)$$

Siendo:

δ = Coeficiente de dilatación lineal.

L_0 = Longitud del arco de catenaria en las condiciones iniciales para el vano de regulación (m).

L = Longitud del arco de catenaria en las condiciones finales para el vano de regulación (m).

t_0 = Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

t = Temperatura en las condiciones finales (°C).

S = Sección del conductor (mm²).

E = Módulo de elasticidad (daN/mm²).

T_{0h} = Componente Horizontal de la Tensión en las condiciones más desfavorables o Tensión Máxima Horizontal (daN).

T_h = Componente Horizontal de la Tensión o Tensión Horizontal en las condiciones finales consideradas, para el vano de regulación (daN).

$a = a_r$ (vano de regulación, m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos, en tramos de un solo vano (m).

$h = 0$, para tramos compuestos por más de un vano.

Obtención de la flecha en las condiciones finales (F), para cada vano real de la línea:

$$F = Y_B - [h/a \cdot (X_B - X_{fm})] - Y_{fm}$$

$$X_{fm} = c \cdot \ln[h/a + \sqrt{(1+(h/a)^2)}]$$

$$Y_{fm} = c \cdot \cosh (X_{fm}/c)$$

Siendo:

Y_B = Ordenada de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

X_B = Abcisa de uno de los puntos de fijación del conductor al apoyo (m).

Y_{fm} = Ordenada del punto donde se produce la flecha máxima (m).

X_{fm} = Abscisa del punto donde se produce la flecha máxima (m).

h = Desnivel entre los puntos de fijación del conductor a los apoyos (m).

a = proyección horizontal del vano (m).

5.3.1 Tensión máxima

Condiciones iniciales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

- Tracción máxima viento.

$t = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: viento (P_V).

- Tracción máxima hielo.

$t = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sobrecarga: hielo (P_H).

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Tensión Máxima	
					-10°C+V Toh(daN)	-15°C+H Toh(daN)
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	114	4,85	114	902,4	1.020,4
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	1,16	84	886,8	994,7
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	1,42	104,12	897,9	1.012,9
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	-2,67	104,12	897,9	1.012,9
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	108	1,89	104,12	897,9	1.012,9
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,09	148,11	915,9	1.043,1
9-10	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	164	2,71	148,11	915,9	1.043,1
10-11	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	-2,2	131,69	910,1	1.033,2
11-12	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	2,18	131,69	910,1	1.033,2
12-13	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	155	-1,7	131,69	910,1	1.033,2
13-14	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	0,72	131,69	910,1	1.033,2
14-15	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129	-0,16	131,69	910,1	1.033,2
15-16	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	0,03	131,69	910,1	1.033,2
16-17	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	110	2,41	131,69	910,1	1.033,2
17-18	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,45	131,69	910,1	1.033,2
18-19	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	-2,23	131,69	910,1	1.033,2
19-20	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	0,53	154,19	917,8	1.046,4
20-21	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	92	0,74	154,19	917,8	1.046,4
21-22	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	126	5,11	154,19	917,8	1.046,4
22-23	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	12,77	154,19	917,8	1.046,4
23-24	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	4,74	154,19	917,8	1.046,4
24-25	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	4,16	154,19	917,8	1.046,4
25-26	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	165	3,85	163,5	920,5	1.051,1
26-27	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	173	4,72	163,5	920,5	1.051,1
27-28	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	150	-11,43	163,5	920,5	1.051,1
28-29	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	10,61	124	906,1	1.026,8
29-30	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	9,23	128	908	1.029,9
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	0,75	84	886,8	994,7
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	148	-0,5	148	915,9	1.043,1

5.3.2 Flechas máximas y mínimas

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones para flecha máxima.

a) Hipótesis de viento.

t = +15 °C.

Sobrecarga: Viento (P_V).

b) Hipótesis de temperatura.

t = + 50 °C.

Sobrecarga: ninguna.

c) Hipótesis de hielo.

t = 0 °C.

Sobrecarga: hielo (P_H).

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones para flecha mínima.

t = -15 °C.

Sobrecarga: ninguna.

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Flecha Máxima						Hipótesis de Flecha Mínima		
					15°C+V		50°C		0°C+H		-15°C F(m)		
					Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)	Th(daN)	F(m)			
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	114	4,85	114	744,7	2,06	309,6	2,23	914,7	1,95	1,06		
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	1,16	84	683,5	1,22	268,8	1,4	859,6	1,13	0,5		
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	1,42	104,12	726,9	1,69	297,9	1,86	898,4	1,59	0,81		
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	-2,67	104,12	726,9	1,69	297,9	1,86	898,4	1,59	0,81		
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	108	1,89	104,12	726,9	1,89	297,9	2,08	898,4	1,78	0,91		
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,09	148,11	795,2	2,28	341,4	2,39	961,5	2,2	1,43		
9-10	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	164	2,71	148,11	795,2	3,98	341,4	4,19	961,5	3,84	2,5		
10-11	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	-2,2	131,69	773,2	2,57	327,7	2,74	941	2,47	1,48		
11-12	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	2,18	131,69	773,2	2,9	327,7	3,09	941	2,78	1,67		
12-13	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	155	-1,7	131,69	773,2	3,66	327,7	3,9	941	3,51	2,11		
13-14	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	0,72	131,69	773,2	2,49	327,7	2,66	941	2,39	1,44		
14-15	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129	-0,16	131,69	773,2	2,53	327,7	2,7	941	2,43	1,46		
15-16	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	0,03	131,69	773,2	2,57	327,7	2,74	941	2,47	1,48		
16-17	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	110	2,41	131,69	773,2	1,84	327,7	1,96	941	1,77	1,06		
17-18	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,45	131,69	773,2	2,34	327,7	2,49	941	2,24	1,35		
18-19	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	-2,23	131,69	773,2	2,5	327,7	2,66	941	2,39	1,44		
19-20	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	0,53	154,19	802,4	2,79	345,9	2,93	968,3	2,7	1,8		
20-21	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	92	0,74	154,19	802,4	1,24	345,9	1,3	968,3	1,2	0,8		
21-22	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	126	5,11	154,19	802,4	2,33	345,9	2,44	968,3	2,25	1,51		
22-23	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	12,77	154,19	802,4	4,98	345,9	5,22	968,3	4,82	3,22		
23-24	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	4,74	154,19	802,4	4,97	345,9	5,21	968,3	4,81	3,21		
24-25	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	4,16	154,19	802,4	2,8	345,9	2,93	968,3	2,7	1,81		
25-26	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	165	3,85	163,5	812,7	3,95	352,2	4,11	978	3,83	2,65		
26-27	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	173	4,72	163,5	812,7	4,34	352,2	4,52	978	4,21	2,91		
27-28	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	150	-11,43	163,5	812,7	3,27	352,2	3,41	978	3,17	2,19		
28-29	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	10,61	124	760,5	2,39	320	2,56	928,9	2,28	1,31		
29-30	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	9,23	128	767	2,52	324	2,69	935	2,41	1,42		
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	0,75	84	683,5	1,22	268,8	1,4	859,6	1,13	0,5		
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	148	-0,5	148	795,1	3,24	341,4	3,41	961,4	3,13	2,04		

5.3.3 Desviación cadena aisladores

Condiciones finales a considerar en la ecuación del cambio de condiciones.

$t = -10\text{ °C}$

Sobrecarga: mitad de Viento ($P_v/2$).

Vano	Conductor	Longit. (m)	Desni. (m)	Vano Regula. (m)	Hipótesis de Cálculo Apoyos		Desviación Cadenas Aisladores Th(daN)
					-10°C+V Th(daN)	-15°C+H Th(daN)	
1-2	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	114	4,85	114	902,4	1.020,4	710,8
2-3	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	1,16	84	886,8	994,7	751,5
4-5	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	1,42	104,12	897,9	1.012,9	723
5-6	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	102	-2,67	104,12	897,9	1.012,9	723
6-7	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	108	1,89	104,12	897,9	1.012,9	723
8-9	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,09	148,11	915,9	1.043,1	678
9-10	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	164	2,71	148,11	915,9	1.043,1	678
10-11	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	-2,2	131,69	910,1	1.033,2	692,1
11-12	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	2,18	131,69	910,1	1.033,2	692,1
12-13	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	155	-1,7	131,69	910,1	1.033,2	692,1
13-14	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	0,72	131,69	910,1	1.033,2	692,1
14-15	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	129	-0,16	131,69	910,1	1.033,2	692,1
15-16	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	130	0,03	131,69	910,1	1.033,2	692,1
16-17	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	110	2,41	131,69	910,1	1.033,2	692,1
17-18	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	0,45	131,69	910,1	1.033,2	692,1
18-19	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	-2,23	131,69	910,1	1.033,2	692,1
19-20	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	0,53	154,19	917,8	1.046,4	673,6
20-21	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	92	0,74	154,19	917,8	1.046,4	673,6
21-22	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	126	5,11	154,19	917,8	1.046,4	673,6
22-23	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	12,77	154,19	917,8	1.046,4	673,6
23-24	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	184	4,74	154,19	917,8	1.046,4	673,6
24-25	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	138	4,16	154,19	917,8	1.046,4	673,6
25-26	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	165	3,85	163,5	920,5	1.051,1	667,4
26-27	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	173	4,72	163,5	920,5	1.051,1	667,4
27-28	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	150	-11,43	163,5	920,5	1.051,1	667,4
28-29	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	124	10,61	124	906,1	1.026,8	699,7
29-30	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	128	9,23	128	908	1.029,9	695,7
3-4	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	84	0,75	84	886,8	994,7	751,5
7-8	LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	148	-0,5	148	915,9	1.043,1	678,2

5.3.4 Apoyos

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	HIPOTESIS 1ª (Viento)	HIPOTESIS 2ª (Hielo)	HIPOTESIS 3ª (Des. Tracciones)	HIPOTESIS 4ª (Rotura cond.)
Alineación Suspensión	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. $L = D_{th}$	Rot. Cond. $L_t = Roth$
Alineación Amarre	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. $L = D_{th}$	Rot. Cond. $L_t = Roth$
Angulo Suspensión	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. Res. Angulo $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. Res. Angulo $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. Res. Angulo $T = R_{ahr}T$
	L			Des. Tracc. Res. Angulo $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. Res. Angulo $L = R_{ahr}L ; L_t = Roth$
Angulo Amarre	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. Res. Angulo $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. Res. Angulo $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. Res. Angulo $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo $L = R_{av}L$	Res. Angulo $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. Res. Angulo $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. Res. Angulo $L = R_{ahr}L ; L_t = Roth$
Anclaje Alineación	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc$			
	L			Des. Tracc. $L = D_{th}$	Rot. Cond. $L_t = Roth$
Anclaje Angulo y Estrellam.	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
	T	Viento. Res. Angulo $T = F_{vc} + E_{ca} \cdot nc + R_{av}T$	Res. Angulo $T = R_{ah}T$	Des. Tracc. Res. Angulo $T = R_{ah}dT$	Rot. Cond. Res. Angulo $T = R_{ahr}T$
	L	Res. Angulo $L = R_{av}L$	Res. Angulo $L = R_{ah}L$	Des. Tracc. Res. Angulo $L = R_{ah}dL$	Rot. Cond. Res. Angulo $L = R_{ahr}L ; L_t = Roth$
Fin de línea	V	Cargas perm. Viento. $V = P_{cv} + P_{ca} \cdot nc$	Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} + P_{ca} \cdot nc$		Cargas perm. Hielo $V = P_{ch} - P_{chr} + P_{ca} \cdot nc$
		Viento.			



	T	$T = F_{vc} + E_{ca} \cdot n_c$			
	L	Des. Tracc. $L = D_{tv}$	Des. Tracc. $L = D_{th}$		Rot. Cond. $L_t = Roth$

V = Esfuerzo vertical T = Esfuerzo transversal L = Esfuerzo longitudinal L_t = Esfuerzo de torsión

<p>Para la determinación de las tensiones de los conductores se considerará: Hipótesis 1ª : Sometidos a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad mínima de 120 Km/h y a la temperatura de -10 °C Resto hipótesis : Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima y a la temperatura de -15 °C</p>
<p>En los apoyos de alineación y ángulo con cadenas de suspensión y amarre se prescinde de la 4ª hipótesis si se verifican simultáneamente las siguientes condiciones :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión nominal de la línea hasta 66 kV. - La carga de rotura del conductor es inferior a 6600 daN. - Los conductores tienen un coeficiente de seguridad de 3, como mínimo. - El coeficiente de seguridad de los apoyos y cimentaciones en la hipótesis tercera es el correspondiente a las hipótesis normales. - Se instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros como máximo.

5.3.4.1 Cargas permanentes

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso de los distintos elementos: conductores con sobrecarga (según hipótesis), aisladores, herrajes.

En la hipótesis de viento el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pcv" será:

$$P_{cv} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{cvr} = L_v \cdot P_{pv} \cdot \cos \alpha \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_v = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -10 °C con sobrecarga de viento (m).

P_{pv} = Peso propio del conductor con sobrecarga de viento (daN/m).

P_{cvr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de viento para la 4ª hipótesis (daN).

α = Angulo que forma la resultante del viento con el peso propio del conductor.

n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las hipótesis, excepto en la hipótesis 1ª de Viento, el peso que gravita sobre los apoyos debido al conductor y su sobrecarga "Pch" será:

$$P_{ch} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$P_{chr} = L_h \cdot P_{ph} \cdot n_r \text{ (daN)}$$

Siendo:

L_h = Longitud del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de -15 °C con sobrecarga de hielo (m).

P_{ph} = Peso propio del conductor con sobrecarga de hielo (daN/m).

P_{chr} = Peso que gravita sobre los apoyos de los conductores rotos con sobrecarga de hielo para la 4ª hipótesis (daN).



n = número total de conductores.

n_r = número de conductores rotos en la 4ª hipótesis.

En todas las zonas y en todas las hipótesis habrá que considerar el peso de los herrajes y la cadena de aisladores "Pca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".

5.3.4.2 Esfuerzos del viento.

- El esfuerzo del viento sobre los conductores "Fvc" en la hipótesis 1ª se obtiene de la siguiente forma:

Apoyos alineación

$$F_{vc} = (a_1 \cdot d_1 \cdot n_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot n_2) / 2 \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos fin de línea

$$F_{vc} = a / 2 \cdot d \cdot n \cdot k \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo y estrellamiento

$$F_{vc} = \sum a_p / 2 \cdot d_p \cdot n_p \cdot k \text{ (daN)}$$

Siendo:

a_1 = Proyección horizontal del conductor que hay a la izquierda del apoyo (m).

a_2 = Proyección horizontal del conductor que hay a la derecha del apoyo (m).

a = Proyección horizontal del conductor (m).

a_p = Proyección horizontal del conductor en la dirección perpendicular a la bisectriz del ángulo (apoyos de ángulo) y en la dirección perpendicular a la resultante (apoyos de estrellamiento) (m).

d, d_1, d_2, d_p = Diámetro del conductor (m).

n, n_1, n_2, n_p = nº de haces de conductores.

v = Velocidad del viento (Km/h).

$K = 60 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d \leq 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$

$K = 50 \cdot (v/120)^2 \text{ daN/m}^2$ si $d > 16 \text{ mm}$ y $v \geq 120 \text{ Km/h}$

- En la hipótesis 1ª habrá que considerar el esfuerzo del viento sobre los herrajes y la cadena de aisladores "Eca", así como el número de cadenas de aisladores del apoyo "nc".



5.3.4.3 Desequilibrio de tracciones

- En la hipótesis 1ª (sólo apoyos fin de línea), el desequilibrio de tracciones "Dtv" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$Dtv = 8/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$Dtv = 15/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje de alineación.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

$$Dtv = \text{Abs}((T_{h1} \cdot n_1) - (T_{h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$Dtv = 50/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$Dtv = 100/100 \cdot T_h \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n₁, n₂ = número total de conductores.

T_h, T_{h1}, T_{h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de -10 °C con sobrecarga de viento (daN).



- En la hipótesis 2ª (fin de línea) y 3ª (alineación, ángulo, estrellamiento y anclaje) el desequilibrio de tracciones "Dth" se obtiene:

Apoyos de alineación con cadenas de suspensión.

$$D_{th} = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación con cadenas de amarre.

$$D_{th} = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de ángulo con cadenas de suspensión.

$$D_{th} = 8/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de ángulo con cadenas de amarre.

$$D_{th} = 15/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos de anclaje en alineación.

$$D_{th} = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

$$D_{th} = \text{Abs}((T_{0h1} \cdot n_1) - (T_{0h2} \cdot n_2)) \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en ángulo y estrellamiento.

$$D_{th} = 50/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Este esfuerzo se combinará con la resultante de ángulo.

Apoyos fin de línea

$$D_{th} = 100/100 \cdot T_{0h} \cdot n \text{ (daN)}$$

Siendo:

n, n_1, n_2 = número total de conductores.

T_{0h}, T_{0h1}, T_{0h2} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones -15 °C con sobrecarga de hielo (daN).



