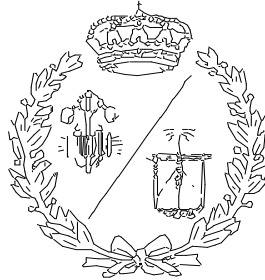


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto / Trabajo Fin de Carrera

**INTERCONEXIÓN DE LÍNEA AÉREA DE MEDIA
TENSIÓN A 30 kV ENTRE LAS SUBESTACIONES DE
MATAPORQUERA (VALDEOLEA) Y POLIENTES
(VALDERREDIBLE)**

**HIGH VOLTAGE OVERHEAD LINE (30 kV) FOR
INTERCONNECTION BETWEEN DISTRIBUTION
SUBSTATIONS OF MATAPORQUERA (VALDEOLEA) AND
POLIENTES (VALDERREDIBLE)**

Para acceder al Título de

INGENIERO INDUSTRIAL

Autor: Luis Madinabeitia García-Capelo

Septiembre - 2015

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

- DOCUMENTO N°1: **MEMORIA DESCRIPTIVA**
- DOCUMENTO N°2: **PLANOS**
- DOCUMENTO N°3: **PLIEGO DE CONDICIONES**
- DOCUMENTO N°4: **PRESUPUESTO**
- DOCUMENTO N°5: **BIBLIOGRAFÍA**

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

MEMORIA

DESCRIPTIVA

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA DESCRIPTIVA

Índice

	Página
1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	1
2. OBJETO DEL PROYECTO	1
3. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO.....	1
4. SITUACIÓN	2
5. SOLUCIÓN A ADOPTAR	2
6. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA	3
7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	4
8. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS.....	5
9. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA	5
9.3) Apoyos	7
9.3.1) Clasificación de los apoyos según su función.....	8
9.3.2) Clasificación de los apoyos en función del material.....	9
9.3.3) Tipos de esfuerzos en los apoyos	11
9.3.4) Apoyos instalados en la línea.....	13
9.3.5) Cimentaciones de los apoyos	13
9.4) Herrajes y accesorios	14
9.5) Aisladores.....	16
9.6) Cadenas de amarre y suspensión.....	17
9.7) Armados	18
9.8) Seccionador	18
9.9) Señalización y numeración de apoyos	19
10. PUESTAS A TIERRA DE LOS APOYOS	19
11. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS	20
12. ANEXOS.....	35

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto tiene como objeto el diseño y cálculo de una línea de media tensión a 30kV para unir las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible), para mejorar y asegurar el servicio eléctrico en sus zonas de influencia.

El proyecto constará de un tramo de aproximadamente 21 km de línea, que transcurrirá por terrenos comprendidos entre 1063 y 704 metros de altitud, repartidos en 123 apoyos. Se utilizará como conductor el LA-110, y como apoyos se utilizarán, apoyos metálicos de celosía de la serie NORMA UNE 207017 TIPO “C”. El herraje utilizado será de vidrio templado.

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene por objeto diseñar una línea de aérea de media tensión para realizar la interconexión entre la subestación de Mataporquera y la subestación de Polientes.

El estudio desarrollado en el siguiente proyecto forma parte de uno de los requisitos imprescindibles para la obtención del título de Ingeniero Industrial, una vez presentado, examinado y aprobado por la Escuela Técnica Superior de Ingeniero Industriales y de Telecomunicación de la Universidad de Cantabria como Proyecto de fin de Carrera.

3. DOCUMENTOS QUE COMPONEN EL PROYECTO

El proyecto posee una estructura compuesta por los siguientes documentos:

➤ **MEMORIA:**

Memoria Descriptiva.

Anexos a la memoria:

Datos de partida.

Cálculos.

Puesta a tierra.

Estudio de Seguridad y Salud.

Impacto Medio Ambiental.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- PLANOS
- PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS Y FACULTATIVAS
- PRESUPEUSTO
- BIBLIOGRAFÍA

4. SITUACIÓN

La subestación, donde comienza la línea aérea de alta tensión, de Mataporquera está situada en el término municipal de Valdeolea. El fin de dicha línea de distribución se localiza en la subestación situada en el municipio de Polientes.

5. SOLUCIÓN A ADOPTAR

En general para el cálculo de cualquier tipo de línea de transporte de energía, los criterios que la definen son;

- 1º) Seguridad durante su explotación y utilización.
- 2º) Calidad en el servicio, de cara al consumidor.
- 3º) Rentabilidad para la empresa distribuidora y suministradora de energía eléctrica.

En base a estos criterios se deduce que para conducir energía eléctrica entre las subestaciones minimizando las pérdidas y maximizando la potencia, es necesario elevar la tensión de transporte a valores de Media Tensión.

El aumento de la tensión implica una disminución de la intensidad que circula por la línea, para transportar la misma potencia, y por tanto de las pérdidas por calentamiento de los conductores y por efectos electromagnéticos.

El Efecto Joule es la producción de calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través del mismo. La energía eléctrica se transforma en energía térmica debido a los continuos choques de los electrones móviles contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética, que provoca el aumento de temperatura del conductor. El calor generado depende directamente del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que ésta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente. Matemáticamente se expresa como:

$$Q_r = I^2 * R * t$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Por tanto se demuestra que disminuyendo la intensidad de la corriente se disminuyen las pérdidas por calentamiento y se aumenta la seguridad de la línea. Además, una mayor intensidad requiere de conductores de mayor sección, y en consecuencia, con un mayor peso por unidad de longitud.

Por todos estos factores, se eleva la tensión de transporte, reduciendo la intensidad y abaratando los costes de transporte, hasta valores de Media Tensión (30kV).

6. DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA

La línea aérea con la cual se realizará el transporte de la energía desde la subestación colectora del parque eólico hasta la subestación situada en el municipio de Ramales de la Victoria posee las siguientes características:

- *Tensión nominal:* 30 kV
- *Categoría de la línea:* línea de 3ª categoría según lo dictaminado en el artículo 3º del Reglamento de Alta Tensión (tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV).
- *Clasificación de la zona por la que discurre la línea:* la altitud del terreno sobre el que discurre la línea oscila entre un valor máximo de 1063 metros hasta un mínimo de 704 metros, siendo la altitud media de todo el trazado de 883 metros. Según el apartado 3.1.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, la línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 12623 metros (apoyos del 1 al 72) distancia a la que pasa a situarse en zona C (situada a más de mil metros de altitud sobre el nivel del mar) a lo largo de 1260 metros (apoyos del 73 al 80) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona B a lo largo de 1109 metros (apoyos del 81 al 86) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona C a lo largo de 711 metros (apoyos del 87 al 91) distancia a la que pasa a situarse en zona B, hasta el final de la línea.
- *Tipo de circuito:* se trata de un circuito simple trifásico.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Longitud de la línea y número de apoyos:* la línea poseerá una longitud total de 21214 metros, sostenida por un total de 123 apoyos.

El diseño de la línea se ajusta a los requerimientos exigidos en el apartado 1.5 de la ITC-LAT 07 para este tipo de líneas con tensión superior a 1 kV y hasta 45 kV inclusive, según indica la norma UNE-EN 50423-1. Así mismo, se trata de evitar la existencia de ángulos pronunciados, grandes desniveles y se respetan las distancias mínimas de seguridad, cruzamientos y paralelismos marcados en el apartado 5 de ésta misma Instrucción Técnica Complementaria.

7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

A la hora de diseñar el trazado de la línea aérea de Alta Tensión que servirá de nexo entre la subestación de Mataporquera, término municipal de Valdeolea, y la subestación de distribución emplazada en el municipio de Polientes, se consideran tres alternativas.

En el documento ‘Planos’ del presente proyecto se muestran dichos trazados alternativos identificados con trazas de distinto color.

Tras realizar un análisis de las variantes la solución adoptada se corresponde con la Taza Nº1 (color azul). La elección se fundamenta teniendo en cuenta los criterios que a continuación se detallan:

- Esta traza minimiza el impacto visual, aumentando su integridad paisajística.
- La citada solución aprovecha en mayor medida los accesos existentes, siendo por tanto, menor la necesidad de creación de nuevas vías, con el aumento de coste y deterioro medio ambiental que ello supondría durante su construcción.
- Con esta distribución se reduce el número de cruzamientos respecto al resto de alternativas salvando importantes masas forestales.
- Por último señalar que la traza elegida es más directa en todo su recorrido, minimizando por tanto la longitud de la línea.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

8. REGLAMENTACIÓN Y NORMAS

Para determinar las bases técnicas sobre las que se desarrolla el presente proyecto, se han considerado las especificaciones contenidas en los siguientes Reglamentos y Normas:

- Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por el Real Decreto 223/2008 del 15 de Febrero que deroga el R.D. 3151/1968.
- Normas UNE.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación aprobado por Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre, así como sus instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificación Eléctrica y Regularidad del suministro de Energía Eléctrica (RVE), decreto del 12/03/54.
- Recomendaciones UNESA en vigor.
- Normas Técnicas particulares de la Empresa Suministradora de la localidad.

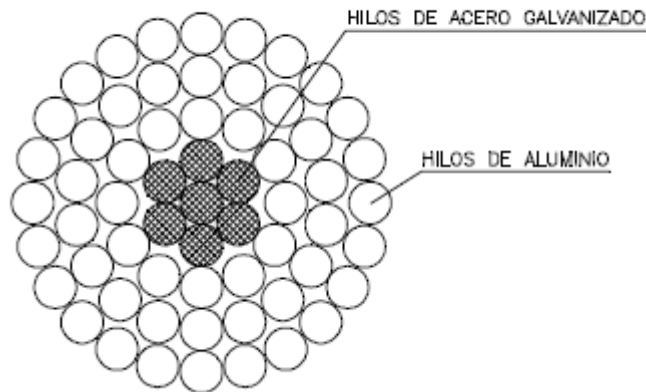
9. ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LA LÍNEA

A continuación se realiza una enumeración de los distintos elementos esenciales para la ejecución de la línea aérea de alta tensión junto con una breve descripción de los mismos.

El conductor empleado para el desarrollo de la línea es del tipo desnudo de aluminio-acero, cuya designación -UNE 21.018 se detallan las características de este tipo de conductor.

Un conductor de aluminio-acero está formado por una o varias capas concéntricas de alambres de aluminio y de acero galvanizado, cableados en sentido alterno, correspondiendo el alma o centro del cable a los alambres de acero y las capas periféricas a los alambres de aluminio.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



Variando las proporciones relativas de aluminio y acero, se pueden conseguir las características requeridas para cualquier aplicación. Incrementando la proporción de acero se consigue una resistencia a la tracción más alta e incrementando la proporción de aluminio, una conductividad eléctrica mayor.

En comparación con los conductores de Cobre, los conductores de aluminio-acero proporcionan unas ventajas técnicas económicas importantes. Su bajo peso, combinado con su alta resistencia a la tracción, permite la adopción de vanos más largos. Las pérdidas por efecto corona se reducen, debido al diámetro mayor de este tipo de conductor.

De esta manera, la distribución y transmisión de energía eléctrica a elevadas tensiones y distancias es posible con la utilización de este tipo de conductor.

Sus características se detallan a continuación:

- *Denominación:* LA-110
- *Sección de aluminio:* 94.25 mm^2
- *Sección de acero:* 21.99 mm^2
- *Sección total:* 116.24 mm^2
- *Equivalencia en cobre:* 60 mm^2
- *Diámetro del alma:* 7.50 mm
- *Diámetro total:* 14 mm
- *Composición*
 - 30 Alambres de Aluminio con 2.25 mm de diámetro.
 - 7 Alambres de Acero con 2 mm de diámetro.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Carga de rotura:* 4398 kg
- *Resistencia eléctrica a 20 °C:* 0.307 Ω/km
- *Masa de Aluminio:* 260.5 kg/km
- *Masa de Acero:* 172.5 kg/km
- *Masa Total:* 433 kg/km
- *Módulo de elasticidad:* 8200 kg/mm²
- *Coefficiente de dilatación lineal:* 17.8 10⁻⁶ °C
- *Densidad de corriente máxima permitida:* 3.46 A/mm²
- *Intensidad máxima admisible:* 401.96 A

Para efectuar la unión de los conductores de aluminio-acero y asegurar su continuidad eléctrica y mecánica se empleará manguito estirado. El procedimiento para realizar el empalme consiste primero en la unión del cable interior de acero mediante manguito de acero para posteriormente, empleando un manguito de aluminio, abarcar la totalidad del cable. De este modo se obtiene una perfecta unión mecánica y eléctrica del conductor.

9.3) Apoyos

Los apoyos se emplean para sostener los conductores de las líneas y poderlos mantener a la distancia de seguridad al terreno que indica el terreno.

Según el apartado 2.4 de la ITC-LAT 07:

- Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores y los cables de tierra de modo directo a las estructuras de apoyo. Estas estructuras, que en todo lo que podrán ser metálicas, de hormigón, madera u otros materiales apropiados, bien de material homogéneo o combinación de varios de los citados anteriormente.
- Los materiales empleados deberán presentar una resistencia elevada a la acción de los agentes atmosféricos, y en el caso de no presentarla por sí mismos, deberán recibir los tratamientos protectores adecuados para tal fin.
- La estructura de los apoyos podrá ser de cualquier tipo adecuado a su función. Se tendrá en cuenta su diseño constructivo, la accesibilidad a todas sus partes por el personal especializado, de modo que pueda ser realizada fácilmente la

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

inspección y conservación de la estructura. Se evitará la existencia de todo tipo de cavidades sin drenaje, en las que pueda acumularse el agua de lluvia.

9.3.1) Clasificación de los apoyos según su función

Se pueden realizar dos clasificaciones diferentes para los apoyos en función del criterio seleccionado:

- Atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea, los apoyos se clasifican en:
 - a) *Apoyo de suspensión*: Apoyo con cadenas de aislamiento de suspensión.
 - b) *Apoyo de amarre*: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre.
 - c) *Apoyo de anclaje*: Apoyo con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en ese punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Todos los apoyos de la línea cuya función sea de anclaje tendrán identificación propia en el plano de detalle del proyecto de la línea.
 - d) *Apoyo de principio o fin de línea*: Son los apoyos primero y último de la línea, con cadenas de aislamiento de amarre, destinados a soportar, en sentido longitudinal, las solicitaciones del haz completo de conductores en un solo sentido.
 - e) *Apoyos especiales*: Son aquellos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación anterior.

Los apoyos de los tipos enumerados pueden aplicarse a diferentes fines de los indicados, siempre que cumplan las condiciones de resistencia y estabilidad necesarias al empleo a que se destinen.

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

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

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

9.3.2) Clasificación de los apoyos en función del material

- *Apoyos metálicos*

Los apoyos metálicos serán de características adecuadas a la función a desempeñar. Las características técnicas de sus componentes (perfiles, chapas, tornillería, galvanizado, etc.) responderán a lo indicado en las normas UNE aplicables o, en su defecto, en otras normas o especificaciones técnicas reconocidas.

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 cuatro milímetros. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior podrá reducirse a tres milímetros. Análogamente, en construcción atornillada no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles de una anchura inferior a 35 milímetros.

En el caso de que los perfiles de la base del apoyo se prolonguen dentro del terreno sin recubrimiento de hormigón -caso de cimentaciones metálicas-, el espesor de los perfiles enterrados no será menor de seis milímetros.

No se emplearán tornillos de un diámetro inferior a 12 milímetros.

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 tres milímetros, límite que podrá reducirse a dos y medio milímetros cuando estuvieran galvanizados por inmersión en caliente.

En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, brea de alquitrán, etc.

Se recomienda la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, en atención a las dificultades de los tratamientos posteriores de conservación necesarios.

Los apoyos situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente dispondrán de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- **Apoyos de hormigón**

Serán, preferentemente, del tipo armado vibrado, fabricados con materiales de primera calidad, respondiendo los tipos y características a lo expuesto en las normas UNE aplicables según la ITC-LAT 02. No obstante, podrán utilizarse, previa aprobación por parte de los órganos competentes de la Administración Pública, apoyos fabricados de conformidad a otras normas y que sean de similares características. Se debe 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. Cuando se empleen apoyos de hormigón, en suelos o aguas que sean agresivos al mismo, deberán tomarse las medidas necesarias para su protección.

- **Apoyos de madera**

Se emplearán principalmente los de madera de pino de las especies silvestre, laricio y negro, respondiendo sus características técnicas a las expuestas en las normas UNE aplicables según ITC-LAT 02.

No obstante, podrán utilizarse, previa aprobación por parte de los órganos competentes de la Administración Pública, apoyos fabricados de conformidad a otras normas y que sean de similares características.

En todos los casos deberán recibir un tratamiento preservante eficaz contra la putrefacción. El producto preservante, el sistema de impregnación profunda empleado, la dosificación y las penetraciones a obtener, cumplirán las normas UNE 21094 Y UNE 21097, o las normas UNE 21151 Y UNE 21152, según que aquél sea por creosotado o por sales minerales de disolución acuosa, respectivamente.

- **Apoyos de otros materiales**

Al objeto de poder incorporar en la ejecución de líneas aéreas nuevos apoyos que puedan desarrollarse, podrán admitirse apoyos de materiales y composiciones distintas a los indicados en los apartados precedentes. En todo caso, estos tipos de apoyos deberán estar recogidos en normas o especificaciones técnicas de reconocido prestigio en la materia, y su utilización deberá ser aprobada por parte de los órganos competentes de la Administración.