5.3.4.4 Rotura de conductores

El esfuerzo debido a la rotura de conductores "Roth", aplicado en el punto donde produzca la sollicitación más desfavorable produciendo un esfuerzo de torsión, se obtiene:

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$Roth = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre

- Si no se cumplen esas condiciones, se considerará el esfuerzo unilateral correspondiente a la rotura de un solo conductor "Roth", aplicado en el punto que produzca la sollicitación más desfavorable.

$$Roth = T_{0h} \text{ (daN)}$$

Apoyos de anclaje en alineación, anclaje en ángulo y estrellamiento

$$Roth = T_{0h} \text{ (simplex, un sólo conductor por fase) (daN)}$$

$$Roth = T_{0h} \cdot ncf \cdot 0,5 \text{ (dúplex, tríplex, cuadruplex; dos, tres o cuatro conductores por fase) (daN)}$$

Fin de línea

$$Roth = T_{0h} \cdot ncf \text{ (daN)}$$

$$Roth = 2 \cdot T_{0h} \cdot ncf \text{ (montaje tresbolillo y bandera) (daN)}$$

Siendo:

ncf = número de conductores por fase.

T_{0h} = Componente horizontal de la tensión en las condiciones de $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ con sobrecarga de hielo (daN).

5.3.4.5 Resultante de ángulo

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 1ª se obtiene del siguiente modo:

$$Rav = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rav" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RavL" y otro en dirección transversal a la línea "RavT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -10 °C con sobrecarga de viento (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 2ª se obtiene del siguiente modo:

$$Rah = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rah" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahL" y otro en dirección transversal a la línea "RahT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C (zona B) con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" de las tracciones de los conductores en la hipótesis 3ª se obtiene del siguiente modo:

$$Rahd = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h1} \cdot n_1 - D_{th})^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h1} \cdot n_1 - D_{th}) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahd" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahdL" y otro en dirección transversal a la línea "RahdT".

Siendo:

n_1 = Número de conductores.

T_{h1} = Tensiones horizontales en las condiciones de -15 °C con sobrecarga de



hielo (daN).

Dth = Desequilibrio de tracciones en la hipótesis de hielo.

α = Angulo que forman T_{h1} y $(T_{h1} - Dth)$ (gr. sexa.).

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" de la rotura de conductores en la hipótesis 4ª se obtiene del siguiente modo:

$$Rahr = \sqrt{((T_{h1} \cdot n_1)^2 + (T_{h2} \cdot n_2)^2 - 2 \cdot (T_{h1} \cdot n_1) \cdot (T_{h2} \cdot n_2) \cdot \cos [180 - \alpha])} \text{ (daN)}$$

El esfuerzo resultante de ángulo "Rahr" se descompondrá en dos esfuerzos, uno en dirección longitudinal a la línea "RahrL" y otro en dirección transversal a la línea "RahrT".

Siendo:

n_1, n_2 = Número de conductores quitando los conductores que se han roto.

T_{h1}, T_{h2} = Tensiones horizontales en las condiciones de $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ con sobrecarga de hielo (daN).

α = Angulo que forman T_{h1} y T_{h2} (gr. sexa.).

*Nota: En los apoyos de estrellamiento las operaciones anteriores se han realizado tomando las tensiones dos a dos para conseguir la resultante total.

5.3.4.6 Esfuerzos equivalentes

Los esfuerzos horizontales de los apoyos vienen especificados en un punto de ensayo, situado en la cogolla (excepto en los apoyos de hormigón y de chapa metálica que están 0,25 m por debajo de la cogolla).

Si los esfuerzos están aplicados en otro punto se aplicará un coeficiente reductor o de mayoración.

- Coeficiente reductor del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a mayor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:

Apoyos de celosía y presilla

$$K = 4,6 / (H_S + 4,6)$$

Apoyos de hormigón

$$K = 5,4 / (H_S + 5,25)$$

- Coeficiente de mayoración del esfuerzo nominal. Se aplica para esfuerzos horizontales a menor altura del punto de ensayo, cuyo valor será:



$$K = H_{E_n} / H_F$$

Por tanto los esfuerzos horizontales aplicados en el punto de ensayo serán:

$$T = T_c / K$$

$$L = L_c / K$$

El esfuerzo horizontal equivalente soportado por el apoyo será:

- Existe solamente esfuerzo transversal.

$$F = T$$

- Existe solamente esfuerzo longitudinal.

$$F = L$$

- Existe esfuerzo transversal y longitudinal simultáneamente.

En apoyos de celosía, presilla, hormigón vibrado hueco y chapa circular.

$$F = T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular con viento sobre la cara secundaria.

$$F = R_U \cdot T + L$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular sin viento o con viento sobre la cara principal.

$$F = T + R_N \cdot L$$

El esfuerzo de torsión aplicado en el punto de ensayo será:

$$L_t = L_{t_c} \cdot D_c / D_n$$

En apoyos de hormigón vibrado y chapa rectangular el apoyo se orienta con su esfuerzo nominal principal en dirección del esfuerzo mayor (T o L).

Siendo:

H_{E_n} = Distancia desde el punto de ensayo de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

H_S = Distancia por encima de la cogolla, donde se aplican los esfuerzos horizontales (m).

H_F = Distancia desde punto de aplicación de los esfuerzos horizontales hasta el terreno (m).

D_n = Distancia del punto de ensayo del esfuerzo de torsión al eje del apoyo (m).

D_c = Distancia del punto de aplicación de los conductores al eje del apoyo (m).

H_V = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m).

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN).

E_{vaRed} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo reducido al punto de ensayo (daN).

$$E_{vaRed} = E_{va} \cdot H_V / H_{En}$$

R_U = Esfuerzo nominal principal / (Esfuerzo nominal secundario – E_{vaRed}).

R_N = Esfuerzo nominal principal / Esfuerzo nominal secundario.

T_c = Esfuerzo transversal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

L_c = Esfuerzo longitudinal en el punto de aplicación de los conductores (daN).

L_{tc} = Esfuerzo de torsión en el punto de aplicación de los conductores (daN).

F = Esfuerzo horizontal equivalente (daN).

T = Esfuerzo transversal en el punto de ensayo (daN).

L = Esfuerzo longitudinal en el punto de ensayo (daN).

L_t = Esfuerzo de torsión en el punto de ensayo (daN).

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sexag.	Hipótesis 1ª (Viento) (-5:A/-10:B/-15:C)°C+V			Hipótesis 2ª (Hielo) (-15:B/-20:C)°C+H		
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)
1	Fin Línea		26,1	148,6	2.707,2	63,1		3.061,2
2	Anc. Ang.	62,3°; apo.3	172,6	2.723,8	41,4	426,6	2.807,8	68,3
3	Alin. Susp.		118,4	224,2		296,9		
4	Anc. Ang.	80,1°; apo.5	123,2	1.162,3	32,8	301,8	1.036,9	53,8
5	Alin. Susp.		184,3	271,2		463,8		
6	Alin. Susp.		86,2	279,1		218,8		
7	Anc. Ang.	87,6°; apo.8	199,6	559,8	54	496,8	258,1	90,5
8	Anc. Ang.	88,5°; apo.9	179,2	493,6		446,5	160,7	
9	Alin. Susp.		169,5	381		430,9		
10	Anc. Ang.	78,1°; apo.9	239,9	1.501	17	600,2	1.283,3	29,1
11	Alin. Susp.		136	354,8		345,8		
12	Alin. Susp.		225,4	387,5		571,9		
13	Alin. Susp.		165,5	374,4		420,6		
14	Alin. Susp.		177,8	340,4		450,5		
15	Alin. Susp.		168,8	343		427,9		
16	Alin. Susp.		131,8	318,2		333,9		
17	Alin. Susp.		177,2	310,4		448		
18	Alin. Susp.		192,2	333,9		486,3		
19	Anc. Ang.	75,9°; apo.18	154,2	1.674,4	22,4	383,3	1.524	38,4
20	Alin. Susp.		146,9	305,2		371,5		
21	Alin. Susp.		104	289,6		262,8		
22	Alin. Susp.		167,6	431,3		426,7		
23	Alin. Susp.		295,1	511		751		
24	Alin. Susp.		205,6	447,2		523,2		
25	Anc. Ang.	87,3°; apo.24	212,6	653,4	8,1	531,8	298,9	14,1
26	Alin. Susp.		216,3	446,5		550,7		
27	Alin. Susp.		341,2	427,4		866,1		
28	Alin. Am		-14,1	356,2		-40,6		
29	Anc. Ang.	72,6°; apo.30	188,4	1.939,7	5,4	468,5	1.843,4	8,9
30	Fin Línea		176,1	166,6	2.724	440,2		3.089,7

Apoyo	Tipo	Angulo Relativo gr.sexa.	Hipótesis 3ª (Desequilibrio de tracciones) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H			Hipótesis 4ª (Rotura de conductores) (-5:A)°C+V (-15:B/-20:C)°C+H				Dist.Lt (m)	Dist.Min. Cond. (m)
			V (daN)	T (daN)	L (daN)	V (daN)	T (daN)	L (daN)	Lt (daN)		
1	Fin Línea					43,9			850,3	1,5	1,08
2	Anc. Ang.	62,3°; apo.3	426,6	2.132,7	1.355,5	394,2	2.345,8	949,2	753,1	1,5	1,08
3	Alin. Susp.		296,9		247,1						1,03
4	Anc. Ang.	80,1°; apo.5	301,8	784,7	1.496,7	246,7	865,6	1.033,6	831,5	1,5	1
5	Alin. Susp.		463,8		251,6						1,12
6	Alin. Susp.		218,8		251,6						1,16
7	Anc. Ang.	87,6°; apo.8	496,8	196,4	1.563,3	419,7	215,7	1.102,5	1.042,2	1,5	1,3
8	Anc. Ang.	88,5°; apo.9	446,5	120,5	1.564,1	379,1	133,9	1.042,8	1.042,8	1,5	1,3
9	Alin. Susp.		430,9		259,2						1,5
10	Anc. Ang.	78,1°; apo.9	600,2	967	1.531,1	511,2	1.070,4	1.040,1	1.020,7	1,5	1,42
11	Alin. Susp.		345,8		256,7						1,33
12	Alin. Susp.		571,9		256,7						1,45
13	Alin. Susp.		420,6		256,7						1,45
14	Alin. Susp.		450,5		256,7						1,27
15	Alin. Susp.		427,9		256,7						1,28
16	Alin. Susp.		333,9		256,7						1,28
17	Alin. Susp.		448		256,7						1,24
18	Alin. Susp.		486,3		256,7						1,26
19	Anc. Ang.	75,9°; apo.18	383,3	1.150,2	1.522,1	331	1.271,6	1.040,3	1.014,7	1,5	1,21
20	Alin. Susp.		371,5		260						1,31
21	Alin. Susp.		262,8		260						1,23
22	Alin. Susp.		426,7		273,1						1,63
23	Alin. Susp.		751		273,1						1,63
24	Alin. Susp.		523,2		273,1						1,63
25	Anc. Ang.	87,3°; apo.24	531,8	224,7	1.574,9	424,3	249,2	1.059,3	1.049,9	1,5	1,4
26	Alin. Susp.		550,7		261,1						1,54
27	Alin. Susp.		866,1		261,1						1,54
28	Alin. Am		-40,6		473						1,29
29	Anc. Ang.	72,6°; apo.30	468,5	1.384,6	1.474,3	312,1	1.536,6	988,8	819,1	1,5	1,17
30	Fin Línea					295,2			858,3	1,5	1,17

5.3.4.7 Apoyo adoptado

El apoyo adoptado deberá soportar la combinación de esfuerzos considerados en cada hipótesis (V,F,Lt).
A estos esfuerzos se le aplicará un coeficiente de seguridad si el apoyo es reforzado.

- Hipótesis sin esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_n \geq F$$

En apoyos de hormigón el esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_n \geq V$$

En apoyos que no sean de hormigón se aplicará la ecuación resistente:

$$(3 \cdot V_n) \geq V$$

$$(5 \cdot E_n + V_n) \geq (5 \cdot F + V)$$

- Hipótesis con esfuerzo de torsión.

El esfuerzo horizontal debe cumplir la ecuación:

$$E_{nt} \geq F$$

El esfuerzo vertical debe cumplir la ecuación:

$$V_{nt} \geq V$$

El esfuerzo de torsión debe cumplir la ecuación:

$$E_T \geq Lt$$

Siendo:

V = Cargas verticales.

F = Esfuerzo horizontal equivalente.

Lt = Esfuerzo de torsión.

E_n = Esfuerzo nominal sin torsión del apoyo.

E_{nt} = Esfuerzo nominal con torsión del apoyo.

V_n = Esfuerzo vertical sin torsión del apoyo.

V_{nt} = Esfuerzo vertical con torsión del apoyo.

E_T = Esfuerzo de torsión del apoyo.

Apoyo	Tipo	Constitución	Coefic. Segur.	Angulo gr.sex.	Altura Total (m)	Esf. Nominal (daN)	Esf. Secund. (daN)	Esf.punta c.Tors. (daN)	Esf.Ver. s.Tors. (daN)	Esf.Ver. c.Tors. (daN)	Esfuer. Torsión (daN)	Dist. Torsión (m)
1	Fin Línea	Celosia recto	N		10	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5
2	Anc. Ang.	Celosia recto	N	124,7°	12	7.000		5.000	1.200	1.200	2.500	1,5
3	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	510	310					
4	Anc. Ang.	Celosia recto	N	160,2°	10	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5
5	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
6	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		9	630 (T)	360 (L)					
7	Anc. Ang.	Celosia recto	N	175,2°	12	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5
8	Anc. Ang.	Celosia recto	N	177,1°	12	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5
9	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
10	Anc. Ang.	Celosia recto	N	156,2°	14	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5
11	Alin. Susp.	Horm. vib.	R		11	630 (T)	360 (L)					
12	Alin. Susp.	Horm. vib.	R		13	630 (T)	360 (L)					
13	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
14	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
15	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
16	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
17	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	630 (T)	360 (L)					
18	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	630 (T)	360 (L)					
19	Anc. Ang.	Celosia recto	N	151,7°	12	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5
20	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
21	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
22	Alin. Susp.	Horm. vib.	R		13	630 (T)	360 (L)					
23	Alin. Susp.	Horm. vib.	R		15	800 (T)	400 (L)					
24	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		11	630 (T)	360 (L)					
25	Anc. Ang.	Celosia recto	N	174,6°	12	3.000		2.000	800	800	1.400	1,5
26	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	630 (T)	360 (L)					
27	Alin. Susp.	Horm. vib.	N		13	630 (T)	360 (L)					
28	Alin. Am	Horm. vib.	N		11	1.000 (T)	500 (L)				200	1,5
29	Anc. Ang.	Celosia recto	N	145,2°	12	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5
30	Fin Línea	Celosia recto	N		12	4.500		3.000	800	800	1.400	1,5

El apoyo número 3 no se modificará ya que se deja instalado el apoyo original.

5.3.5 Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán mediante zapatas monobloque. Se producirán dos momentos, uno debido al esfuerzo en punta y otro debido al viento sobre el apoyo.

Estarán situados los dos momentos, horizontalmente en el centro del apoyo y verticalmente a ras de tierra.

Momento debido al esfuerzo en punta

El momento debido al esfuerzo en punta "Mep" se obtiene:

$$Mep = Ep \cdot H_L$$

Siendo:

Ep = Esfuerzo en punta (daN).

H_L = Altura libre del apoyo (m).



Momento debido al viento sobre el apoyo

El momento debido al esfuerzo del viento sobre el apoyo "Mev" se obtiene:

$$M_{ev} = E_{va} \cdot H_v$$

Siendo:

E_{va} = Esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN). Según apdo. 3.1.2.3 se obtiene:

$$E_{va} = 170 \cdot (v/120)^2 \cdot \eta \cdot S \text{ (apoyos de celosía).}$$

$$E_{va} = 100 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies planas).}$$

$$E_{va} = 70 \cdot (v/120)^2 \cdot S \text{ (apoyos con superficies cilíndricas).}$$

v = Velocidad del viento (Km/h).

S = Superficie definida por la silueta del apoyo (m^2).

η = Coeficiente de opacidad. Relación entre la superficie real de la cara y el área definida por su silueta.

H_v = Altura del punto de aplicación del esfuerzo del viento (m). Se obtiene:

$$H_v = H/3 \cdot (d_1 + 2 \cdot d_2) / (d_1 + d_2) \text{ (m)}$$

H = Altura total del apoyo (m).

d_1 = anchura del apoyo en el empotramiento (m).

d_2 = anchura del apoyo en la cogolla (m).

Momento de fallo al vuelco

Para que un apoyo permanezca en su posición de equilibrio, el momento creado por las fuerzas exteriores a él ha de ser absorbido por la cimentación, debiendo cumplirse por tanto:

$$M_f \geq 1,65 \cdot (M_{ep} + M_{ev})$$

Siendo:

M_f = Momento de fallo al vuelco. Momento absorbido por la cimentación (daN · m).

M_{ep} = Momento producido por el esfuerzo en punta (daN · m).

M_{ev} = Momento producido por el esfuerzo del viento sobre el apoyo (daN · m).

Momento absorbido por la cimentación

El momento absorbido por la cimentación " M_f " se calcula por la fórmula de Sulzberger:

$$M_f = [139 \cdot C_2 \cdot a \cdot h^4] + [a^3 \cdot (h + 0,20) \cdot 2420 \cdot (0,5 - 2/3 \cdot \sqrt{(1,1 \cdot h/a - 1/10 \cdot C_2)})]$$

Siendo:

C_2 = Coeficiente de compresibilidad del terreno a la profundidad de 2 m (daN/cm³).

a = Anchura del cimiento (m).

h = Profundidad del cimiento (m).

Apoyo	Tipo	Esf.Util Punta (daN)	Alt.Libre Apoyo (m)	Mom.Producido por el conduc. (daN.m)	Esf.Vie. Apoyos (daN)	Alt.Vie. Apoyos (m)	Mom.Producido Viento Apoyos (daN.m)	Momento Total Fuerzas externas (daN.m)	Ancho Cimen. (m)	Alto Cimen. (m)	Coefic. Comp. (daN/m ³)	Mom.Absorbido por la cimentac. (daN.m)
1	Fin Línea	4.500	7,75	34.875	253,7	3,61	915,6	35.790,6	1,04	2,5	10	59.346,77
2	Anc. Ang.	7.000	9,6	67.200	431,4	4,19	1.806,5	69.006,5	1,52	2,65	10	114.067,87
3	A.lin, Susp.	400 (T)	7,65	3.060	214,4	3,46	741,9	3.801,9	0,65	1,6	10	6.376,71
4	Anc. Ang.	3.000	8	24.000	288,2	3,72	1.071,8	25.071,8	1,08	2,25	10	41.454,68
5	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
6	A.lin, Susp.	630 (T)	7,45	4.693,5	207,3	3,38	699,7	5.393,2	0,59	1,8	10	8.968,08
7	Anc. Ang.	3.000	9,95	29.850	370,3	4,5	1.667,5	31.517,5	1,23	2,3	10	52.396,99
8	Anc. Ang.	3.000	9,95	29.850	370,3	4,5	1.667,5	31.517,5	1,23	2,3	10	52.396,99
9	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
10	Anc. Ang.	4.500	11,65	52.425	418,9	5,19	2.176	54.601	1,32	2,6	10	90.108,71
11	A.lin, Susp.	630 (T)	9,35	5.890,5	278,8	4,16	1.160,3	7.050,8	0,64	1,9	10	12.119,56
12	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,73	1,95	10	15.522,68
13	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
14	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
15	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
16	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
17	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,7	1,95	10	14.822,21
18	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,7	1,95	10	14.822,21
19	Anc. Ang.	4.500	9,7	43.650	350,3	4,4	1.540,4	45.190,4	1,2	2,55	10	75.104,83
20	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
21	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
22	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,73	1,95	10	15.522,68
23	A.lin, Susp.	800 (T)	13,1	10.480	442,2	5,66	2.502,9	12.982,9	0,73	2,15	10	22.689,08
24	A.lin, Susp.	630 (T)	9,4	5.922	280,8	4,18	1.174,3	7.096,3	0,69	1,85	10	11.881,83
25	Anc. Ang.	3.000	9,95	29.850	370,3	4,5	1.667,5	31.517,5	1,23	2,3	10	52.396,99
26	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,7	1,95	10	14.822,21
27	A.lin, Susp.	630 (T)	11,3	7.119	360,1	4,95	1.781,9	8.900,9	0,7	1,95	10	14.822,21
28	A.lin, Am (T)	1.000 (T)	9,2	9.200	323,5	4,18	1.351,7	10.551,7	0,69	2,05	10	17.506,87
29	Anc. Ang.	4.500	9,7	43.650	350,3	4,4	1.540,4	45.190,4	1,2	2,55	10	75.104,83
30	Fin Línea	4.500	9,7	43.650	350,3	4,4	1.540,4	45.190,4	1,2	2,55	10	75.104,83



5.3.6 Aisladores

5.3.6.1 Cálculo eléctrico

El grado de aislamiento respecto a la tensión de la línea se obtiene colocando un número de aisladores suficiente "NAis", cuyo número se obtiene:

$$NAis = Nia \cdot Ume / Llf$$

Siendo:

NAis = número de aisladores de la cadena.

Nia = Nivel de aislamiento recomendado según las zonas por donde atraviesa la línea (cm/kV).

Ume = Tensión más elevada de la línea (kV).

Llf = Longitud de la línea de fuga del aislador elegido (cm).

5.3.6.2 Cálculo mecánico

Mecánicamente, el coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores "Csm" ha de ser mayor de 3.

El aislador debe soportar las cargas normales que actúan sobre él.

$$Csmv = Qa / (Pv + Pca) > 3$$

Siendo:

Csmv = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas normales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Pv = El esfuerzo vertical transmitido por los conductores al aislador (daN).

Pca = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

El aislador debe soportar las cargas anormales que actúan sobre él.

$$Csmh = Qa / (Toh \cdot ncf) > 3$$

Siendo:

Csmh = coeficiente de seguridad a la rotura de los aisladores con cargas anormales.

Qa = Carga de rotura del aislador (daN).

Toh = Tensión horizontal máxima en las condiciones más desfavorables (daN).

ncf = número de conductores por fase.



5.3.6.3 Longitud de la cadena

La longitud de la cadena Lca será:

$$Lca = NAis \cdot LAis \text{ (m)}$$

Siendo:

Lca = Longitud de la cadena (m).

NAis = número de aisladores de la cadena.

LAis = Longitud de un aislador (m).

5.3.1.6.4 Peso de la cadena

El peso de la cadena Pca será:

$$Pca = NAis \cdot PAis \text{ (daN)}$$

Siendo:

Pca = Peso de la cadena (daN).

NAis = número de aisladores de la cadena.

PAis = Peso de un aislador (daN).

5.3.6.5 Esfuerzo del viento sobre la cadena

El esfuerzo del viento sobre la cadena Eca será:

$$Eca = k \cdot (DAis / 1000) \cdot Lca \text{ (daN)}$$

Siendo:

Eca = Esfuerzo del viento sobre la cadena (daN).

$k = 70 \cdot (v/120)^2$. Según apdo 3.1.2.2.

v = Velocidad del viento (Km/h).

DAis = Diámetro máximo de un aislador (mm).

Lca = Longitud de la cadena (m).



Apoyo	Tipo	Denom.	Qa (daN)	Diam. Aisl. (mm)	Llf (mm)	Long. Aisl. (m)	Peso Aisl. (daN)
1	Fin Línea	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
2	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
3	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
4	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
5	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
6	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
7	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
8	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
9	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
10	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
11	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
12	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
13	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
14	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
15	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
16	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
17	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
18	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
19	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
20	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
21	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
22	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
23	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
24	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
25	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
26	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
27	Alin. Susp.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
28	Alin. Am	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
29	Anc. Ang.	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8
30	Fin Línea	U70YB20	7.000	60	480	0,38	1,8

Apoyo	Tipo	N.Cad.	Denom.	N.Ais.	Nia (cm/KV)	Lca (m)	Pca (daN)	Eca (daN)	Pv+Pca (daN)	Csmv	Toh · ncf (daN)	Csmh
1	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	21,04	332,64	1.020,4	6,86
2	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	107,98	64,83	1.020,4	6,86
3	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	98,97	70,73	79,58	87,97
4	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	56,84	123,15	1.012,9	6,91
5	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	154,59	45,28	85,74	81,64
6	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	72,95	95,96	88,27	79,31
7	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	86,7	80,74	1.043,1	6,71
8	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	79,64	87,89	1.043,1	6,71
9	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	143,64	48,73	121,09	57,81
10	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	109,28	64,06	1.043,1	6,71
11	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	115,28	60,72	112,67	62,13
12	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	190,62	36,72	123,19	56,82
13	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	140,22	49,92	118,97	58,84
14	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	150,17	46,61	108,02	64,8
15	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	142,65	49,07	108,86	64,3
16	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	111,3	62,89	100,88	69,39
17	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	149,33	46,88	98,35	71,17
18	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	162,11	43,18	105,92	66,09
19	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	73,64	95,06	1.046,4	6,69
20	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	123,82	56,53	96,66	72,42
21	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	87,59	79,92	91,66	76,37
22	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	142,23	49,22	130,58	53,61
23	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	250,32	27,96	155	45,16
24	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	174,39	40,14	135,46	51,68
25	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	109,3	64,05	1.051,1	6,66
26	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	183,58	38,13	142,18	49,23
27	Alin. Susp.	3 C.Su.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	288,71	24,25	136,03	51,46
28	Alin. Am	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	17,78	393,68	1.051,1	6,66
29	Anc. Ang.	6 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	158,19	44,25	1.029,9	6,8
30	Fin Línea	3 C.Am.	U.70Y.B20	1	1,7	0,56	1,8	1,6	146,72	47,71	1.029,9	6,8



5.3.7 Distancias de seguridad

5.3.7.1 Distancia de los conductores al terreno

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables a una altura mínima de:

$$dst_{des} = D_{add} + Del = 5,3 + 0,22 = 5,52 \text{ m.}; \text{mínimo } 6\text{m.}$$

$$dst_{des} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{ais} = 6 \text{ m.}$$

$$dst_{rec} = 6 \text{ m.}$$

Siendo:

D_{add} = Distancia de aislamiento adicional, para asegurar el valor Del con el terreno (m).

Del = 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.

5.3.7.2 Distancia de los conductores entre sí

La distancia de los conductores entre sí "D" debe ser como mínimo:

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

$$D_{rec} = 1/3 \cdot k \cdot \sqrt{(F + L)} + k' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

k = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, según tabla 16 del apdo. 5.4.1.

L = Longitud de la cadena de suspensión (m). Si la cadena es de amarre $L=0$.

F = Flecha máxima (m).

$k' = 0,75$.

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, según tabla 15 del apdo. 5.2 (m).



Apoyo 1

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,23 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,08 \text{ m}$$

Apoyo 2

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,23 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,08 \text{ m}$$

Apoyo 3

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,4 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,03 \text{ m}$$

Apoyo 4

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,86 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1 \text{ m}$$

Apoyo 5

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(1,86 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,12 \text{ m}$$

Apoyo 6

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,08 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,16 \text{ m}$$

Apoyo 7

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,41 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,3 \text{ m}$$

Apoyo 8

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,41 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,3 \text{ m}$$

Apoyo 9

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,19 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,5 \text{ m}$$

Apoyo 10

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,19 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,42 \text{ m}$$

Apoyo 11

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,09 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,33 \text{ m}$$

Apoyo 12

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,9 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,45 \text{ m}$$



Apoyo 13

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,9 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,45 \text{ m}$$

Apoyo 14

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,7 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,27 \text{ m}$$

Apoyo 15

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,74 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,28 \text{ m}$$

Apoyo 16

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,74 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,28 \text{ m}$$

Apoyo 17

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,49 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,24 \text{ m}$$

Apoyo 18

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,66 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,26 \text{ m}$$

Apoyo 19

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,93 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,21 \text{ m}$$

Apoyo 20

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,93 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,31 \text{ m}$$

Apoyo 21

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,44 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,23 \text{ m}$$

Apoyo 22

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,22 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,63 \text{ m}$$

Apoyo 23

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,22 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,63 \text{ m}$$

Apoyo 24

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(5,21 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,63 \text{ m}$$



Apoyo 25

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,11 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,4 \text{ m}$$

Apoyo 26

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,52 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,54 \text{ m}$$

Apoyo 27

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(4,52 + 0,56)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,54 \text{ m}$$

Apoyo 28

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(3,41 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,29 \text{ m}$$

Apoyo 29

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,69 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,17 \text{ m}$$

Apoyo 30

$$D_{des} = 0,6 \cdot \sqrt{(2,69 + 0)} + 0,75 \cdot 0,25 = 1,17 \text{ m}$$

5.3.7.3 Distancia de los conductores al apoyo

La distancia mínima de los conductores al apoyo d_{sa} será de:

$$d_{sa} = Del = 0,22 \text{ m.}; \text{mínimo } 0,2 \text{ m.}$$

$$d_{sa} = 0,22 \text{ m.}$$

Siendo:

Del = 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.

5.3.7.4 Angulo de desviación de la cadena de suspensión

Debido al esfuerzo del viento sobre los conductores, las cadenas de suspensión en los apoyos sufren una desviación respecto a la vertical. El ángulo máximo de desviación de la cadena α no podrá ser superior al ángulo \square máximo permitido para que se mantenga la distancia del conductor al apoyo.



$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de alineación.

$tg \gamma = (P_v \cdot \cos[(180-\alpha)/2] + R_{av} + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = E_{tv} / P_t$, en apoyos de ángulo.

Siendo:

$tg \gamma$ = Tangente del ángulo que forma la cadena de suspensión con la vertical, al desviarse por la acción del viento.

P_v = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre el conductor (120 km/h) (daN).

E_{ca} = Esfuerzo de la mitad de la presión de viento sobre la cadena de aisladores y herrajes (120 km/h) (daN).

$P_{-10^{\circ}C+V/2}$ = Peso total del conductor que gravita sobre el apoyo en las condiciones de una T^a X (- 5 °C en zona A, -10 °C en zona B, -15 °C en zona C) con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

P_{ca} = Peso de la cadena de aisladores y herrajes (daN).

α = Ángulo que forman los conductores de la línea (gr. sexa.).

R_{av} = Resultante de ángulo en las condiciones de -10 °C con sobrecarga mitad de la presión de viento (120 km/h) (daN).

Si el valor del ángulo de desviación de la cadena " γ " es mayor del ángulo máximo permitido " μ ", se deberá colocar un contrapeso de valor:

$$G = E_{tv} / tg \mu - P_t$$

Apoyos con cadenas de suspensión.

Apoyo 3

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (35,29 + 0,8/2) / (38,32 + 1,8/2) = 0,91.$$

$$\gamma = 42,3^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$

Apoyo 5

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (42,86 + 0,8/2) / (64,01 + 1,8/2) = 0,67.$$

$$\gamma = 33,68^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$

Apoyo 6

$$tg \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^{\circ}C+V/2} + P_{ca}/2) = (44,12 + 0,8/2) / (22,18 + 1,8/2) = 1,93.$$

$$\gamma = 62,6^{\circ}$$

$$\mu = 66,87^{\circ}$$



Apoyo 9

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (60,53 + 0,8/2) / (53,62 + 1,8/2) = 1,12.$$

$$\gamma = 48,18^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 11

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (56,32 + 0,8/2) / (40,86 + 1,8/2) = 1,36.$$

$$\gamma = 53,63^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 12

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (61,58 + 0,8/2) / (75,5 + 1,8/2) = 0,81.$$

$$\gamma = 39,05^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 13

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (59,47 + 0,8/2) / (52 + 1,8/2) = 1,13.$$

$$\gamma = 48,54^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 14

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (54 + 0,8/2) / (58,02 + 1,8/2) = 0,92.$$

$$\gamma = 42,71^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 15

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (54,42 + 0,8/2) / (54,34 + 1,8/2) = 0,99.$$

$$\gamma = 44,78^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 16

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (50,43 + 0,8/2) / (40,35 + 1,8/2) = 1,23.$$

$$\gamma = 50,94^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 17

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (49,17 + 0,8/2) / (58,76 + 1,8/2) = 0,83.$$

$$\gamma = 39,72^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$



Apoyo 18

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (52,95 + 0,8/2) / (63,95 + 1,8/2) = 0,82.$$

$$\gamma = 39,44^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 20

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (48,32 + 0,8/2) / (46,89 + 1,8/2) = 1,02.$$

$$\gamma = 45,56^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 21

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (45,82 + 0,8/2) / (30,77 + 1,8/2) = 1,46.$$

$$\gamma = 55,58^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 22

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (65,27 + 0,8/2) / (52,17 + 1,8/2) = 1,24.$$

$$\gamma = 51,06^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 23

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (77,47 + 0,8/2) / (99,35 + 1,8/2) = 0,78.$$

$$\gamma = 37,84^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 24

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (67,71 + 0,8/2) / (66,42 + 1,8/2) = 1,01.$$

$$\gamma = 45,33^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 26

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (71,07 + 0,8/2) / (70,04 + 1,8/2) = 1,01.$$

$$\gamma = 45,21^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$

Apoyo 27

$$\operatorname{tg} \gamma = (P_v + E_{ca}/2) / (P_{-10^\circ C+V/2} + P_{ca}/2) = (67,99 + 0,8/2) / (118,01 + 1,8/2) = 0,58.$$

$$\gamma = 29,91^\circ$$

$$\mu = 66,87^\circ$$



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



CONCLUSIONES

En este trabajo se ha conseguido definir las modificaciones técnicas a realizar en la línea para adaptarla al nuevo conductor, principalmente a través de un software específico, mediante la comparación entre los resultados obtenidos con este software con el proyecto original se han deducido los cambios a realizar, se ha podido constatar que prácticamente la totalidad de la línea ha tenido que ser sustituida ya que los elementos anteriores que seguían siendo válidos eran muy escasos.