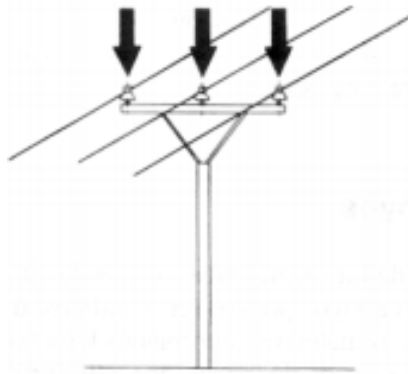
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

9.3.3) Tipos de esfuerzos en los apoyos

La combinación de esfuerzos a los que se encuentran sujetos los apoyos de las líneas aéreas se pueden clasificar según:

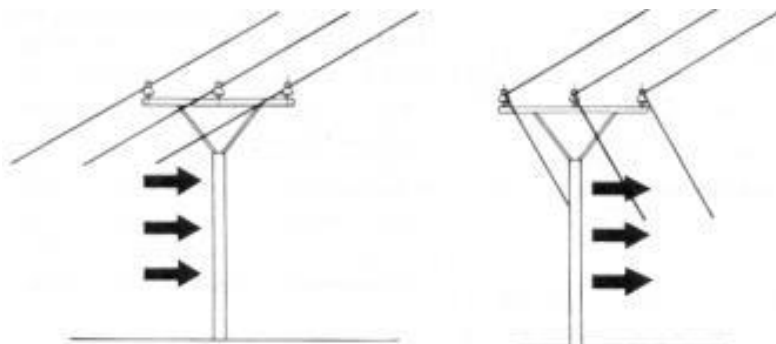
- **Esfuerzos Verticales**

Son provocados principalmente por el peso de los conductores y elementos auxiliares de sujeción de los mismos, así como en ocasiones, y en zonas de montaña, a la acción del hielo depositado sobre los conductores.



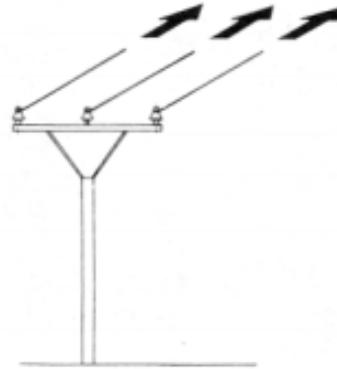
- **Esfuerzos Transversales**

Aquellos producidos en dirección perpendicular al trazado de la línea. Se consideran provocados principalmente por dos condiciones: por la acción del viento (perpendicular a la línea) sobre el apoyo, y por la tracción de los conductores cuando estos forman un ángulo en la línea.



“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Aquellos que se originan en la dirección longitudinal de la línea (producidos en la misma dirección del trazado de la línea). Se producen por la diferencia de tensado (esfuerzo mecánico de tracción) que se puede dar en los conductores de la línea, a cada lado del apoyo (fuerza distinta a cada lado del apoyo).



Este diagrama ilustra un problema de ingeniería en una línea de transmisión. Se muestra un poste central con conductores a ambos lados. Las tensiones en los conductores se denotan como T y $T' \neq T$, indicando un desequilibrio. Se señalan las siguientes causas de desequilibrio:

- Desequilibrio de Tracciones:** Indica la diferencia en las tensiones de los conductores.
- Rotura de conductor:** Se muestra un conductor roto en uno de los brazos del poste.

Las fuerzas que actúan sobre el conductor se detallan en un recuadro:

- Peso propio del conductor:** Representado por flechas verdes verticales hacia abajo.
- Sobrecarga de hielo:** Representado por flechas azules verticales hacia abajo.
- Fuerza del viento:** Representado por flechas rosas horizontales.

En la parte inferior, se muestra un diagrama de fuerzas vectoriales en un punto central. Dos tensiones T actúan en ángulo α con la vertical. La resultante de estas fuerzas se calcula como:

$$R = 2 T \sen \alpha$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

9.3.4) Apoyos instalados en la línea

Una vez realizados los cálculos pertinentes, indicados en el “Anexo II-Cálculos”, se concluye que para llevar a cabo la línea eléctrica se requieren los siguientes tipos de apoyos:

- 68 Apoyos de la serie “ACACIA” con armado “B1”.
- 50 Apoyos de la serie “ACACIA” con armado “B2”.
- 5 Apoyos de la serie “ACACIA” con armado “B3”.

La disposición de los apoyos será en capa, y serán de perfil angular de hierro galvanizado, totalmente atornillados: la dimensión de cada apoyo, en función del tipo, se refleja en el documento “Planos”.

En el cálculo del tipo de apoyo requerido en función del esfuerzo mecánico al que se verá sometido, debido a las solicitaciones de los conductores, se consideran los coeficientes de seguridad previstos en el apartado 3.5.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT. También cumplen con las prescripciones especiales que marca el reglamento en el apartado 5.3. de la ITC-LAT 07. Por todo lo anterior se puede garantizar la resistencia de los distintos apoyos a las solicitaciones mecánicas a las que se verán sometidos en servicio.

9.3.5) Cimentaciones de los apoyos

Los apoyos constituyen estructuras que se apoyan en el terreno, por lo que este pasa a conformar una parte de los mismos. Debido a que el terreno por sus condiciones naturales, presenta menos resistencia y mayor deformabilidad que los demás componentes que conforman la estructura, no puede resistir cargas al igual que la estructura, debido a ello se busca implementar cierto artificio a la estructura para que permita transmitir y repartir las cargas al terreno de una manera adecuada para que el mismo no falle o se deforme al exceder su resistencia puntual, este artificio son la cimentaciones de la estructura.

Para poder realizar una buena cimentación es necesario un conocimiento previo del terreno en el que se va a construir la estructura. La correcta clasificación de los materiales del subsuelo es un paso importante para cualquier trabajo de cimentación, porque proporciona los primeros datos sobre las experiencias que puedan anticiparse durante y después de la construcción.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para realizar la cimentación de todos los tipos de apoyos de la línea se emplean medidas normalizadas y se considera unas características del terreno de tipo medio. Por razones de simplificación y efectividad, mantenemos estas medidas en terrenos de características resistentes superiores, y sólo en los contados casos de características inferiores se adoptan medidas especiales concretas.

Las cimentaciones han sido calculadas para el esfuerzo útil del apoyo, aplicando un coeficiente de seguridad superior al reglamentario para conseguir de este modo una mayor estabilidad y seguridad.

Los apoyos tipo ACACIA poseen una cimentación mono-bloque constituida por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de cuerpo formado por secciones de tronco piramidal cuadradas y cabezas prismáticas. La celosía del apoyo es sencilla, siendo las cuatro caras iguales. Los tramos de fuste se unen entre sí de manera telescópica.

9.4) Herrajes y accesorios

- *Generalidades*

Se consideran herrajes todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor, los elementos de fijación del cable de tierra al apoyo y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

Se consideran accesorios del conductor elementos tales como separadores, antivibradores, etc.

Los herrajes y accesorios empleados en la línea eléctrica cumplen los requisitos de las normas UNE-EN 61284, UNE-EN 61854 o UNE-EN 61897:

- *Requisitos eléctricos:*

Requisitos aplicables a todos los herrajes y accesorios: el diseño de todos los herrajes y accesorios deberá ser tal que sean compatibles con los requisitos eléctricos especificados para la línea aérea.

Requisitos aplicables a los herrajes y accesorios que transporten corriente: los herrajes y accesorios de los conductores, destinados a transportar la corriente de operación del conductor, no deben, cuando estén sometidos a la corriente máxima autorizada en régimen permanente o a las corrientes de cortocircuito, manifestar

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

aumentos de temperatura mayores que los del conductor asociado. De la misma forma, la caída de tensión en los extremos de los herrajes que transportan corriente, no debe ser superior a la caída de tensión en los extremos de una longitud equivalente de conductor

- *Efecto corona y nivel de perturbaciones radioeléctricas*

En el diseño de los herrajes se tendrá presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona. Los herrajes y accesorios para líneas aéreas incluyendo separadores y amortiguadores de vibraciones, deben ser diseñados de forma tal que, bajo condiciones de ensayo, los niveles de perturbaciones radioeléctricas sean conformes con el nivel total especificado para la instalación

- *Requisitos mecánicos*

El diseño de los herrajes y accesorios de una línea aérea deberá ser tal, que satisfagan los requisitos de carga mínima de rotura determinados en el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07. Todos los herrajes que puedan estar sometidos al peso de una persona, deben resistir una carga característica concentrada de 1,5 kN.

- *Requisitos de durabilidad*

Todos los materiales utilizados en la construcción de herrajes y accesorios de líneas aéreas deben ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica, la cual puede afectar a su funcionamiento. La elección de materiales o el diseño de herrajes y accesorios deberá ser tal, que la corrosión galvánica de herrajes o conductores sea mínima.

Todos los materiales féreos, que no sean de acero inoxidable, utilizados en la construcción de herrajes, deben ser protegidos contra la corrosión atmosférica mediante galvanizado en caliente u otros métodos indicados en las especificaciones del proyecto.

Los herrajes y accesorios sujetos a articulaciones o desgaste deben ser diseñados y fabricados, incluyendo la selección del material, para asegurar las máximas propiedades de resistencia al rozamiento y al desgaste.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Características y dimensiones de los herrajes*

Las características mecánicas de los herrajes de las cadenas de aisladores empleados en la línea cumplen 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 cumplen así mismo 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, cumplen con los requisitos de la norma UNE-EN 60372.

Para la elección de los metales o aleaciones para herrajes de líneas, se considera el posible efecto de bajas temperaturas, cuando procede. En la elección de materiales no metálicos se considera su posible reacción a temperaturas extremas, radiación UV, ozono y polución atmosférica.

9.5) Aisladores

- *Generalidades*

Los aisladores normalmente comprende cadenas de unidades de aisladores del tipo caperuza y vástago o del tipo bastón, y aisladores rígidos de columna o peana.

- *Requisitos eléctricos normalizados*

Para el diseño de los aisladores se respetan las tensiones soportadas según el apartado 4.4 de la ITC-LAT 07.

- *Requisitos para el comportamiento bajo polución*

Los aisladores cumplen con los requisitos especificados para su comportamiento bajo polución. Se han considerado las indicaciones sobre la selección de aisladores para su uso en conducciones de polución presente en el apartado 4.4.1 de la ITC-LAT 07.

- *Requisitos mecánicos*

El diseño de los aisladores de una línea aérea satisface los requisitos mecánicos determinados en el apartado 3.4 de la ITC-LAT 07.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Requisitos de durabilidad*

La durabilidad de un aislador está influenciada por el diseño, la elección de los materiales y los procedimientos de fabricación. Todos los materiales usados en la construcción de aisladores para líneas aéreas, deberán ser inherentemente resistentes a la corrosión atmosférica, que puede afectar a su funcionamiento.

Puede obtenerse un indicador de la durabilidad de las cadenas de aisladores de material cerámico o vidrio, a partir de los ensayos termo-mecánicos especificados en la norma UNE-EN 60383-1. En casos especiales, puede ser necesario considerar las características de fatiga, mediante los ensayos apropiados indicados en las Especificaciones del Proyecto.

Todos los materiales féreos, distintos del acero inoxidable, usados en aisladores de líneas aéreas deberán ser protegidos contra la corrosión debida a las condiciones atmosféricas. La forma habitual de protección deberá ser un galvanizado en caliente, que deberá cumplir los requisitos de ensayo indicados en la norma UNE-EN60383-1.

Para instalaciones en condiciones especialmente severas, puede indicarse un aumento del espesor de zinc en las especificaciones del proyecto.

- *Características y dimensiones de los aisladores*

Las características y dimensiones de los aisladores utilizados para la construcción de la línea aérea cumplen 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.
- EI 60720, para aisladores rígidos de columna o peana.

9.6) Cadenas de amarre y suspensión

Las cadenas de amarre y suspensión se utilizan principalmente para aislar a la estructura metálica de los apoyos del conductor y del cable de tierra.

Para determinar el número de aisladores requeridos en las líneas de amarre y suspensión empleadas para el desarrollo del proyecto se cumplen las condiciones descritas en los apartados 2.3 y 4.4 de la ITC-LAT 07.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Según los cálculos realizados las cadenas de aisladores están formadas por 5 aisladores, tipo estándar de vidrio templado clase U70 BS, cuyas características y normativa son analizadas en los documentos anexos y de pliegos de condiciones técnicas correspondientes.

La elección de una cadena de amarre o suspensión responde al siguiente criterio:

- Las cadenas de amarre se emplean para los apoyos de ángulo, anclaje principio y fin de línea.
- Las cadenas de suspensión se emplean en los apoyos de alineación.

9.7) Armados

Los armados son accesorios que se montan en la parte superior de los postes para sujetar adecuadamente los soportes de los aisladores.

Los armados a utilizar serán metálicos respondiendo su diseño a las exigencias de distancias entre conductores y accesorios en tensión a apoyos y elementos metálicos.

En el presente proyecto, los armados seleccionados son los “B1”, “B2” y “B3”, para los apoyos de la serie “ACACIA”.

9.8) Seccionador

Los seccionadores son dispositivos empelados para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien de mantenimiento.

La misión de estos aparatos es la de aislar tramos de circuitos de una forma visible.

Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobre intensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que los operarios puedan realizar las labores sin riesgo alguno.

Al tratarse de una línea de tensión nominal 30 kV se admiten seccionadores unipolares accionables con pértiga.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

9.9) Señalización y numeración de apoyos

Para señalar los apoyos, se colocarán en los mismos las siguientes placas señalizadoras:

- Placa para identificar la tensión: TEN-30.
- Placa de riesgo eléctrico: CE 14
- Dígitos para numeración de apoyos de líneas eléctricas aéreas de AT.

En el documento “planos”, del presente proyecto se presentan las medidas de los elementos anteriormente mencionados.

10. PUESTAS A TIERRA DE LOS APOYOS

El diseño de la puesta a tierra cumple los requisitos indicados en el apartado 7 de la ITC-LAT 07, es decir:

- Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión según el *apartado 7.3.2*.
- Que resista desde un punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo que nos indica el *apartado 7.3.3*.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a tensiones que aparezcan durante una falta a tierra en los sistemas de puesta a tierra, según *apartado 7.3.4*.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea, como nos indica el *apartado 7.3.5*.

Las puestas a tierra de los apoyos metálicos se realizarán conectado a tierra la armadura o estructura de los apoyos situados en zonas de pública concurrencia y aquellos que contengan interruptores u otros aparatos de maniobra.

Para el sistema de puesta a tierra del presente proyecto, tal y como se indica en el anexo destinado a su diseño, se procederá a la colocación de las picas formando un cuadrado alrededor de la cimentación, respetando las distancias mínimas, unidas por un conductor horizontal.

Se usarán picas de 1,5 m de longitud y 14,6 mm de diámetro, el conductor de cobre será de 50 mm².

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

11. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS

Cruzamiento N°	Apoyo n°	Tipo de Cruzamiento
1	6-7	Carretera Comarcal
2	12-13	Carretera Comarcal
3	13-14	Autovía
4	14-15	Autovía
5	18-19	Carretera Comarcal
6	18-19	Línea Eléctrica
7	43-44	Línea Eléctrica
8	54-55	Línea Eléctrica
9	62-63	Rio
10	67-68	Carretera Comarcal
11	80-81	Carretera Comarcal
12	82-83	Carretera Comarcal
13	91-92	Carretera Comarcal
14	115-116	Rio

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-835

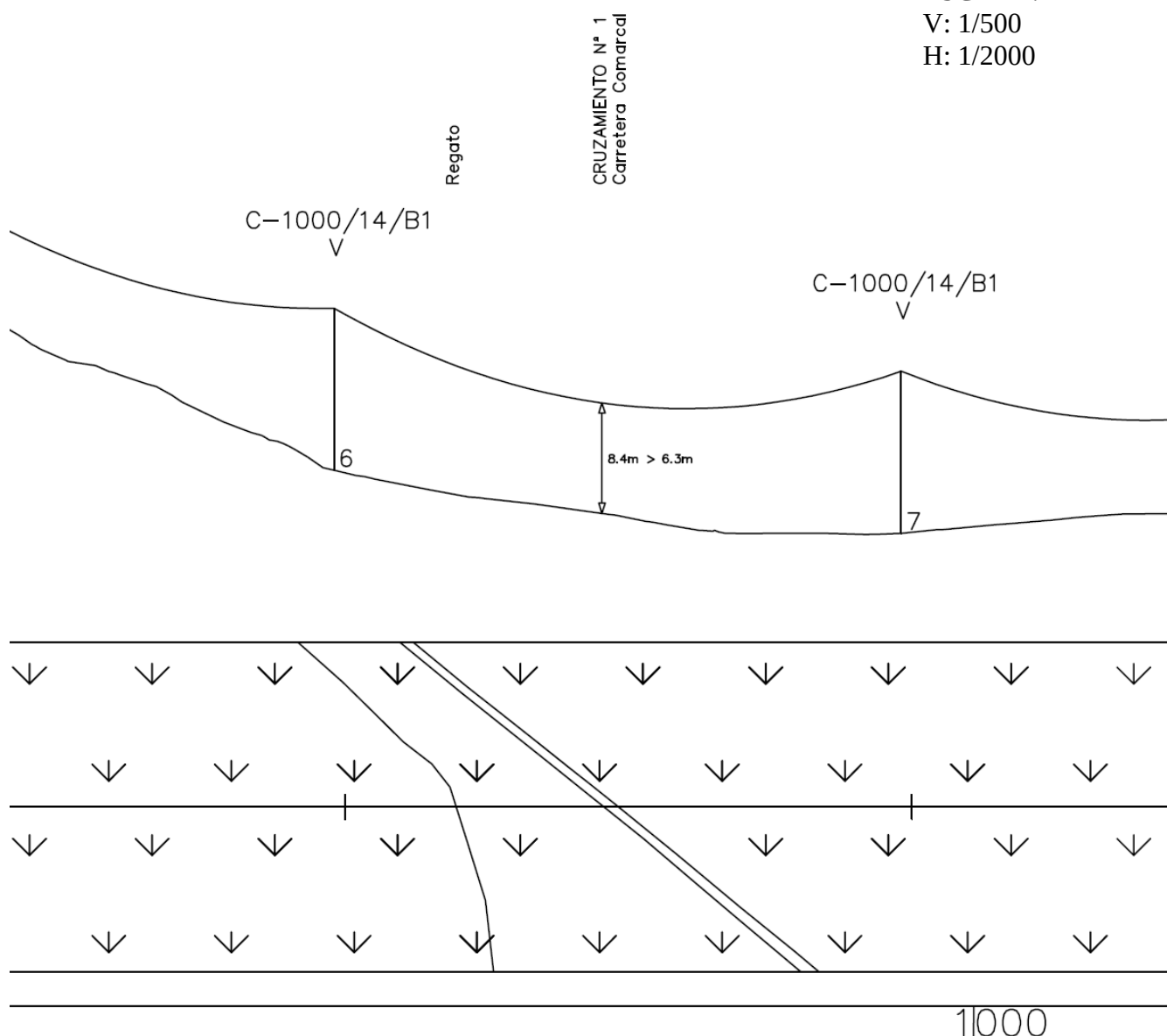
CRUZAMIENTO Nº1 **Localización del cruzamiento:** km 1