A modo de conclusión final sobre este Trabajo Fin de Grado puedo decir que me ha aportado una visión diferente a la estudiada en clase sobre este campo de la ingeniería, también me ha servido de recuerdo sobre cómo elaborar un proyecto, así como ver otras maneras de redacción diferentes y me ha mostrado mi capacidad de adaptación frente a imprevistos que han ido surgiendo a lo largo del proceso.

Y lo más importante, me ha permitido ver la aplicación que tiene lo aprendido a lo largo de estos cuatro años en el mundo real, que no consiste en la acumulación de grandes cantidades de datos teóricos en nuestra memoria o en la capacidad para resolver los problemas que hemos aprendido durante el grado, si no en la posibilidad pensar de una manera diferente a cuando entré en la escuela, para lograr alcanzar soluciones ante los diversos problemas que se me han ido y se me irán presentando a lo largo del tiempo.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



BIBLIOGRAFÍA

Arranz, F. (2000). Proyecto Modificación LAMT Peñafiel – Cogeces del Monte Tramo Peñafiel-Aldeyuso (Valladolid). Valladolid: Iberdrola S.A.

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.

N I 48.08.01. Norma Iberdrola. Aisladores compuestos para cadenas de líneas eléctricas de alta tensión.

N I 52.04.01. Norma Iberdrola. Postes de hormigón armado y vibrado.

N I 52.10.10. Norma Iberdrola. Crucetas de bóveda de alineación para apoyos de líneas eléctricas aéreas de tensión nominal hasta 20 kV.

N I 52.10.10. Norma Iberdrola. Crucetas rectas y semicrucetas para apoyos de líneas eléctricas aéreas de tensión nominal hasta 20 kV.

N I 52.04.01. Norma Iberdrola. Conductores desnudos de aluminio-acero para líneas eléctricas de alta tensión.

Jorge Martínez Casteller. Diseño de una línea aérea de distribución de 20 kV situada en el término municipal de Alcañiz.

Gonzalo Ferreiro Diego J (Julio de 2014). Proyecto de Línea Aérea de Media Tensión

Norma UNE-21018 Normalización de conductores desnudos a base de aluminio, para líneas eléctricas aéreas.

Norma UNE-EN ISO 207016. Postes de hormigón tipo HV y HVH para líneas eléctricas aéreas.

Norma UNE-EN ISO 207017. Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución.



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



ANEXOS

ANEXO 1	Relación de propietarios	56
ANEXO 2	Tabla de tendido del conductor aéreo	59
ANEXO 3	Planos	61
ANEXO 4	Presupuesto.....	74
ANEXO 5	Estudio básico de seguridad y salud	80
ANEXO 6	Pliego de condiciones	87



ANEXO 1

RELACIÓN DE PROPIETARIOS

Parcela	Apoyo	Propietario	Dirección	Pago	Observaciones
1	1	Iberdrola, S.A.	Valladolid	Central	Central de Peñafiel
2		Confederación Hidrográfica del Duero	Valladolid	Arenal S. Fco.	Río Duratón
3	2-3-4	Municipio	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Cañada
4		Juan Díez	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5059
5	4-5-6-7	Municipio	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Camino Los Frailes
6		María de la Villa Fernández Velasco	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5034
7		Julio Para Díez	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5040
8		Juan Díez	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5058
9		Emeterio Díez Valdezote	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5057
10		Germán Núñez Miguel	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5041
11		Catalina Núñez Zarza	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5056
12		Julio Bernabé San José	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5042
13		María Luisa Pitarch Rico	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5043
14		María Pilar San José Requejo	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5055
15	8	Julio Para Díez	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5054
16	9	Conceso Martín Velasco	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5053
17	9	Ángel Lázaro Sanz (Hermanos)	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5052
18	10	Alejandro Lerma Díez	Peñafiel	Arenal S. Fco.	Polígono 16 → Finca 5051
19	10	Municipio	Peñafiel	La Guindalera	Camino de Los Toros
20		Carmen Lerma Puertas	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5049
21		Alejandro Alonso Francisco	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5050
22	11	Alejandro Bayón Hernando	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5047
23		Municipio	Peñafiel	La Guindalera	C/ Bardobar
24	12	Carmen Lerma Puertas	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5063
25	12	Marcelino Hernando Molpereces	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5064
26	13	Felisa Cano	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5065
27	13	Matías González de la Fuente	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5066
28		Martín Benito de la Fuente	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5067

29	14	María Pilar Molpereces González	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5069
30	15	Martín Benito de la Fuente	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5070
31		Martín Benito de la Fuente	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5072
32		Mariano Arranz Benito	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5073
33		Municipio	Peñafiel	La Guindalera	C. Peñafiel -Aldeyuso
34	16-17-18	Felipe Arranz San José	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5077
35		Desconocido	Peñafiel	La Guindalera	LABT
36	19	Modesto de la Fuente Blanco	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5083
37	20	Luis de la Fuente Blanco	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5084
38	20	María de la Fuente Blanco	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5088
39		María Pilar Molpereces González	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5091
40		Flora González García	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 16 → Finca 5092
41	21	Municipio	Peñafiel	La Guindalera	Camino Chico
42	21-22	José Bayón Priantes	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 17 → Finca 5090
43		Telefónica	Madrid	La Guindalera	Línea telefónica
44		Consejería de Fomento	Valladolid	La Guindalera	C. Peñafiel-Cuellar
45	23	Bodegas Parxet , S.A.	Peñafiel	Las Asperillas	Polígono 15 → Finca 5142
46	24	Saturnino Cano Para	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5143
47	25	Petra Benito García	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 30
48		Raimundo García González	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5158
49		Germán García González	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5159
50		Ubaldo Samaniego Catalina	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5160
51	26	Marcelino García Arranz	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5163
52		Fermín Arranz Samaniego	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5164
53	27	Florentino Benito Cano	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 5179
54	28	Luis Bayón San José	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 25
55		José Bayón Priantes	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 22
56	29-30	Ezequiel Bayón Priantes	Peñafiel	La Guindalera	Polígono 15 → Finca 21



ANEXO 2

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR AÉREO

Vano	Long. (m)	Desni. (m)	V.Reg. (m)	-15°C		-10°C		-5°C		0°C		5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C	
				T(daN)	F(m)																										
1-2	114	4,85	114	652	1,06	604,3	1,14	561,2	1,23	522,6	1,32	488,3	1,42	457,9	1,51	430,9	1,6	407,1	1,7	386	1,79	367,2	1,88	350,4	1,97	335,4	2,06	321,8	2,15	309,6	2,23
2-3	84	1,16	84	749,4	0,5	684,2	0,55	623,2	0,6	566,9	0,66	516	0,73	470,6	0,8	430,9	0,87	396,4	0,95	366,7	1,02	341,1	1,1	319	1,18	299,9	1,25	283,3	1,32	268,8	1,4
3-4	84	0,75	84	749,4	0,5	684,2	0,55	623,2	0,6	566,9	0,66	516	0,73	470,6	0,8	430,9	0,87	396,4	0,95	366,7	1,02	341,1	1,1	319	1,18	299,9	1,25	283,3	1,32	268,8	1,4
4-5	102	1,42	104,12	682,1	0,81	628,4	0,88	579,5	0,95	535,4	1,03	496,2	1,11	461,5	1,2	430,9	1,28	404,1	1,37	380,6	1,45	359,9	1,54	341,6	1,62	325,3	1,7	310,8	1,78	297,9	1,86
5-6	102	-2,67	104,12	682,1	0,81	628,4	0,88	579,5	0,95	535,4	1,03	496,2	1,11	461,5	1,2	430,9	1,28	404,1	1,37	380,6	1,45	359,9	1,54	341,6	1,62	325,3	1,7	310,8	1,78	297,9	1,86
6-7	108	1,89	104,12	682,1	0,91	628,4	0,99	579,5	1,07	535,4	1,16	496,2	1,25	461,5	1,34	430,9	1,44	404,1	1,53	380,6	1,63	359,9	1,72	341,6	1,81	325,3	1,91	310,8	1,99	297,9	2,08
7-8	148	-0,5	148	571,5	2,04	541,8	2,15	514,9	2,26	490,6	2,37	468,7	2,48	448,9	2,59	430,9	2,7	414,6	2,81	399,6	2,91	386	3,02	373,4	3,12	361,9	3,22	351,2	3,32	341,4	3,41
8-9	124	0,09	148,11	571,3	1,43	541,6	1,51	514,7	1,59	490,5	1,67	468,7	1,74	448,9	1,82	430,9	1,9	414,6	1,97	399,7	2,04	386	2,12	373,5	2,19	361,9	2,26	351,3	2,33	341,4	2,39
9-10	164	2,71	148,11	571,3	2,5	541,6	2,64	514,7	2,78	490,5	2,91	468,7	3,05	448,9	3,19	430,9	3,32	414,6	3,45	399,7	3,58	386	3,7	373,5	3,83	361,9	3,95	351,3	4,07	341,4	4,19
10-11	130	-2,2	131,69	605,3	1,48	567,8	1,58	534	1,68	503,8	1,78	476,8	1,88	452,6	1,98	430,9	2,08	411,5	2,18	393,9	2,28	378,1	2,38	363,7	2,47	350,6	2,56	338,7	2,65	327,7	2,74
11-12	138	2,18	131,69	605,3	1,67	567,8	1,78	534	1,9	503,8	2,01	476,8	2,12	452,6	2,24	430,9	2,35	411,5	2,46	393,9	2,57	378,1	2,68	363,7	2,78	350,6	2,89	338,7	2,99	327,7	3,09
1-12	155	-1,7	131,69	605,3	2,11	567,8	2,25	534	2,39	503,8	2,53	476,8	2,68	452,6	2,82	430,9	2,96	411,5	3,1	393,9	3,24	378,1	3,38	363,7	3,51	350,6	3,64	338,7	3,77	327,7	3,9
13-14	128	0,72	131,69	605,3	1,44	567,8	1,53	534	1,63	503,8	1,73	476,8	1,83	452,6	1,92	430,9	2,02	411,5	2,12	393,9	2,21	378,1	2,3	363,7	2,39	350,6	2,48	338,7	2,57	327,7	2,66
14-15	129	-0,16	131,69	605,3	1,46	567,8	1,56	534	1,66	503,8	1,76	476,8	1,85	452,6	1,95	430,9	2,05	411,5	2,15	393,9	2,25	378,1	2,34	363,7	2,43	350,6	2,52	338,7	2,61	327,7	2,7
15-16	130	0,03	131,69	605,3	1,48	567,8	1,58	534	1,68	503,8	1,78	476,8	1,88	452,6	1,98	430,9	2,08	411,5	2,18	393,9	2,28	378,1	2,38	363,7	2,47	350,6	2,56	338,7	2,65	327,7	2,74
16-17	110	2,41	131,69	605,3	1,06	567,8	1,13	534	1,2	503,8	1,28	476,8	1,35	452,6	1,42	430,9	1,49	411,5	1,56	393,9	1,63	378,1	1,7	363,7	1,77	350,6	1,83	338,7	1,9	327,7	1,96
17-18	124	0,45	131,69	605,3	1,35	567,8	1,44	534	1,53	503,8	1,62	476,8	1,71	452,6	1,81	430,9	1,9	411,5	1,99	393,9	2,07	378,1	2,16	363,7	2,25	350,6	2,33	338,7	2,41	327,7	2,49
18-19	128	-2,23	131,69	605,3	1,44	567,8	1,53	534	1,63	503,8	1,73	476,8	1,83	452,6	1,92	430,9	2,02	411,5	2,12	393,9	2,21	378,1	2,3	363,7	2,39	350,6	2,48	338,7	2,57	327,7	2,66
19-20	138	0,53	154,19	560,8	1,8	533,5	1,9	508,8	1,99	486,4	2,08	466,1	2,17	447,7	2,26	430,9	2,35	415,5	2,44	401,5	2,52	388,5	2,61	376,6	2,69	365,6	2,77	355,4	2,85	345,9	2,93
20-21	92	0,74	154,19	560,8	0,8	533,5	0,84	508,8	0,88	486,4	0,92	466,1	0,96	447,7	1	430,9	1,04	415,5	1,08	401,5	1,12	388,5	1,16	376,6	1,19	365,6	1,23	355,4	1,27	345,9	1,3
21-22	126	5,11	154,19	560,8	1,51	533,5	1,58	508,8	1,66	486,4	1,74	466,1	1,81	447,7	1,89	430,9	1,96	415,5	2,03	401,5	2,1	388,5	2,17	376,6	2,24	365,6	2,31	355,4	2,38	345,9	2,44
22-23	184	12,77	154,19	560,8	3,22	533,5	3,38	508,8	3,55	486,4	3,71	466,1	3,87	447,7	4,03	430,9	4,19	415,5	4,34	401,5	4,49	388,5	4,64	376,6	4,79	365,6	4,94	355,4	5,08	345,9	5,22
23-24	184	4,74	154,19	560,8	3,21	533,5	3,37	508,8	3,54	486,4	3,7	466,1	3,86	447,7	4,02	430,9	4,18	415,5	4,33	401,5	4,48	388,5	4,64	376,6	4,78	365,6	4,93	355,4	5,07	345,9	5,21
24-25	138	4,16	154,19	560,8	1,81	533,5	1,9	508,8	1,99	486,4	2,08	466,1	2,17	447,7	2,26	430,9	2,35	415,5	2,44	401,5	2,52	388,5	2,61	376,6	2,69	365,6	2,77	355,4	2,85	345,9	2,93
25-26	165	3,85	163,5	546,5	2,65	522,5	2,77	500,7	2,89	480,9	3,01	462,7	3,13	446,1	3,24	430,9	3,36	416,9	3,47	404	3,58	392	3,69	381	3,8	370,7	3,91	361,1	4,01	352,2	4,11
26-27	173	4,72	163,5	546,5	2,91	522,5	3,05	500,7	3,18	480,9	3,31	462,7	3,44	446,1	3,57	430,9	3,69	416,9	3,82	404	3,94	392	4,06	381	4,18	370,7	4,29	361,1	4,41	352,2	4,52
27-28	150	-11,43	163,5	546,5	2,19	522,5	2,3	500,7	2,4	480,9	2,49	462,7	2,59	446,1	2,69	430,9	2,78	416,9	2,88	404	2,97	392	3,06	381	3,15	370,7	3,24	361,1	3,32	352,2	3,41
28-29	124	10,61	124	625,1	1,31	583,1	1,41	545,4	1,5	511,7	1,6	481,6	1,7	454,8	1,8	430,9	1,9	409,6	2	390,5	2,1	373,4	2,2	358	2,29	344,1	2,38	331,5	2,47	320	2,56
29-30	128	9,23	128	614,7	1,42	575,1	1,52	539,4	1,62	507,6	1,72	479,1	1,82	453,6	1,92	430,9	2,03	410,6	2,13	392,3	2,23	375,8	2,32	361	2,42	347,5	2,51	335,2	2,6	324	2,69



ANEXO 3

PLANOS



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TITULO PROYECTO:
MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN
POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN

PLANO:
PLANO DE LOCALIZACIÓN

DEPARTAMENTO:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

FECHA:
OCTUBRE-2015

N° PLANO:
1

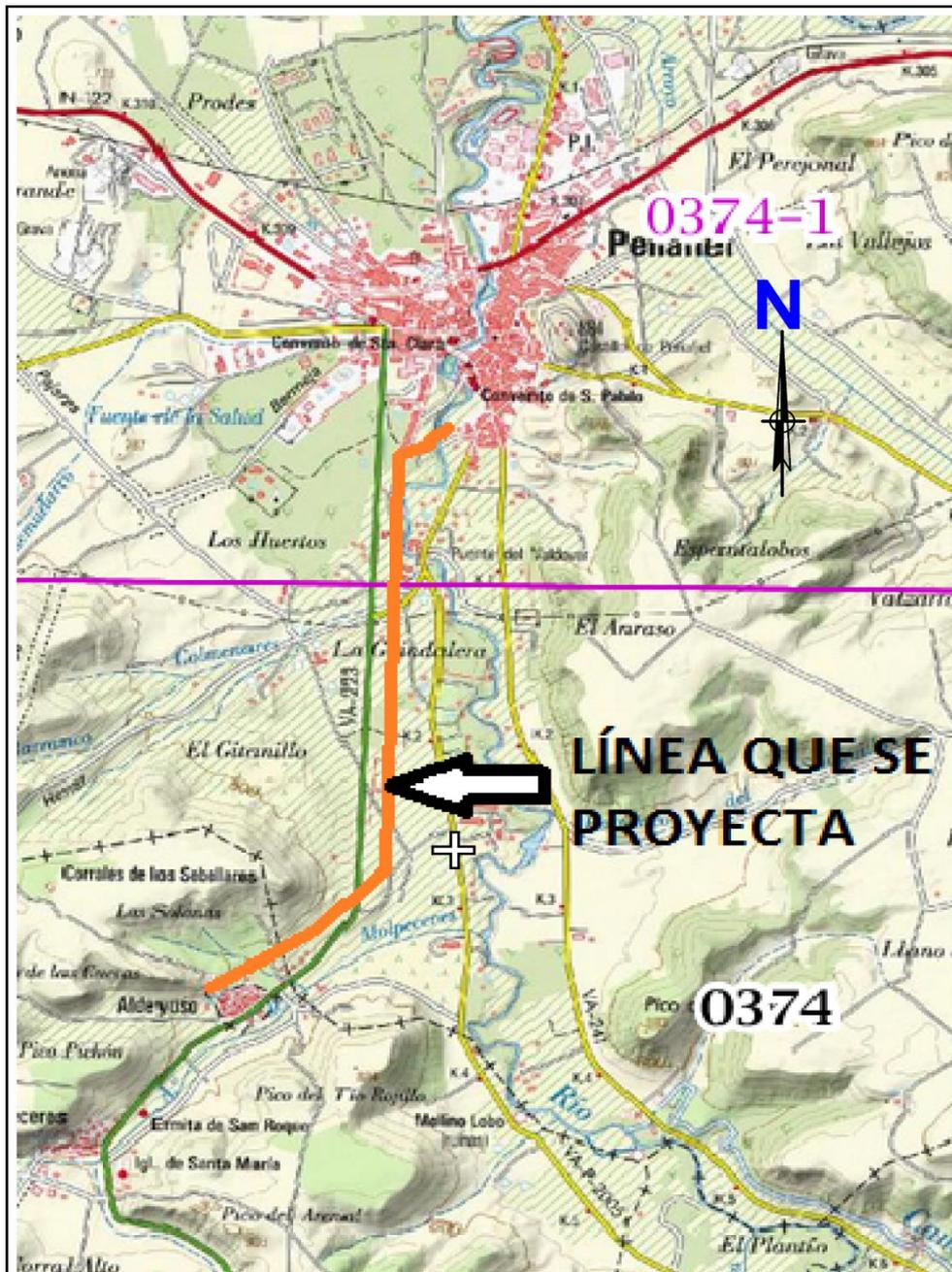
TUTOR:
FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO

ESCALA:
S/E

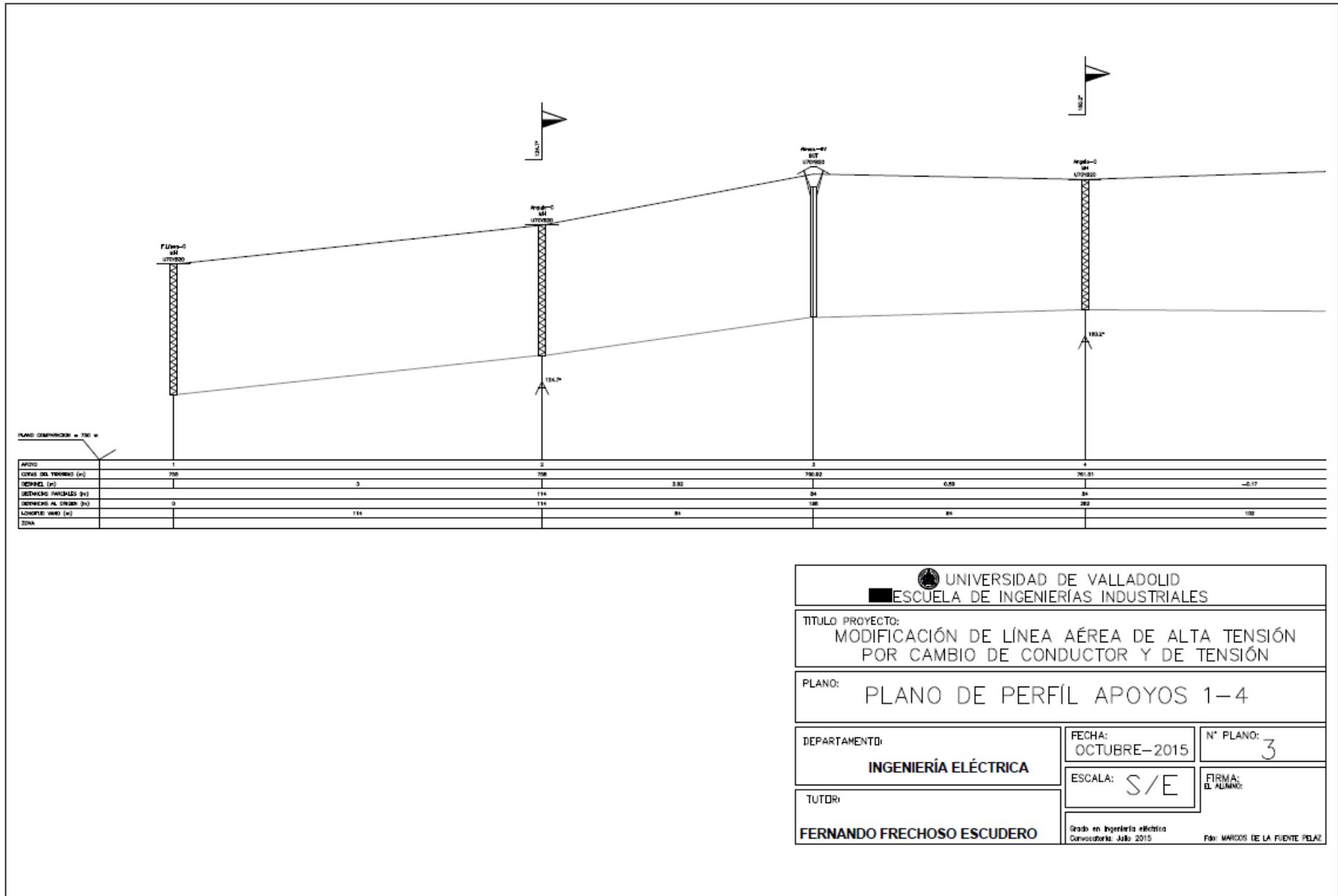
FIRMA:
EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería eléctrica
Convocatoria: Julio 2015

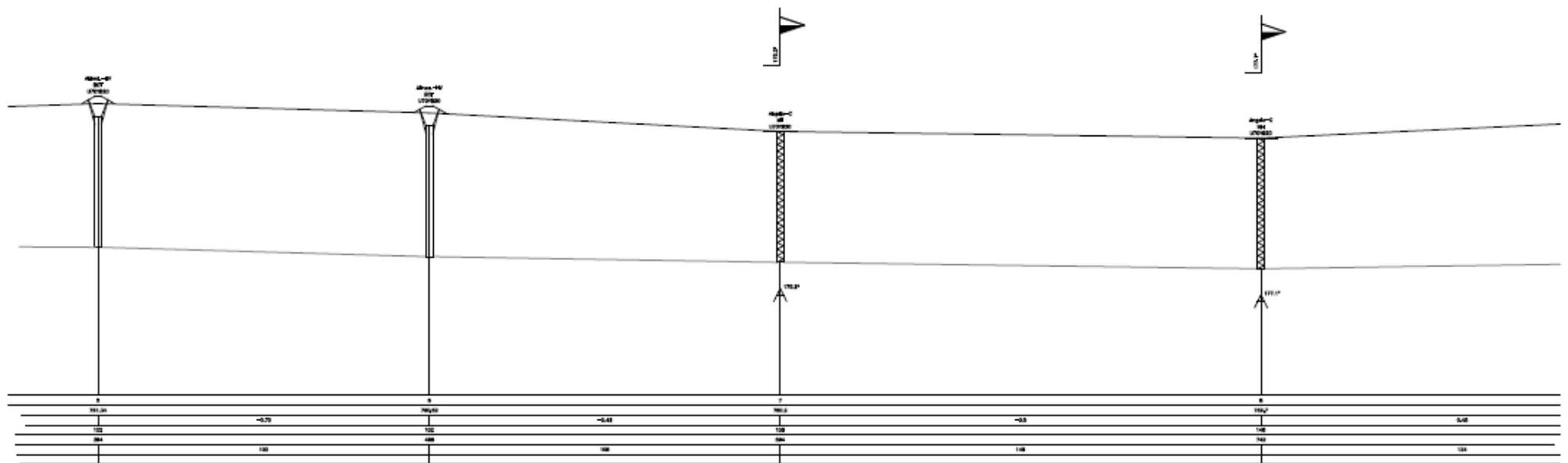
Fdo: MARCOS DE LA FUENTE PELAZ



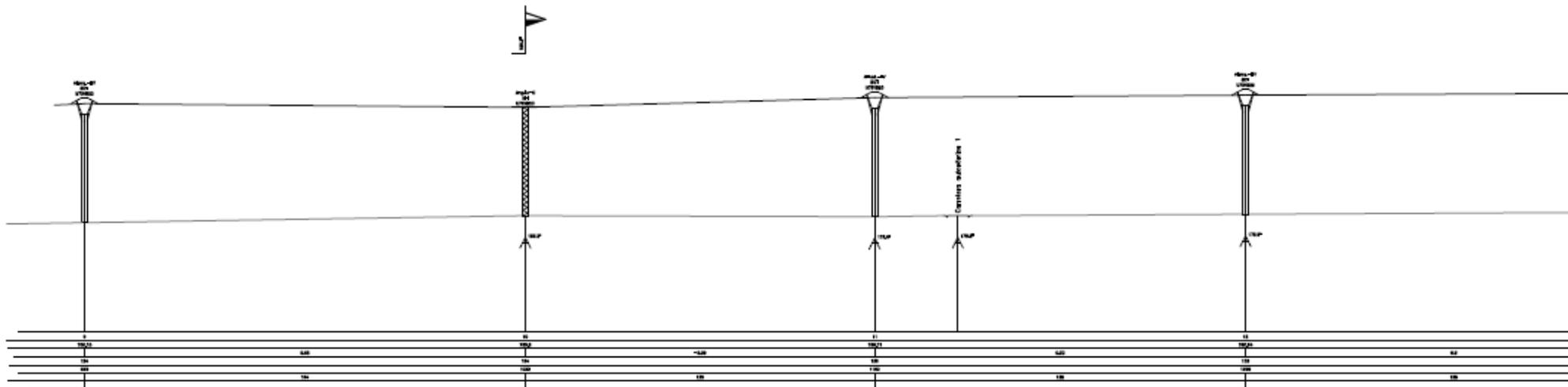
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE SITUACIÓN		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 2
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: EL ALUMNO:
Grado en Ingeniería eléctrica Convocatoria: Julio 2015		Fdo: MARCOS DE LA FUENTE PELAZ



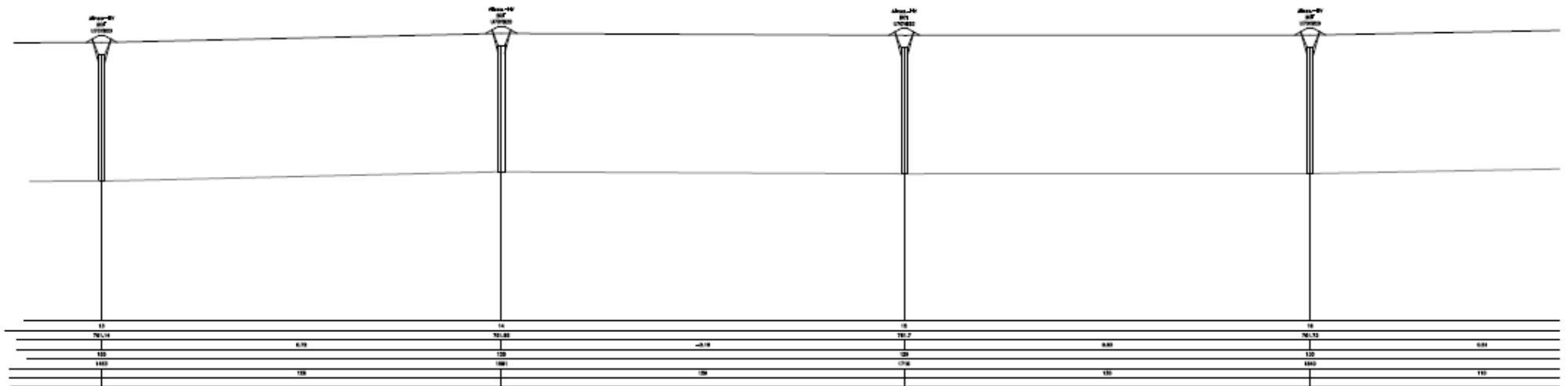
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 1-4		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 3
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: EL ALUMNO:
Grado en Ingeniería eléctrica Convocatoria: Julio 2015		Fdo: MARIOS DE LA FUENTE PELAZ



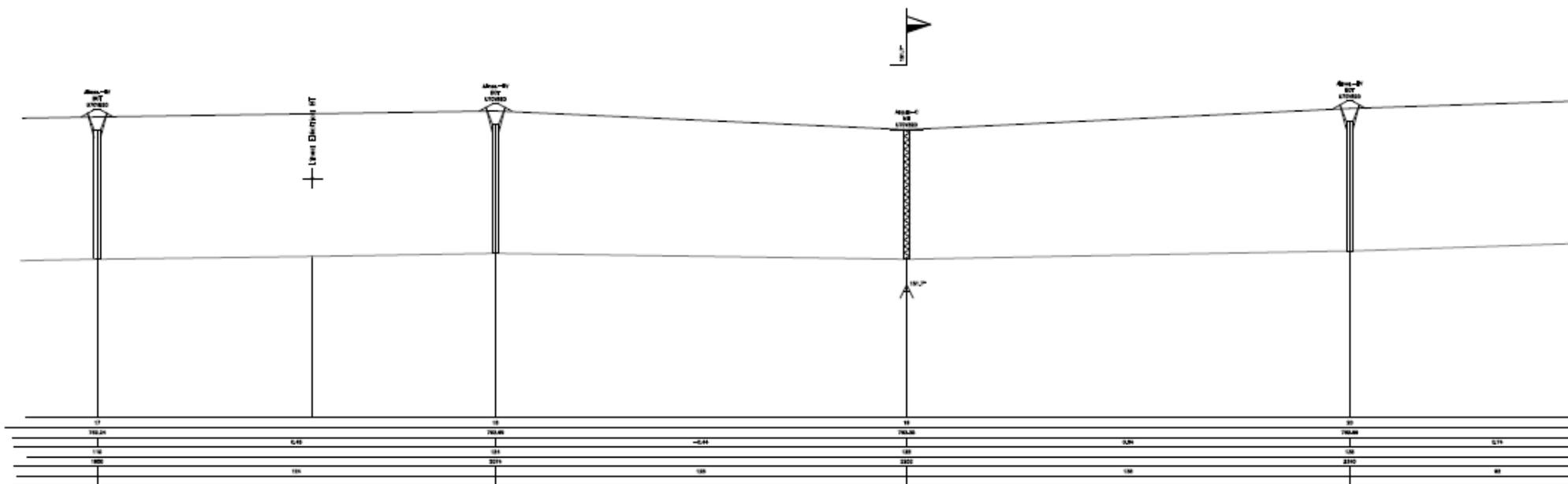
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 5-8		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 4
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: B. GARCÍA
<small>Grado de Ingeniería eléctrica Septiembre Año 2015</small>		<small>Foto: MARCOS DE LA FUENTE FELIZ</small>



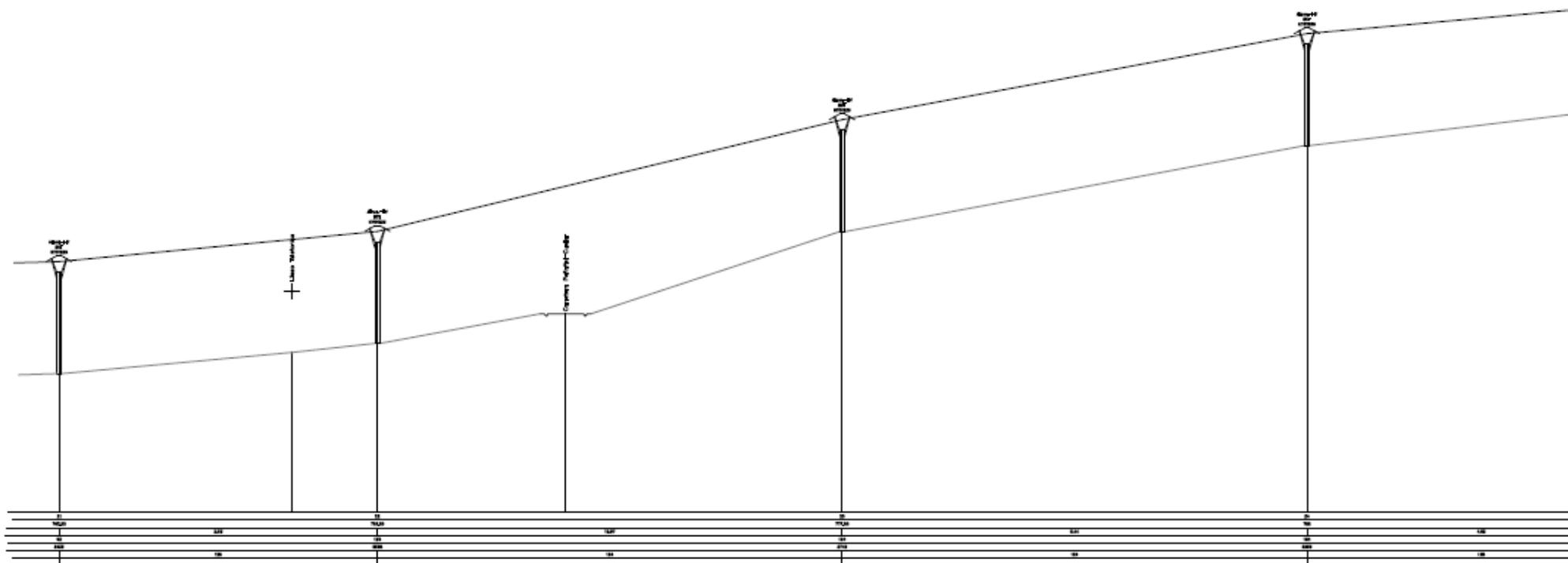
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 9-12		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 5
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	LÍNEA: 2.ª LINEA
<small> Inst. de Ingeniería eléctrica Calle: 47100 Valladolid, España </small>		