Organismos afectados: Termino municipal de Valdeolea

ESCALA:

V: 1/500

H: 1/2000

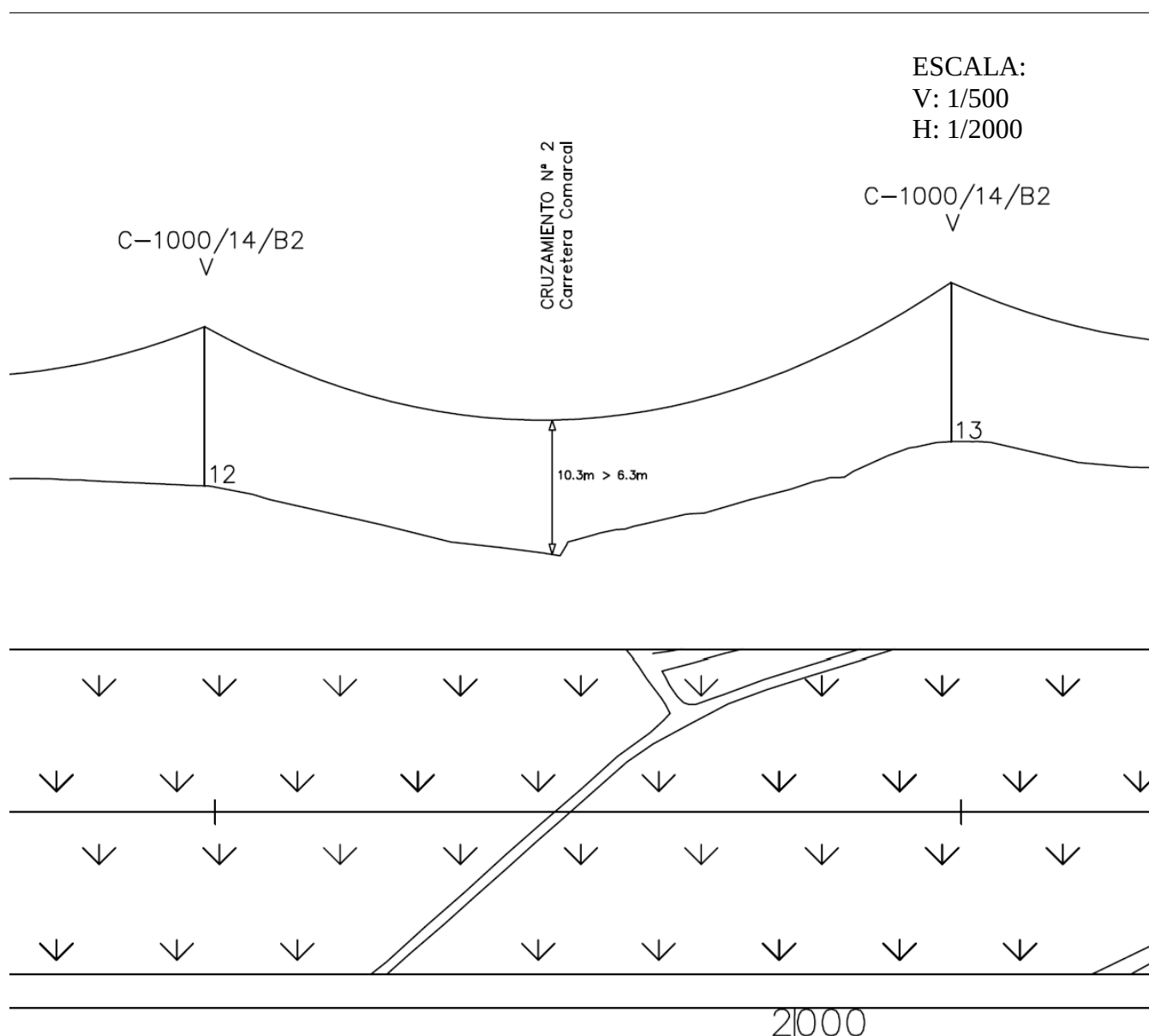


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruzamiento: Carretera nacional N-611

CRUZAMIENTO N°2 **Localización del cruzamiento:** km 123

Organismos afectados: Termino municipal de Valdeolea

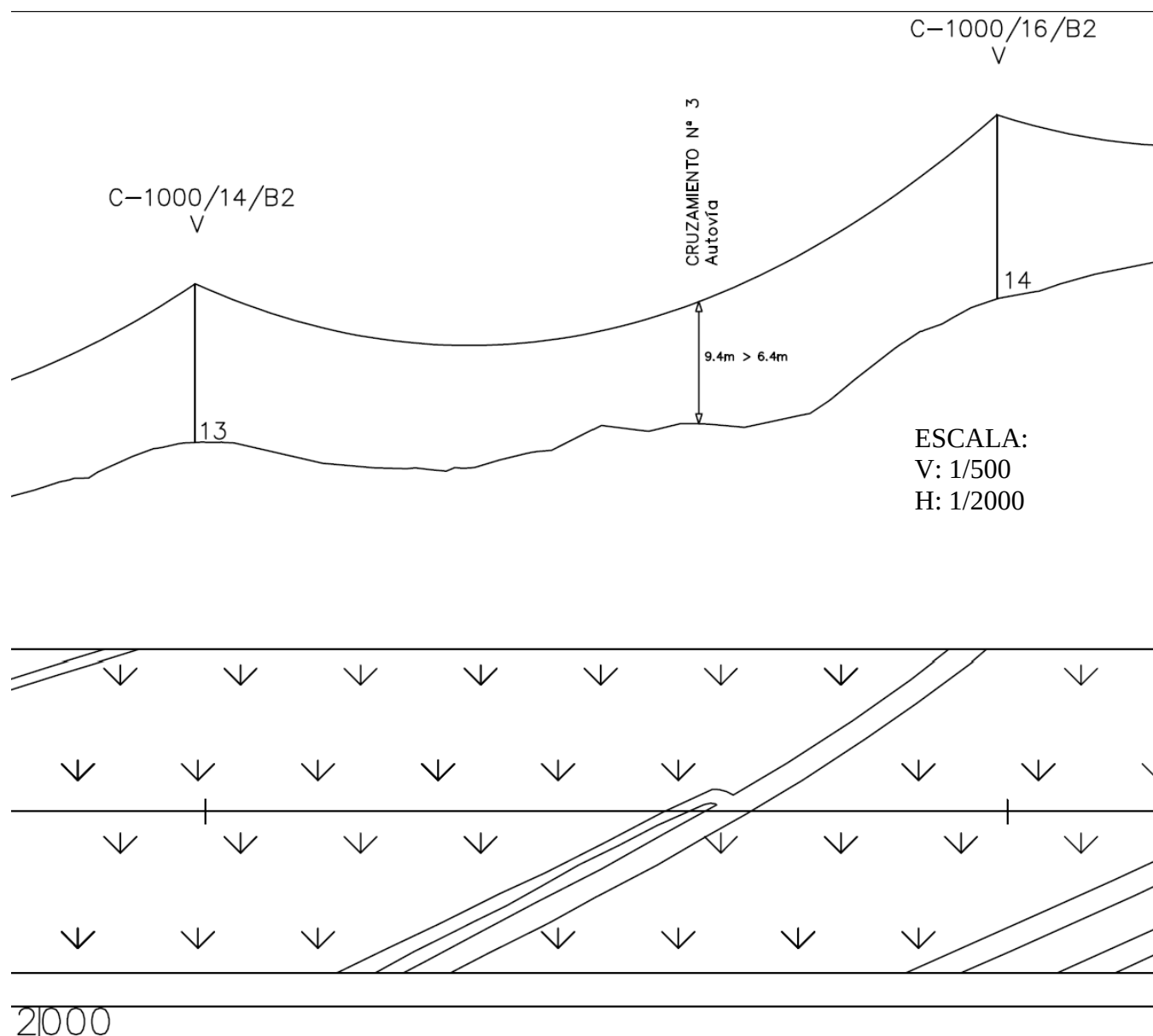


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruzamiento: Carretera nacional A-67

CRUZAMIENTO N°3 **Localización del cruzamiento:** km 119

Organismos afectados: Termino municipal de Valdeolea

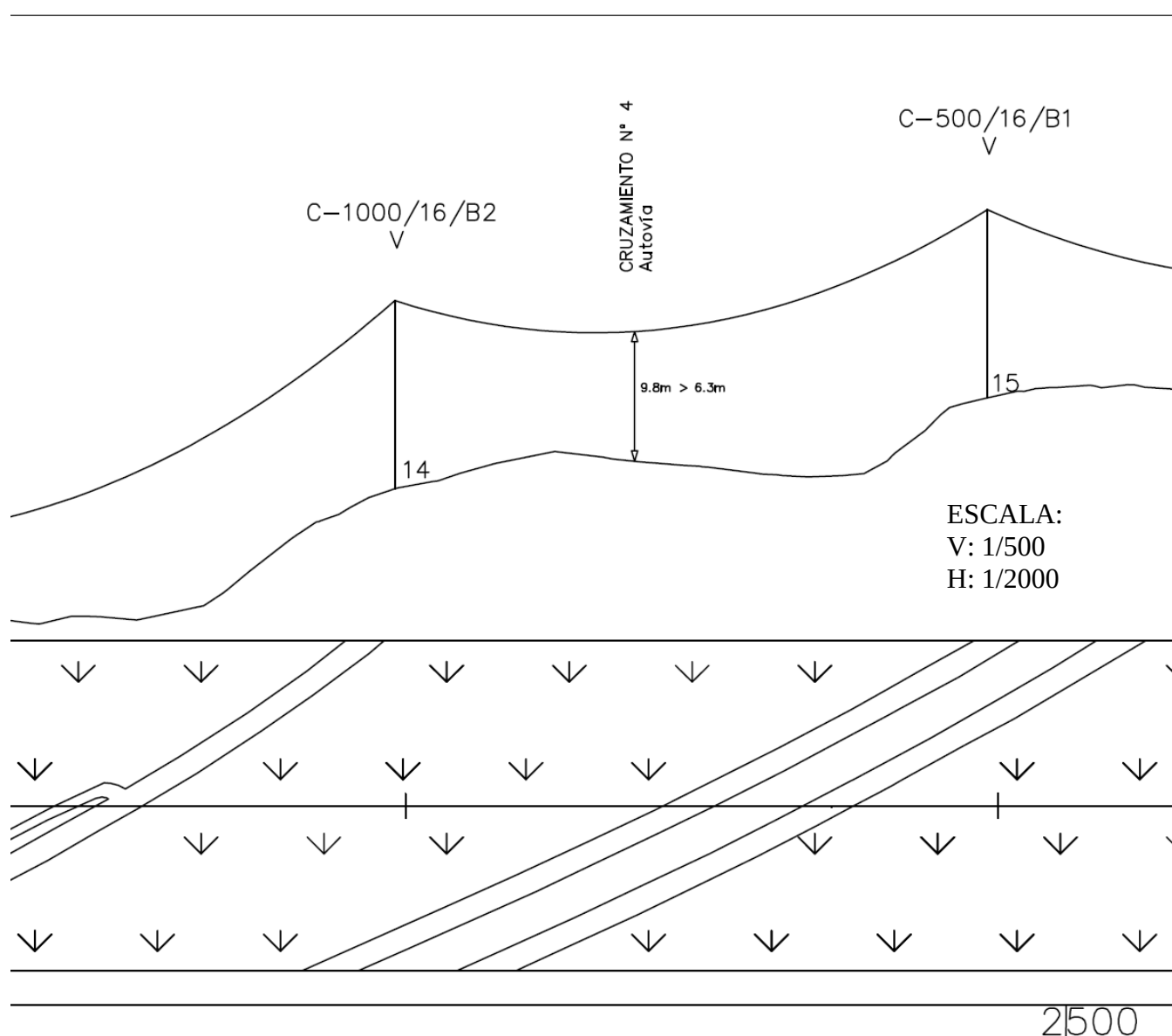


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruzamiento: Carretera nacional A-67