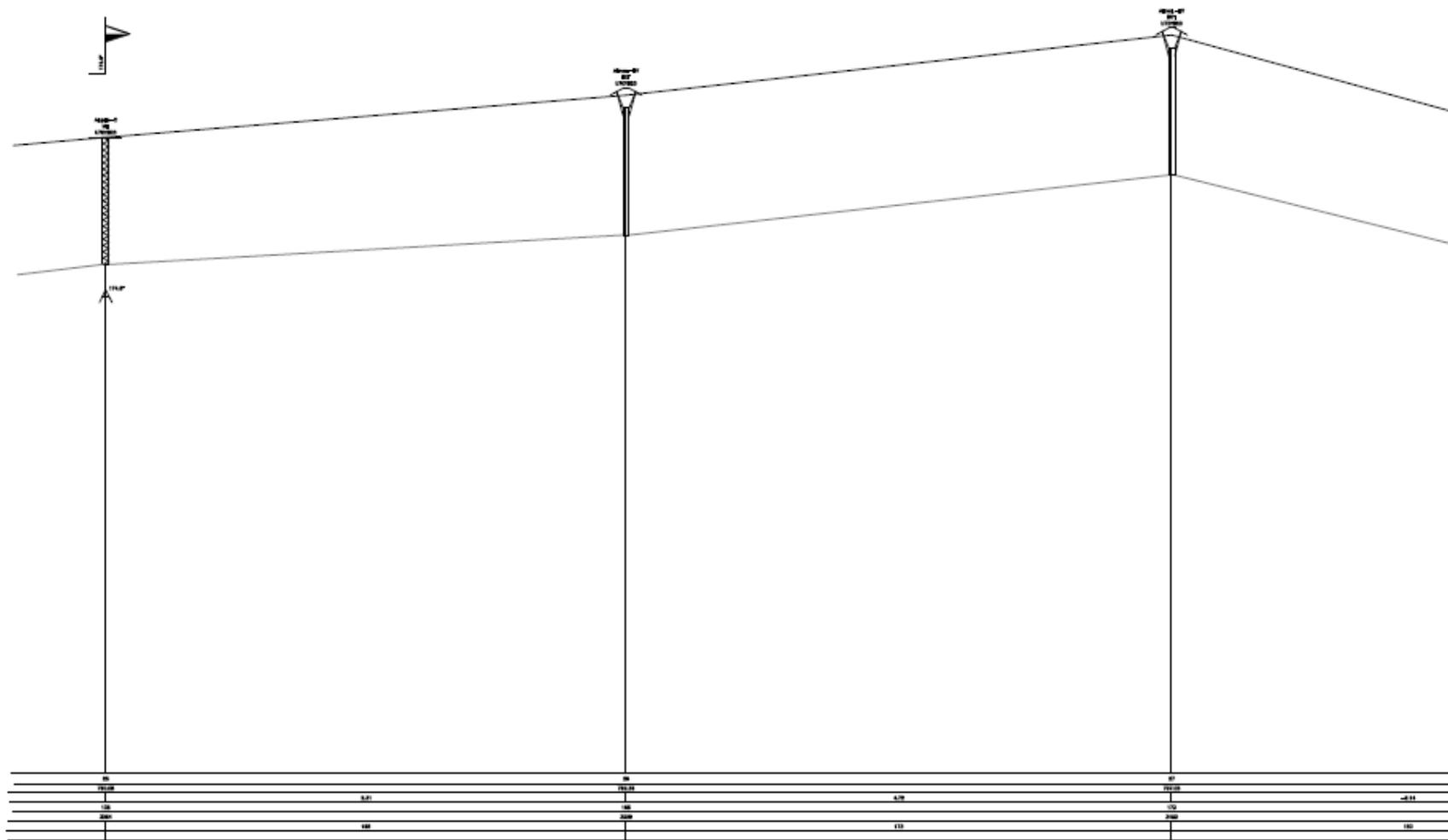
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 13-16		
DEPARTAMENTO INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	Nº PLANO: 6
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: EL ALIADO
<small>Unidad de Ingeniería eléctrica Convocatoria: Julio 2015</small>		<small>Piso: MARCOS DE LA FUENTE PELAEZ</small>



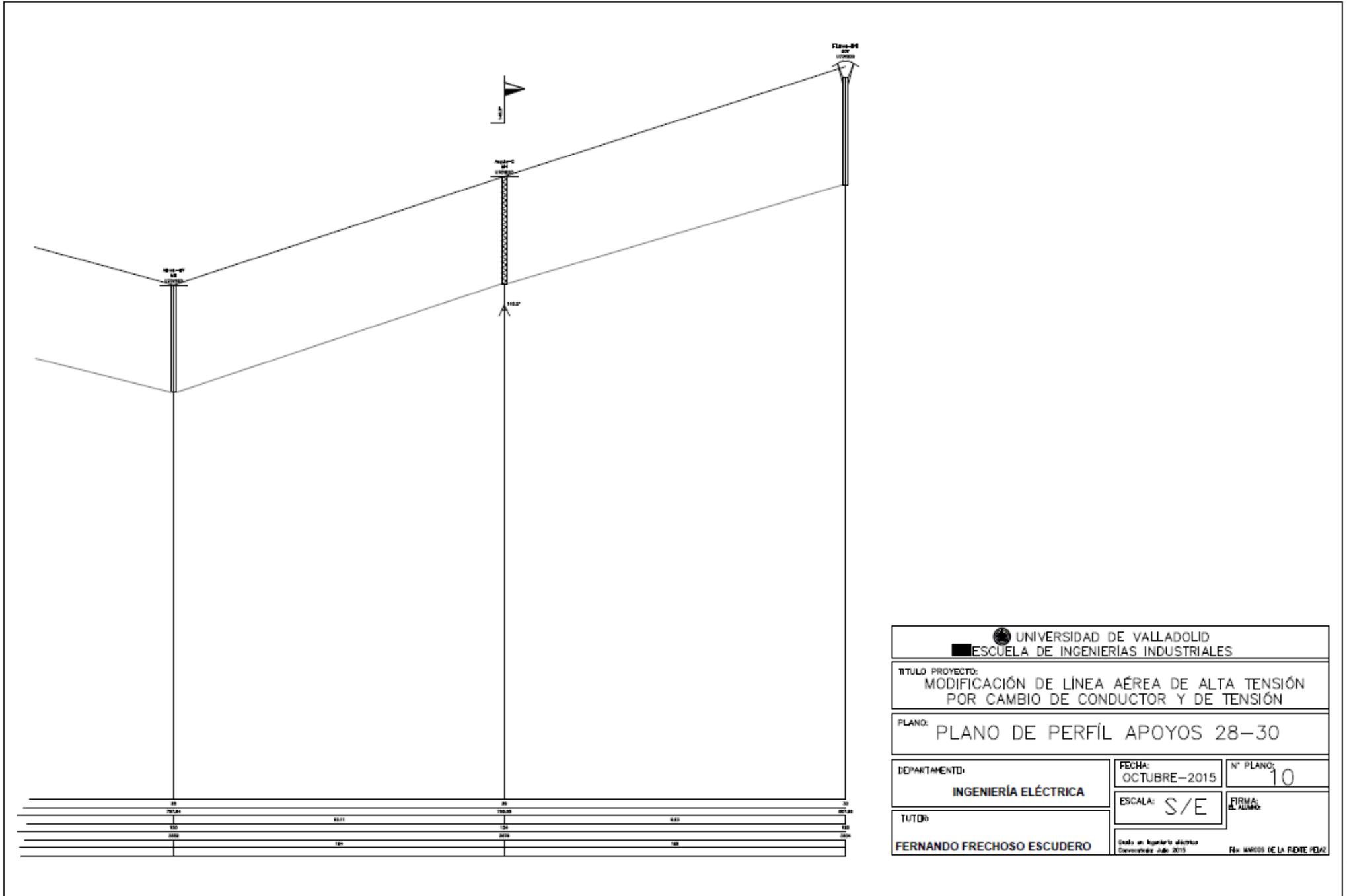
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYS 17-20		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 7
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: E. ALVARO
	<small>Grado en Ingeniería eléctrica Colección de Mayo 2015</small>	<small>Plz. SANJOSÉ DE LA PUENTE PELAZ</small>



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 21-24		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 8
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: 
<small> Grado en Ingeniería eléctrica Curso 2014-2015 PÁG. 10/103 DE 14 FOLIOS (PÁG.) </small>		



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LINEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN		
PLANO: PLANO DE PERFIL APOYOS 25-27		
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA: OCTUBRE-2015	N° PLANO: 9
TUTOR: FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	ESCALA: S/E	FIRMA: EL ALUMNO
<small> Sección de Ingeniería Eléctrica Septiembre 2015 </small>		



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
 ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO:
 MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN
 POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN

PLANO:
 PLANO DE PERFIL APOYOS 28-30

DEPARTAMENTO:
 INGENIERÍA ELÉCTRICA

FECHA:
 OCTUBRE-2015

Nº PLANO:
 10

ESCALA:
 S/E

FIRMA:
 EL ALUMNO:

TUTOR:
 FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO

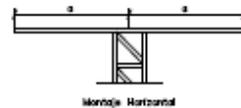
Unidad en Ingeniería eléctrica
 Convocatoria Julio 2015

Nº: 44003 (E.L.A. FRENTE PEZAS)

APOYOS	A(m)	H(m)
1	1.04	2.5
2	1.52	2.65
3	0.65	1.6
4	1.08	2.25
5	0.69	1.85
6	0.59	1.8
7	1.23	2.3
8	1.23	2.3
9	0.69	1.85
10	1.32	2.6
11	0.64	1.9
12	0.73	1.95
13	0.69	1.85
14	0.69	1.85
15	0.69	1.85
16	0.69	1.85
17	0.7	1.95
18	0.7	1.95
19	1.2	2.55
20	0.69	1.85
21	0.69	1.85
22	0.73	1.95
23	0.73	2.15
24	0.69	1.85
25	1.23	2.3
26	0.7	1.95
27	0.7	1.95
28	0.69	2.05
29	1.2	2.55
30	1.2	2.55

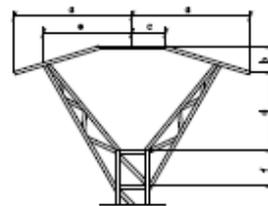
Monobloque

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES			
TÍTULO PROYECTO: MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN			
PLANO:		CIMENTACIONES	
DEPARTAMENTO:	INGENIERÍA ELÉCTRICA	FECHA:	OCTUBRE-2015
TUTOR:	FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO	Nº PLANO:	11
		ESCALA:	S/E
		FIRMA:	EL ALUMNO:
		<small>Grado en Ingeniería eléctrica Convocatoria: Julio 2015</small>	<small>Fdo: MARCOS DE LA FUENTE PLAZ</small>



Mortaja Horizontal

APOYOS	a(m)
1	1,25
2	1,25
4	1,25
7	1,5
8	1,5
10	1,5
19	1,5
25	1,5
26	1,5
29	1,25
30	1,25



Mortaja Circular Triángulo

APOYOS	a(m)	b(m)	c(m)	d(m)	e(m)	f(m)
3	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
5	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
6	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
9	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
11	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
12	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
13	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
14	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
15	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
16	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
17	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
18	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
20	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
21	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
22	2	0,55	0,8	1	1,1	
23	2	0,55	0,8	1	1,1	
24	2	0,55	0,8	1	1,1	
26	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	
27	1,5	0,45	0,8	0,75	1,1	



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TÍTULO PROYECTO:
MODIFICACIÓN DE LÍNEA AÉREA DE ALTA TENSIÓN
POR CAMBIO DE CONDUCTOR Y DE TENSIÓN

PLANO:
CRUCETAS

DEPARTAMENTO:
INGENIERÍA ELÉCTRICA

FECHA:
OCTUBRE-2015

N° PLANO:
12

TUTOR:
FERNANDO FRECHOSO ESCUDERO

ESCALA:
S/E

FIRMA:
EL ALUMNO:

Grado en Ingeniería eléctrica
Convocatoria: Julio 2015

Fdo: MARCOS DE LA FUENTE PELAZ



ANEXO 4

PRESUPUESTO



Suministro e instalación de conductores

Designación(mm ²)	Total(m)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
LA-110 (94-AL1/22-ST1A)	11428,61	9,5	108571,795

Aisladores y resto de material necesario para la instalación

Designación	Total(Ud.)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
U70YB20-1 EI,	117	72	8424

Suministro, transporte, izado e instalación de apoyos

Constitución	Esf.Util	Altura Total	Total(Ud.)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
Celosía recto	0 450	10	1	1984	1984
Celosía recto	0 450	14	1	2341	2341
Celosía recto	0 450	12	3	2002	6006
Celosía recto	0 700	12	1	3571	3571
Celosía recto	0 300	10	1	1847	1847
Celosía recto	0 300	12	3	1954	5862
Hormigón vib,	400	9	1	354	354
Hormigón vib,	630	11	10	619	6190
Hormigón vib,	630	9	1	582	582
Hormigón vib,	800	15	1	745	745
Hormigón vib,	0 100	11	1	913	913
Total					30395



Suministro e instalación de crucetas

Constitución	Esf. Max,	Dist. Cond,	Total(Ud.)	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
Horizontal	4500	1,25	4	320	1280
Horizontal	4500	1,5	5	354	1770
Horizontal	9000	1,25	1	476	476
Horizontal	1600	1,5	1	275	275
Bóveda Triang.	1600	1,57	15	321	4815
Bóveda Triang.	1600	2,07	3	356	1068
Total					9684



Excavación

Apoyo	Excav. Pozo Zap. (m ³)	N. Zapatas	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
1	2,7	1	13,2	35,64
2	6,12	1	13,2	80,784
4	2,62	1	13,2	34,584
5	0,88	1	13,2	11,616
6	0,62	1	13,2	8,184
7	3,48	1	13,2	45,936
8	3,48	1	13,2	45,936
9	0,88	1	13,2	11,616
10	4,53	1	13,2	59,796
11	0,78	1	13,2	10,296
12	1,05	1	13,2	13,86
13	0,88	1	13,2	11,616
14	0,88	1	13,2	11,616
15	0,88	1	13,2	11,616
16	0,88	1	13,2	11,616
17	0,96	1	13,2	12,672
18	0,96	1	13,2	12,672
19	3,67	1	13,2	48,444
20	0,88	1	13,2	11,616
21	0,88	1	13,2	11,616
22	1,05	1	13,2	13,86
23	1,16	1	13,2	15,312
24	0,88	1	13,2	11,616
25	3,48	1	13,2	45,936
26	0,96	1	13,2	12,672
27	0,96	1	13,2	12,672
28	0,96	1	13,2	12,672
29	3,67	1	13,2	48,444
30	3,67	1	13,2	48,444
Total				723,36



Hormigonado cimentación

Apoyo	Vol. Horm.(m ³)	N. Zapatas	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
1	3,01	1	49,7	149,597
2	6,78	1	49,7	336,966
3	0,79	1	49,7	39,263
4	2,95	1	49,7	146,615
5	1,02	1	49,7	50,694
6	0,72	1	49,7	35,784
7	3,91	1	49,7	194,327
8	3,91	1	49,7	194,327
9	1,02	1	49,7	50,694
10	5,02	1	49,7	249,494
11	0,9	1	49,7	44,73
12	1,2	1	49,7	59,64
13	1,02	1	49,7	50,694
14	1,02	1	49,7	50,694
15	1,02	1	49,7	50,694
16	1,02	1	49,7	50,694
17	1,1	1	49,7	54,67
18	1,1	1	49,7	54,67
19	4,08	1	49,7	202,776
20	1,02	1	49,7	50,694
21	1,02	1	49,7	50,694
22	1,2	1	49,7	59,64
23	1,31	1	49,7	65,107
24	1,02	1	49,7	50,694
25	3,91	1	49,7	194,327
26	1,1	1	49,7	54,67
27	1,1	1	49,7	54,67
28	1,1	1	49,7	54,67
29	4,08	1	49,7	202,776
30	4,08	1	49,7	202,776
Total				3107,741



Desmontaje de línea anterior

Concepto	Total	Pu(Euros)	Ptotal(Euros)
Postes	29	376	10904
Chatarra	7 Tn	700	4900
Aisladores	3 Tn	390	1170
Conductor	3840 m	0,59	5913,6

TOTAL PRESUPUESTO 183793,50 €

En total el presente presupuesto asciende a la cantidad de CIENTO OCHENTA Y TRES MIL SETECIENTOS NOVENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

ANEXO 5

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD



5.1 OBJETO.

El objeto de este estudio es dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de

Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los posibles riesgos laborales que puedan ser evitados, identificando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Los supuestos previstos son los siguientes:

- El presupuesto de Ejecución por Contrata es superior a 450.759,08 € (75 millones de pesetas).
- La duración estimada de la obra es superior a 30 días o se emplea a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada es superior a 500 trabajadores/día.
- Es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Al no darse ninguno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D.