CRUZAMIENTO N°4 **Localización del cruzamiento:** km 119

Organismos afectados: Termino municipal de Valdeolea

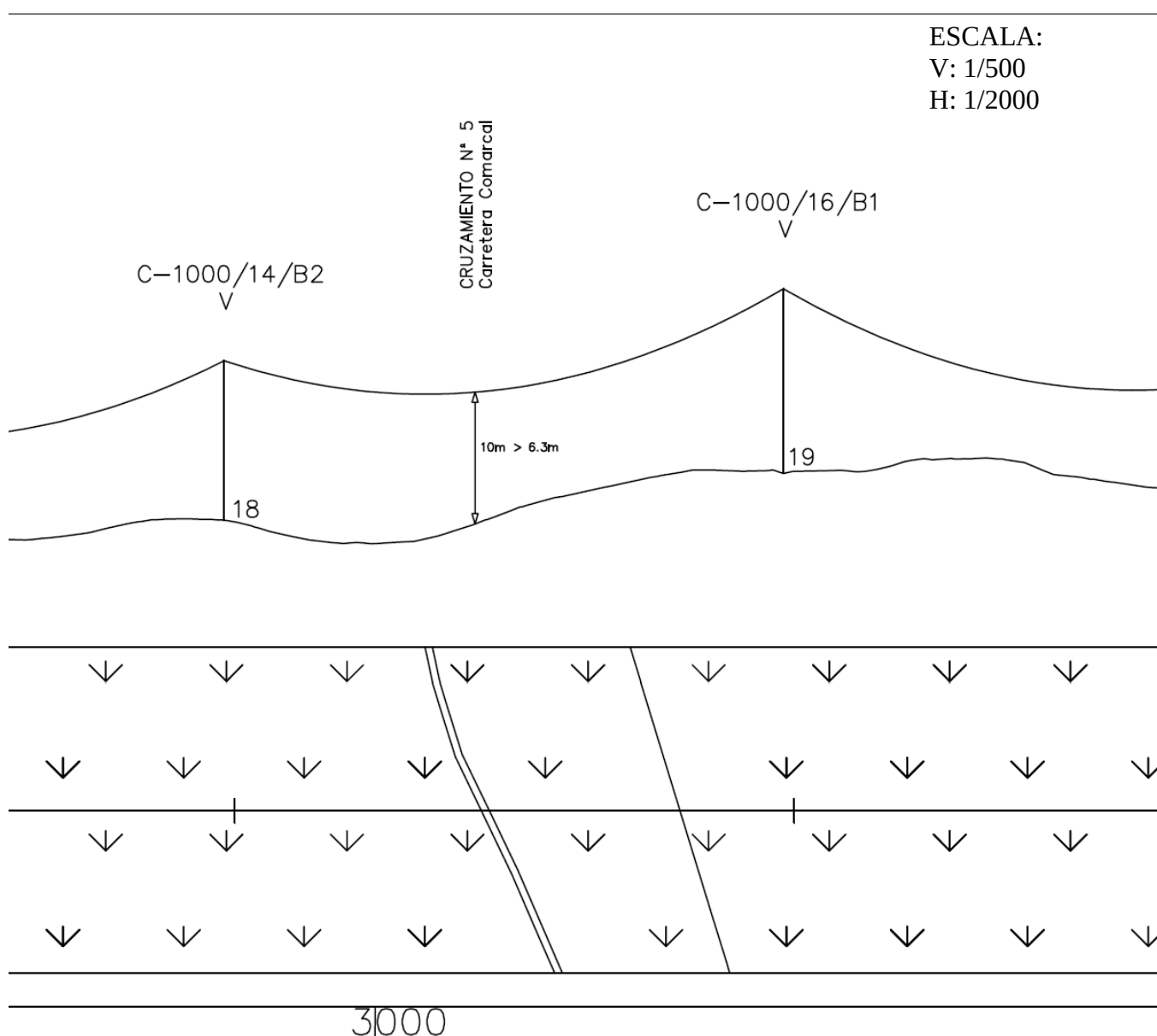


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-744

CRUZAMIENTO N°5 **Localización del cruzamiento:** km 6

Organismos afectados: Termino municipal de Valdeolea

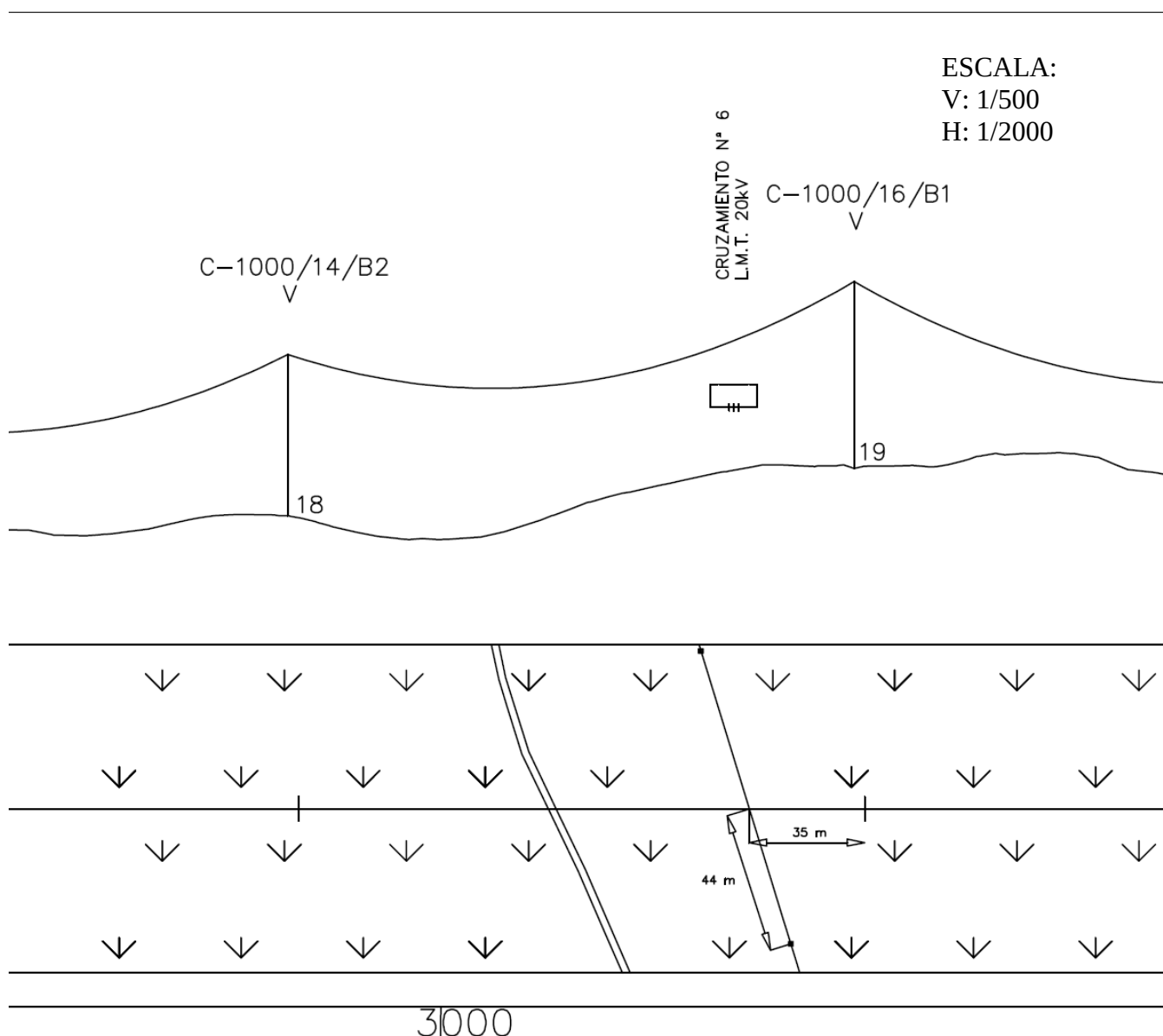


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: L.M.T 20 kV

CRUZAMIENTO N°6 **Localización del cruzamiento:** Apoyo 35-36

Organismos afectados: EON

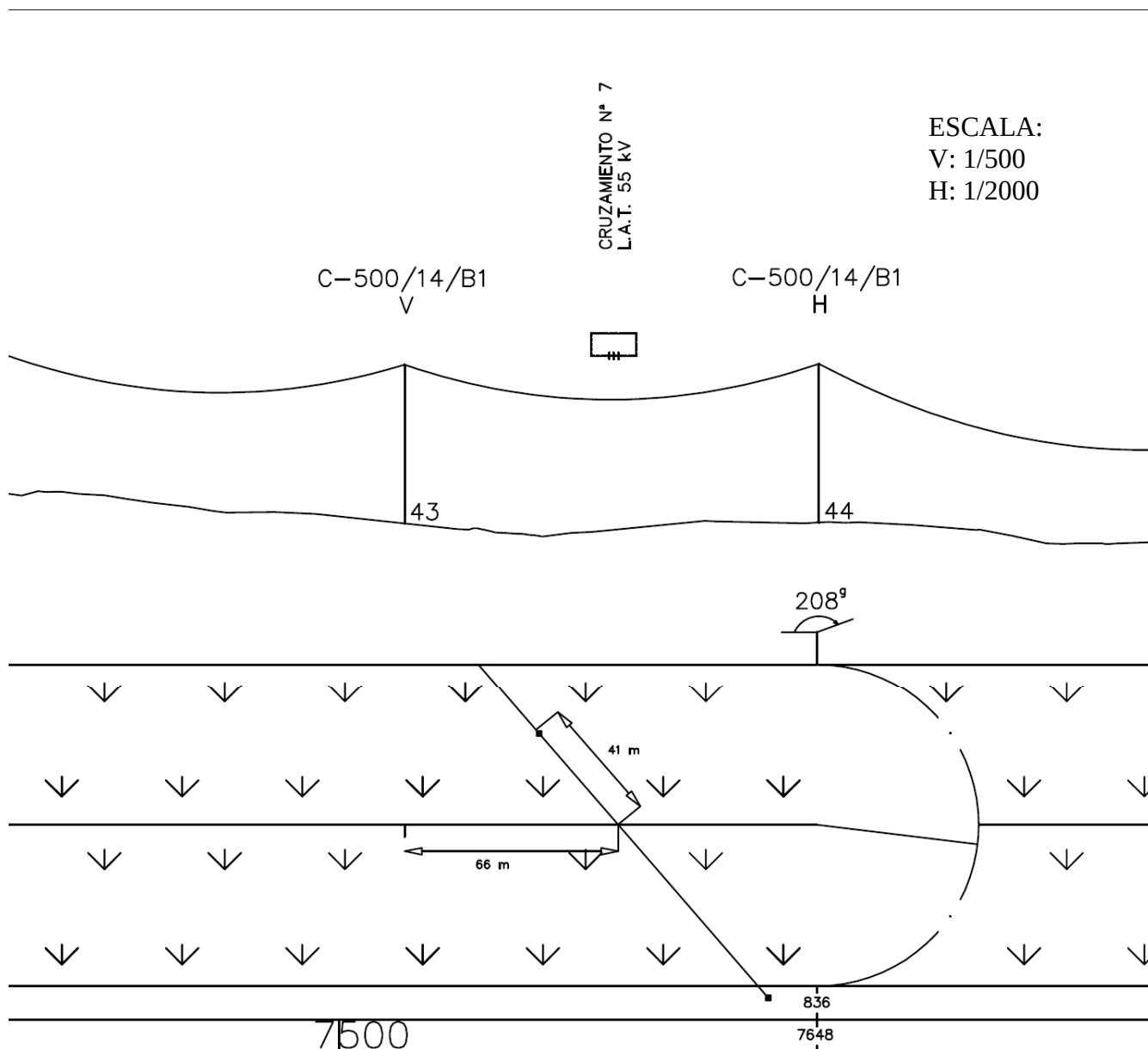


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: L.A.T 55 kV

CRUZAMIENTO N°7 **Localización del cruzamiento: Apoyo 48-49**