1627/1997 se redacta el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Así mismo este Estudio Básico de Seguridad y Salud da cumplimiento a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de prevención de Riesgos Laborales en lo referente a la obligación del empresario titular de un centro de trabajo de informar y dar instrucciones adecuadas, en relación con los riesgos existentes en el centro de trabajo y las medidas de protección y prevención correspondientes.

En base a este Estudio Básico de Seguridad y al artículo 7 del R.D. 1627/1997, cada contratista elaborará un Plan de Seguridad y Salud en función de su propio sistema de ejecución de la obra y en el que se tendrán en cuenta las circunstancias particulares de los trabajos objeto del contrato.



5.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA OBRA.

En este punto se analizan con carácter general, independientemente del tipo de obra, las diferentes servidumbres o servicios que se deben tener perfectamente definidas y solucionadas antes del comienzo de las obras.

5.2.1 Descripción de la obra y situación.

La situación de la obra a realizar y el tipo de la misma se recogen en el documento de Memoria del presente proyecto.

5.2.2 Suministro de energía eléctrica.

El suministro de energía eléctrica provisional de obra será facilitado por la empresa constructora, proporcionando los puntos de enganche necesarios en el lugar del emplazamiento de la obra.

5.2.3 Suministro de agua potable.

El suministro de agua potable será a través de las conducciones habituales de suministro en la región, zona, etc....En el caso de que esto no sea posible, dispondrán de los medios necesarios que garanticen su existencia regular desde el comienzo de la obra.

5.2.4 Servicios higiénicos.

Dispondrá de servicios higiénicos suficientes y reglamentarios. Si fuera posible, las aguas fecales se conectarán a la red de alcantarillado, en caso contrario, se dispondrá de medios que faciliten su evacuación o traslado a lugares específicos destinados para ello, de modo que no se agrede al medio ambiente.

5.2.5 Servidumbre y condicionantes.

No se prevén interferencias en los trabajos, puesto que si la obra civil y el montaje pueden ejecutarse por empresas diferentes, no existe coincidencia en el tiempo. No obstante, de acuerdo con el artículo 3 de R.D. 1627/1997, si interviene más de una empresa en la ejecución del proyecto, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación debería ser objeto de un contrato expreso.

5.3 RIESGOS LABORABLES EVITABLES COMPLETAMENTE.

La siguiente relación de riesgos laborales que se presentan, son considerados totalmente evitables mediante la adopción de las medidas técnicas que precisen:

- Derivados de la rotura de instalaciones existentes: Neutralización de las instalaciones existentes.
- Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas: Corte del fluido, apantallamiento de protección, puesta a tierra y cortocircuito de los cables.



5.4 RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE.

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera relación se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra, y las restantes, a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

5.4.1 Toda la obra.

a) Riesgos más frecuentes:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Ambientes pulvígenos.
- Trabajos en condición de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra.
- Orden y limpieza de los lugares de trabajo.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.
- Recubrimiento, o distancia de seguridad (3 - 5 m) a líneas eléctricas de A.T.
- Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra).
- No permanecer en el radio de acción de las máquinas.
- Señalización de la obra (señales y carteles).
- Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia.
- Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura 2m.
- Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra.
- Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes.
- Extintor de polvo seco, de eficacia 21^a - 113B.
- Evacuación de escombros.
- Escaleras auxiliares.
- Información específica.
- Grúa parada y en posición veleta.

c) Equipos de protección individual:

- Cascos de seguridad.
- Calzado protector.
- Ropa de trabajo.
- Casquetes anti ruidos.
- Gafas de seguridad.
- Cinturones de protección.



5.4.2 Movimientos de tierras.

a) Riesgos más frecuentes:

- Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno.
- Caídas de materiales transportados.
- Caídas de operarios al vacío.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de máquinas.
- Ruidos, Vibraciones.
- Interferencia con instalaciones enterradas.
- Electrocutaciones.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Observación y vigilancia del terreno.
- Limpieza de bolos y viseras
- Achique de aguas
- Pasos o pasarelas
- Separación de tránsito de vehículos y operarios
- No acopiar junto al borde de la excavación
- No permanecer bajo el frente de excavación
- Barandillas en bordes de excavación (0,9 m)
- Acotar las zonas de acción de las máquinas
- Topes de retroceso para vertido y carga de vehículos

5.4.3 Montaje y puesta en tensión.

5.4.3.1 Descarga y montaje de elementos

a) Riesgos más frecuentes:

- Vuelco de la grúa.
- Atrapamientos contra objetos, elementos auxiliares o la propia carga.
- Precipitación de la carga.
- Proyección de partículas.
- Caídas de objetos.
- Contacto eléctrico.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras o ruidos de la maquinaria.
- Choques o golpes.
- Viento excesivo.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Trayectoria de la carga señalizada y libre de obstáculos.
- Correcta disposición de los apoyos de la grúa.
- Revisión de los elementos elevadores de cargas y de sus sistemas de seguridad.
- Correcta distribución de cargas.
- Prohibición de circulación bajo cargas en suspensión.
- Trabajo dentro de los límites máximos de los elementos elevadores.



- Apantallamiento de líneas eléctricas de A.T.
- Operaciones dirigidas por el jefe de equipo.
- Flecha recogida en posición de marcha.

5.4.3.2 Puesta en tensión.

a) Riesgos más frecuentes:

- Contacto eléctrico directo e indirecto en A.T. y B.T.
- Arco eléctrico en A.T. y B.T.
- Elementos candentes y quemaduras.

b) Medidas preventivas y protecciones colectivas:

- Coordinar con la empresa suministradora, definiendo las maniobras eléctricas a realizar.
- Apantallar los elementos de tensión.
- Enclavar los aparatos de maniobra.
- Informar de la situación en la que se encuentra la zona de trabajo y ubicación de los puntos en tensión más cercanos.
- Abrir con corte visible las posibles fuentes de tensión.

c) Protecciones individuales:

- Calzado de seguridad aislante.
- Herramientas de gran poder aislante.
- Guantes eléctricamente aislantes.
- Pantalla que proteja la zona facial.

5.5 TRABAJOS LABORABLES ESPECIALES.

En la siguiente relación no exhaustiva se tienen aquellos trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, estando incluidos en el

Anexo II del R.D. 1627/97.

- Graves caídas de altura, sepultamientos y hundimientos.
- En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión, se debe señalar y respetar la distancia de seguridad (5 m) y llevar el calzado de seguridad.
- Exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión.
- Uso de explosivos.
- Montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados.
- Tendido e instalación de conductores eléctricos

5.6 INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA.

La obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en el R.D. 1627/97 tales como vestuarios con asientos y taquillas individuales provistas de llave, lavabos con agua fría, caliente y espejo, duchas y retretes, teniendo en cuenta la utilización de los servicios higiénicos de forma no simultánea en caso de haber operarios de distintos sexos.

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá de un botiquín portátil debidamente señalado y de fácil acceso, con los medios necesarios para los primeros auxilios en caso de accidente y estará



a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa constructora. La dirección de la obra acreditará la adecuada formación del personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios. Así como la de un Plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y la contratación de los servicios asistenciales adecuados (Asistencia primaria y asistencia especializada)

5.7 PREVISIONES PARA TRABAJOS POSTERIORES.

El apartado 3 del artículo 6 del R.D. 1627/1997, establece que en el Estudio Básico se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

En el Proyecto de Ejecución se han especificado una serie de elementos que han sido previstos para facilitar las futuras labores de mantenimiento y reparación del edificio en condiciones de seguridad y salud, y que una vez colocados, también servirán para la seguridad durante el desarrollo de las obras.

Los elementos que se detallan a continuación son los previstos a tal fin:

- Ganchos de servicio.
- Elementos de acceso a cubierta (puertas, trampillas)
- Barandilla en cubiertas planas.
- Grúas desplazables para limpieza de fachada.
- Ganchos de ménsula (pescantes)
- Pasarelas de limpieza.

5.8 NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN LA OBRA.

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados).



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

ANEXO 6

PLIEGO DE CONDICIONES



6.1 CONDICIONES GENERALES

6.1.1 OBJETO

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

6.1.2 Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere a la construcción de redes aéreas o subterráneas de alta tensión hasta 132 kV.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

6.1.3 DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación 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”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes 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 calificación empresarial.

6.1.3.1 Condiciones facultativas legales

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

- a) Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- b) Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.



- c) Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- d) Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- e) 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.
- f) 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.
- g) 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.
- h) Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- i) 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.

6.1.3.2 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado “i” del párrafo 3.1. de este Pliego de Condiciones y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto 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 en tensión o en su proximidad, usarán ropa 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 deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en 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 casco, 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, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del 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, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

6.1.3.3 Seguridad publica

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., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

6.1.4 ORGANIZACION DEL TRABAJO

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

6.1.4.1 Datos de la obra

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

El Contratista podrá tomar nota o 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 obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su 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 sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

6.1.4.2 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 los mismos.

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

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

6.1.4.3 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 o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

6.1.4.4 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.

6.1.4.5 Organización



El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u 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 órdenes 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 en el 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 se dará cuenta posteriormente.

6.1.4.6 Facilidades para la inspección

El Contratista proporcionará al Director de Obra o Delegados y colaboradores, toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

6.1.4.7 Ensayos

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse para comprobar si los materiales reúnen las condiciones exigibles, se verificarán por la Dirección Técnica, o bien, si ésta lo estima oportuno, por el correspondiente Laboratorio Oficial.

Todos los gastos de pruebas y análisis serán de cuenta del Contratista.



6.1.4.8 Limpieza y seguridad en las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus inmediaciones de escombros y materiales, y hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean precisas, así como adoptar las medidas y ejecutar los trabajos necesarios para que las obras ofrezcan un buen aspecto a juicio de la Dirección técnica.

Se tomarán las medidas oportunas de tal modo que durante la ejecución de las obras se ofrezca seguridad absoluta, en evitación de accidentes que puedan ocurrir por deficiencia en esta clase de precauciones; durante la noche estarán los puntos de trabajo perfectamente alumbrados y cercados los que por su índole fueran peligrosos.

6.1.4.9 Medios auxiliares

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren explícitamente consignadas en presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

6.1.4.10 Ejecución de las 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 o modificación 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 en 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.



6.1.4.11 Subcontratación de las 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:

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

En cualquier caso el Contratista no quedará 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.

6.1.4.12 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 señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto 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.



6.1.4.13 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 representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho 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 con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces 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 a 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.

6.1.4.14 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el 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 o mala calidad de los materiales.

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

6.1.4.15 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.



6.1.4.16 Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure 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, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

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 otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

6.1.4.17 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca 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 de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

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

6.1.5 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.



6.2 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA OBRA CIVIL Y MONTAJE DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN

6.2.1 Objeto y campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de líneas aéreas de 3ª categoría, especificadas en el correspondiente proyecto.

Estas obras se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la construcción de las líneas aéreas de alta tensión hasta 25 kV con apoyos metálicos y de hormigón.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

6.2.2 Ejecución del trabajo

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

6.2.2.1 Replanteo de los apoyos

Como referencia para determinar la situación de los ejes de las cimentaciones, se dará a las estaquillas la siguiente disposición:

- a) Una estaquilla para los apoyos de madera.
- b) Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en alineación, aun cuando sean de amarre.
- c) Cinco estaquillas para los apoyos de ángulo; las estaquillas se dispondrán en cruz según las direcciones de las bisectrices del ángulo que forma la línea y la central indicará la proyección vertical del apoyo.

Se deberán tomar todas las medidas con la mayor exactitud, para conseguir que los ejes de las excavaciones se hallen perfectamente situados y evitar que haya necesidad de rasgar las paredes de los hoyos, con el consiguiente aumento en el volumen de la fundación que sería a cargo de la Contrata.

6.2.2.2 Apertura de hoyos

- Excavación: Se refiere a la excavación necesaria para los macizos de las fundaciones de los apoyos, en cualquier clase de terreno. Esta unidad de obra comprende la retirada de la tierra y relleno de la excavación resultante después del hormigonado, suministro de explosivos, agotamiento de aguas,



entibado y cuantos elementos sean en cada caso necesarios para su ejecución.

- Explanación: Comprende la excavación a cielo abierto, con el fin de dar salida a las aguas y nivelar el terreno en el que se coloca el apoyo, comprendiendo el suministro de explosivos, herramientas y cuantos elementos sean necesarios para su ejecución.

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

Si por cualquier causa se originase un aumento en el volumen de la excavación, ésta será por cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico. Cuando sea necesario variar las dimensiones de la excavación, se hará de acuerdo con la Dirección Técnica.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar el menor tiempo posible abiertas las excavaciones, con objeto de evitar accidentes. Las excavaciones de los fosos para las cimentaciones deberán ejecutarse de tal forma que no queden fosos abiertos a una distancia de más de 3 km. para las líneas con apoyos metálicos y a 1 km. para las líneas de hormigón y madera, por delante del equipo encargado del hormigonado o del equipo de izado de apoyos según queden o no hormigonados los apoyos. En el caso de que, por la naturaleza de la obra, esto no se pueda cumplir, deberá ser consultada la Dirección Técnica. Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, tomándose las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por las aguas. En el caso de que penetrase agua en fosos, ésta deberá ser achicada antes del relleno de hormigón.

Cuando se efectúen trabajos de desplazamiento de tierras, la capa vegetal arable será separada de forma que pueda ser colocada después en su yacimiento primitivo, volviéndose a dar de esta forma su estado de suelo cultivable. La tierra sobrante de las excavaciones que no pueda ser utilizada en el relleno de los fosos, deberá quitarse allanando y limpiando el terreno que circunde el apoyo. Dicha tierra deberá ser transportada a un lugar donde al depositarla no ocasione perjuicio alguno.

En terrenos inclinados, se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel medio antes citado. La explanación se prolongará hasta 30 cm., como mínimo, por fuera de la excavación, prolongándose después con el talud natural de la tierra circundante, con el fin de que los montantes del apoyo no queden recubiertos de tierra.



Las excavaciones se realizarán con 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 el riesgo de desprendimiento en las paredes del hoyo, aumentando así las dimensiones del mismo.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de los fosos, su manipulación, almacenaje, transporte, etc., deberá ajustarse en todo a las disposiciones vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajos. En la excavación con empleo de 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. Igualmente se cuidará que la roca no sea dañada, debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no formen bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

6.2.2.3 Transporte, acarreo y acopio a pie de hoyo

Los apoyos no serán arrastrados ni golpeados. Se tendrá especial cuidado en su manipulación ya que un golpe puede torcer o romper cualquiera de los perfiles que lo componen, en cuyo caso deberán ser reparados antes de su izado o armado.

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

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.

6.2.2.4 Cimentaciones

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones, incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.



La cimentación de los apoyos se realizará de acuerdo con el Proyecto. Se empleará un hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/cm².

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.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm. como mínimo en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. 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 como vierte-aguas.

Para los apoyos de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm por encima del nivel del suelo, y se les dará una ligera pendiente como vierte-aguas.

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

6.2.2.4.1 Arena

Puede proceder de ríos, arroyos y canteras. Debe ser limpia y no contener impurezas orgánicas, arcillosas, carbón, escorias, yeso, mica o feldespato. Se dará preferencia a la arena cuarzosa, la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará según el ensayo siguiente: De la muestra del árido mezclado se separará con el tamiz de 5 mm 100 cm³ de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio graduado hasta 300 cm³. Una vez llena de agua hasta la marca de 150 cm³ se agitará fuertemente tapando la boca con la mano; hecho esto se dejará sedimentar durante una hora. En estas condiciones el volumen aparente de arcilla no superará el 8 %.

La proporción de materias orgánicas se determina mezclando 100 cm³ de arena con una solución de sosa al 3 % hasta completar 150 cm³. Después de 24 horas, el líquido deberá quedar sin coloración, o presentar como máximo un color amarillo pálido.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación (en peso):

1 parte de cemento
3 partes de arena



Esta probeta de mortero conservada en agua durante siete días deberá resistir a la tracción en la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 kg/cm². Toda arena que sin contener materias orgánicas no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada.

En obras de pequeña importancia, se puede emplear el procedimiento siguiente para determinar la calidad de la arena: Se toma un poco de arena y se aprieta con la mano, si es silíceo y limpia debe crujir. La mano ha de quedar, al tirar la arena, limpia de arcilla y barro.

6.2.2.4.2 Grava

Podrá proceder de canteras o de graveras de río, y deberá estar limpia de materias extrañas como limo o arcilla, no conteniendo más de un 3 % en volumen de cuerpos extraños inertes.

Se prohíbe el empleo de revoltón, o sea, piedra y arenas unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. Deberá ser de tamaño comprendido entre 2 y 6 cm., no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño.

6.2.2.4.3 Cemento

Se empleará cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento existentes en el mercado, en envases de papel de 50 kg netos.

En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico.

Previa autorización de la Dirección Técnica podrán utilizarse cementos especiales, en aquellos casos que lo requieran.

6.2.2.4.4 Agua

Son admisibles, sin necesidad de ensayos previos, todas las aguas que sean potables y aquellas que procedan de río o manantial, a condición de que su mineralización no sea excesiva.

Se prohíbe el empleo de aguas que procedan de ciénagas, o estén muy cargadas de sales carbonosas o selenitosas.

6.2.2.4.5 Hormigón

El amasado de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento; en el segundo caso se hará sobre chapa metálica de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena,



añadiéndose a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla, debiendo quedar ésta de color uniforme; si así no ocurre, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la uniformidad; una vez conseguida se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter al hoyo.

Se empleará hormigón cuya dosificación sea de 200 kg/m^3 . La composición normal de la mezcla será:

Cemento: 1
Arena: 3
Grava: 6

La dosis de agua no es un dato fijo, y varía según las circunstancias climatológicas y los áridos que se empleen.

El hormigón obtenido será de consistencia plástica, pudiéndose comprobar su docilidad por medio del cono de Abrams. Dicho cono consiste en un molde tronco-cónico de 30 cm. de altura y bases de 10 y 20 cm. de diámetro. Para la prueba se coloca el molde apoyado por su base mayor, sobre un tablero, llenándolo por su base menor, y una vez lleno de hormigón y enrasado se levanta dejando caer con cuidado la masa. Se mide la altura H del montón formado y en función de ella se conoce la consistencia:

<u>Consistencia</u>	<u>H (cm.)</u>
Seca	30 a 28
Plástica	28 a 20
Blanda	20 a 15
Fluida	15 a 10

En la prueba no se utilizará árido de más de 5 cm.

6.2.2.4.6 Ejecución de las cimentaciones

La ejecución de las cimentaciones se realizará de acuerdo con el Proyecto.

Los encofrados serán mojados antes de empezar el hormigonado. En tiempos de heladas deberán suspenderse los trabajos de hormigonado; no obstante, si la urgencia de la obra lo requiere, puede proseguirse el hormigonado, tomando las debidas precauciones, tales como cubrir el hormigón que está fraguando por medio de sacos, paja, etc. Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado, al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua, barriéndola con escobas metálicas y cubriendo después la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido. Los macizos sobrepasarán el nivel del suelo en 10 cm, como mínimo, en terrenos normales, y 20 cm en terreno de cultivo. 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, como vierte-aguas. Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto deberá salir unos 30 cm bajo el nivel del suelo y, en la parte superior de la cimentación, junto a un angular o montante.

La manera de ejecutar la cimentación será la siguiente:

a) Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado, de 25 cm de espesor, de manera que teniendo el poste un apoyo firme y limpio, se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón.

b) Al día siguiente se colocará sobre él la base del apoyo o el apoyo completo, según el caso, nivelándose cuidadosamente el plano de unión de la base con la estructura exterior del apoyo, en el primer caso, o bien, se aplomará el apoyo completo, en el segundo caso, inmovilizando dichos apoyos por medio de vientos.

c) Cuando se trate de apoyos de ángulo o final de línea, se dará a la superficie de la base o al apoyo una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de las fuerzas producidas por los conductores.

d) Después se rellenará de hormigón el foso, o bien se colocará el encofrado en las que sea necesario, vertiendo el hormigón y apisonándolo a continuación.

e) Al día siguiente de hormigonada la fundación, y en caso de que tenga encofrado lateral, se retirará éste y se rellenará de tierra apisonada el hueco existente entre el hormigón y el foso.

f) En los recorridos, se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno. Estos recorridos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.

6.2.2.5 Armado e izado de apoyos

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son el armado, izado y aplomado de los apoyos, incluido la colocación de crucetas y el anclaje, así como el herramental y todos los medios necesarios para esta operación.

Antes del montaje en serie de los apoyos, se deberá realizar un muestreo (de al menos el 10 %), montándose éstos con el fin de comprobar si tienen un error sistemático de construcción que convenga ser corregido por el constructor de los apoyos, con el suficiente tiempo.

El armado de estos 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 necesiten su sustitución o su modificación, el Contratista lo notificará a la Dirección Técnica.

No se empleará ningún elemento metálico doblado, torcido, etc. Sólo podrán enderezarse previo consentimiento del Director de Obra. En el caso de rotura de barras y rasgado de taladros, por cualquier causa, el Contratista tiene la obligación de proceder al cambio de los elementos rotos, previa autorización de la Dirección Técnica.

El criterio de montaje del apoyo será el adecuado al tipo del mismo, y una vez instalado dicho apoyo, deberá quedar vertical, salvo en los apoyos de fin de línea o ángulo, que se le dará una inclinación del 0,5 al 1 % en sentido opuesto a la resultante de los esfuerzos producidos por los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2 %.

El procedimiento de levante será determinado por la Contrata, el cual deberá contar con la aprobación de la Dirección Técnica. Todas las herramientas que se utilicen en el izado, se hallarán en perfectas condiciones de conservación y serán las adecuadas.

En el montaje e izado de los apoyos, como observancia principal de realización ha de tenerse en cuenta que ningún elemento sea solicitado por esfuerzos capaces de producir deformaciones permanentes.

Los postes metálicos o de hormigón con cimentación, por tratarse de postes pesados, se recomienda que sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

El izado de los apoyos de hormigón sin cimentación se efectuará con medios mecánicos apropiados, no instalándose nunca en terrenos con agua. Para realizar la sujeción del apoyo se colocará en el fondo de la excavación un lecho de piedras. A continuación se realiza la fijación del apoyo, bien sobre toda la profundidad de la excavación, bien colocando tres coronas de piedra formando cuñas, una en el fondo de la excavación, la segunda a la mitad de la misma y la tercera a 20 cm, aproximadamente, por debajo del nivel del suelo. Entre dichas cuñas se apisonará convenientemente la tierra de excavación.

Una vez terminado el montaje del apoyo, se retirarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas.

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. Una vez que se haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, se procederá al graneteado de



los tornillos, con el fin de impedir que se aflojen.

Terminadas todas las operaciones anteriores, y antes de proceder al tendido de los conductores, la Contrata dará aviso para que los apoyos montados sean recepcionados por la Dirección Técnica.

6.2.2.6 Protección de las superficies metálicas

Todos los elementos de acero deberán estar galvanizados por inmersión.

6.2.2.7 Tendido, tensado y engrapado de los conductores

Los trabajos comprendidos en este epígrafe son los siguientes:

- Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores.
- Tendido de los conductores, tensado inicial, regulado y engrapado de los mismos.

Comprende igualmente el suministro de herramental y demás medios necesarios para estas operaciones, así como su transporte a lo largo de la línea.

6.2.2.7.1 Colocación de aisladores

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado.

Cuando se trate de cadenas de aisladores, se tomarán todas las precauciones para que éstos no sufran golpes, ni entre ellos ni contra superficies duras, y su manejo se hará de forma que no flexen.

En el caso de aisladores rígidos se fijará el soporte metálico, estando el aislador en posición vertical invertida.

6.2.2.7.2 Tendido de los conductores

No se comenzará el tendido de un cantón si todos los postes de éste no están recepcionados. De cualquier forma, 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 amarre, salvo indicación en contrario de la Dirección Técnica.

El tendido de los conductores debe realizarse de tal forma que se eviten



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

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

Para el tendido se instalarán 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 arriostramiento, para evitar deformaciones o fatigas anormales de crucetas, apoyos y cimentaciones. En particular en los apoyos de ángulo y anclaje.

Se dispondrán, al menos, de un número de poleas igual a tres veces el número de vanos del cantón más grande. Las gargantas de las poleas de tendido serán de aleación de aluminio, madera o teflón y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor.

Cuando se haga el tendido sobre vías de comunicación, se establecerán protecciones especiales, de carácter provisional, que impida la caída de dichos conductores sobre las citadas vías, permitiendo al mismo tiempo el paso por las mismas sin interrumpir la circulación. Estas protecciones, aunque de carácter provisional, deben soportar con toda seguridad los esfuerzos anormales que por accidentes puedan actuar sobre ellas. En caso de cruce con otras líneas (A.T., B.T. o de comunicaciones) también deberán disponerse la protecciones necesarias de manera que exista la máxima seguridad y que no se dañen los conductores durante su cruce. Cuando hay que dejar sin tensión una línea para ser cruzada, deberán estar preparadas todas las herramientas y materiales con el fin de que el tiempo de corte se reduzca al mínimo y no se cortarán hasta que todo esté preparado.

Cuando el cruzamiento sea con una línea eléctrica (A.T. y B.T.), una vez conseguido del propietario de la línea de corte, se tomarán las siguientes precauciones:

- Comprobar que estén abiertas, con corte visible, todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de un cierre intempestivo.
- Comprobar el enclavamiento o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- Reconocimiento de la ausencia de tensión.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.



- Colocar las señales de seguridad adecuadas delimitando las zonas de trabajo.

Para poder cumplimentar los puntos anteriores, el Contratista deberá disponer, y hacer uso, de detector de A.T. adecuado y de tantas puestas a tierra y en cortocircuito como posibles fuentes de tensión.

Si existe arbolado que pueda dañar a los conductores, y éstos a su vez a los árboles, dispondrán de medios especiales para que esto no ocurra.

Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño al conductor, el Contratista deberá desplazar a un operario con los medios necesarios para que aquél no sufra daños.

Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el Contratista deberá consultar con la Dirección Técnica la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores podrán efectuarse por el sistema de manguitos de torsión, máquinas de husillo o preformados, según indicación previa de la Dirección Técnica y su colocación se hará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el vigente Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión. Todos los empalmes deberán ser cepillados cuidadosamente para asegurar la perfecta limpieza de las superficies a unir, no debiéndose apoyar sobre la tierra estas superficies limpias, para lo que se recomienda la utilización de tomas.

El Contratista será el responsable de las averías que se produzcan por la no observancia de estas prescripciones.

6.2.2.7.3. Tensado, regulado y engrapado de los conductores

Previamente al tensado de los conductores, deberán ser venteados los apoyos primero y último del cantón, de modo que se contrarresten los esfuerzos debidos al tensado.

Los mecanismos para el tensado de los cables podrán ser los que la Contrata estime, con la condición de que se coloquen a distancia conveniente del apoyo de tense, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes del cable a su paso por la polea no sea inferior a 150° .

La Dirección Técnica facilitará al Contratista, para cada cantón, el vano de regulación y las flechas de este vano para las temperaturas habituales en esa época, indicando los casos en que la regulación no pueda hacerse por tablillas y sea necesario el uso de taquímetro.



Antes de regular el cable se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos.

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, la altura mínima de los conductores, en el caso más desfavorable de toda la línea, indicando la temperatura a que fue medida. Igualmente facilitará en todos los vanos de cruzamiento.

El afino y comprobación del regulado se realizará siempre por la flecha.

En el caso de cantones de varios vanos, después del tensado y regulado de los conductores, se mantendrán éstos sobre las 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.

Si una vez engrapado el conductor se comprueba que la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la flecha no es la que debía resultar, se volverá a engrapar, y si el conductor no se ha dañado se cortará el trozo que la Dirección Técnica marque, ejecutándose los manguitos correspondientes.

En los puentes flojos deberán cuidar su distancia a masa y la verticalidad de los mismos, así como su homogeneidad. Para los empalmes que se ejecuten en los puentes flojos se utilizarán preformados.

En las operaciones de engrapado se cuidará especialmente la limpieza de su ejecución, empleándose herramientas no cortantes, para evitar morder los cables de aluminio.

Si hubiera alguna dificultad para encajar entre sí o con el apoyo algún elemento de los herrajes, éste no deberá ser forzado con el martillo y debe ser cambiado por otro.

Al ejecutar el engrapado en las cadenas de suspensión, se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto. En el caso de que sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas, este desplazamiento no se hará a golpe de martillo u otra herramienta; se suspenderá el conductor, se dejará libre la grapa y ésta se correrá a mano hasta donde sea necesario. La suspensión del cable se hará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen el cable.

El apretado de los estribos se realizará de forma alternativa para conseguir una presión uniforme de la almohadilla sobre el conductor, sin forzarla, ni menos romperla. El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.



6.2.2.8 Reposición del terreno

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

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

6.2.2.9 Numeración de apoyos. Avisos de peligro eléctrico

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

La placa de señalización de "Riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura suficiente para que no se pueda quitar desde el suelo.

Estas indicaciones cumplirán la normativa existente sobre señalizaciones de seguridad.

6.2.2.10 Tomas de tierra

El trabajo detallado en este epígrafe comprende la apertura y cierre del foso y zanja para la hinca del electrodo (o colocación del anillo), así como la conexión del electrodo, o anillo, al apoyo a través del macizo de hormigón.

Podrá efectuarse por cualquiera de los dos sistemas siguientes: Electrodo de difusión o Anillos cerrados. Cuando los apoyos soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra, deberán disponer de tomas de tierra de tipo de anillos cerrados.

6.2.2.10.1 Electrodo de difusión

Cada apoyo dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios para obtener una resistencia de difusión no superior a 20 ohmios, los cuales se conectarán entre sí y al apoyo por medio de un cable de cobre de 35 mm² de sección, pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno.

Al pozo de cada electrodo se le dará una profundidad tal que el extremo superior de cada uno, ya hincado, quede como mínimo a 0,50 m. por debajo de la superficie del terreno. A esta profundidad irán también los cables de conexión entre los electrodos y el apoyo.

Los electrodos deben quedar aproximadamente a unos 80 cm. del



macizo de hormigón. Cuando sean necesarios más de un electrodo, la separación entre ellos será, como mínimo, vez y media la longitud de uno de ellos, pero nunca quedarán a más de 3 m. del macizo de hormigón.

6.2.2.10.2 Anillo cerrado

La resistencia de difusión no será superior a 20 ohmios, para lo cual se dispondrá de tantos electrodos de difusión como sean necesarios con un mínimo de dos electrodos.

El anillo de difusión estará realizado con cable de cobre de 35 mm², pudiendo admitirse dos cables de acero galvanizado de 50 mm² de sección cada uno. Igual naturaleza y sección tendrán los conductores de conexión al apoyo.

El anillo estará enterrado a 50 cm. de profundidad y de forma que cada punto del mismo quede distanciados 1 m., como mínimo, de las aristas del macizo de cimentación.

6.2.2.10.3 Comprobación de los valores de resistencia de difusión

El Contratista facilitará a la Dirección Técnica, para su comprobación, los valores de resistencia de puesta a tierra de todos y cada uno de los apoyos.

6.2.3. 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.

6.2.3.1 Reconocimiento y admisión 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 este Pliego de Condiciones.

6.2.3.2 Apoyos

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

Los apoyos metálicos estarán contruidos con perfiles laminados de acero según Norma UNE 207017.

6.2.3.3 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.

6.2.3.4 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.

6.2.3.5 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.



6.2.4 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 la toma de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

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

6.2.4.1 Calidad de cimentaciones

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.

6.2.4.2 Tolerancias de ejecución

- Desplazamiento de apoyos sobre su alineación.

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo, es decir la distancia entre el eje de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a $D/100 + 10$, 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 y no deben aparecer riesgos de ahorcamientos, ni esfuerzos longitudinales superiores a los previstos en alineación.

- Verticalidad de los apoyos.

En apoyos de alineación se admite una tolerancia del 0,2 % sobre la altura del apoyo. En los demás igual tolerancia sobre la posición definida en el apartado 2.5.



- Tolerancia de regulación.

Los errores admitidos en las flechas serán:

De +- 2,5 % en el conductor que se regula con respecto a la teórica.

De +- 2,5 % entre dos conductores situados en planos verticales.

De +- 4 % entre dos conductores situados en planos horizontales.

Estos errores se refieren a los apreciados antes de presentarse la afluencia. Dicho fenómeno sólo afecta al primero de los errores, o sea, la flecha real de un conductor con relación a la teórica, por lo que deberá tenerse presente al comprobar las flechas al cabo de un cierto tiempo del tendido.