Organismos afectados: EON

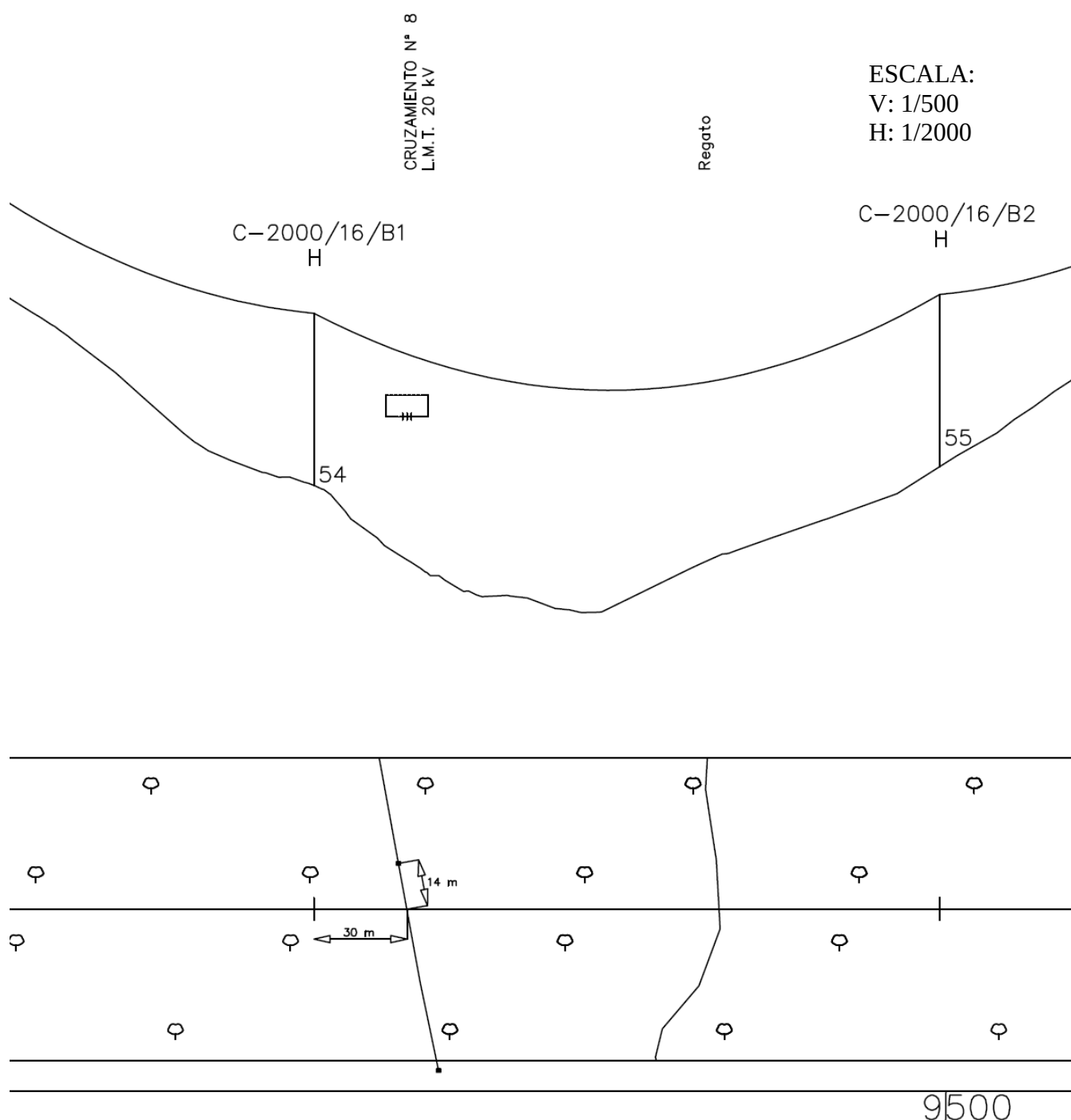


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruzamiento: L.M.T 20 kV

CRUZAMIENTO Nº8 **Localización del cruzamiento: Apoyo 80-81**

Organismos afectados: EON

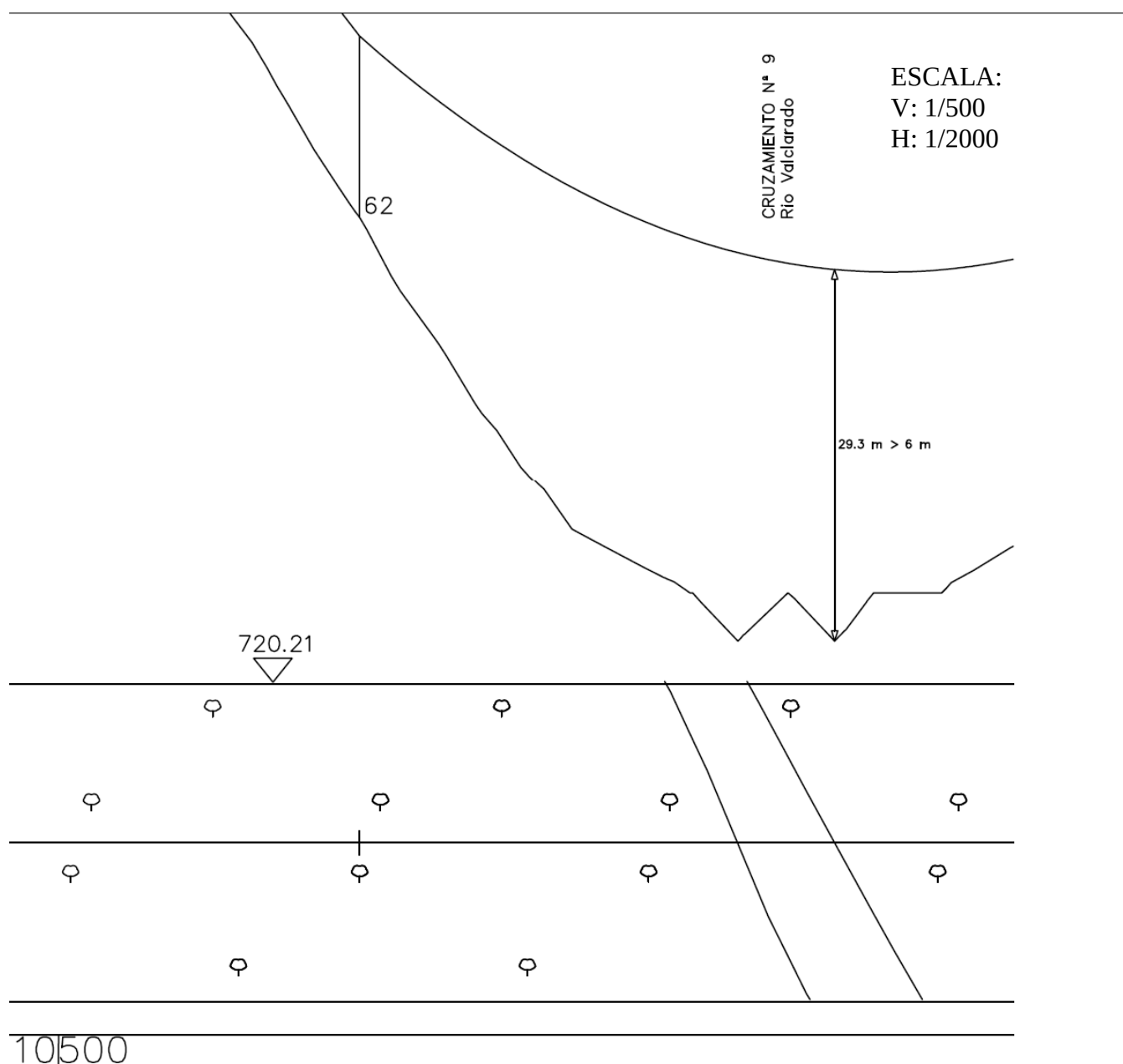


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Río Valclarado

CRUZAMIENTO N°9 **Localización del cruzamiento:** km 10

Organismos afectados: Confederación hidrográfica del norte

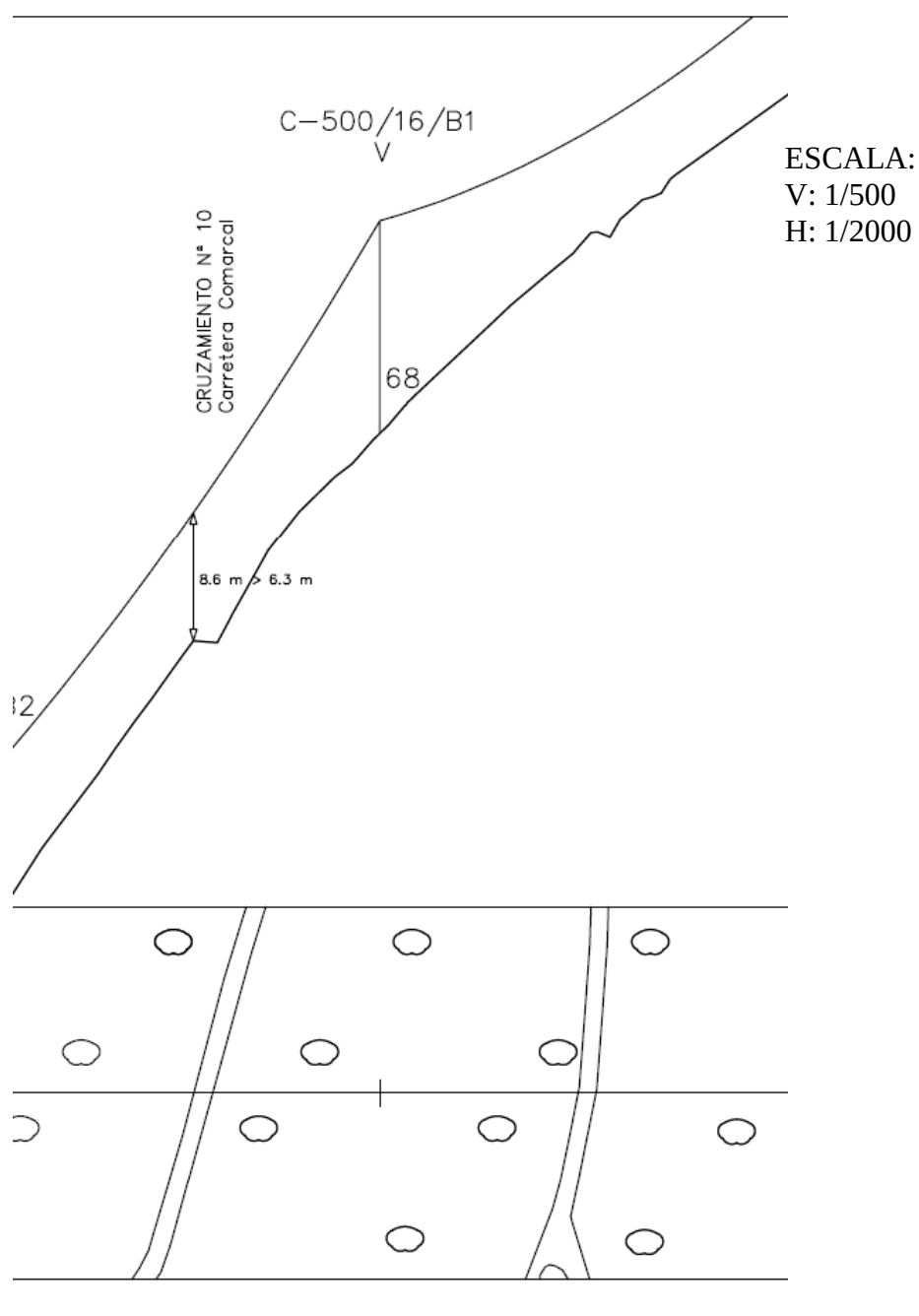


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruce: Carretera comarcal CA-272

CRUZAMIENTO Nº10 Localización del cruce: km 7

Organismos afectados: Término municipal de Valdeolea

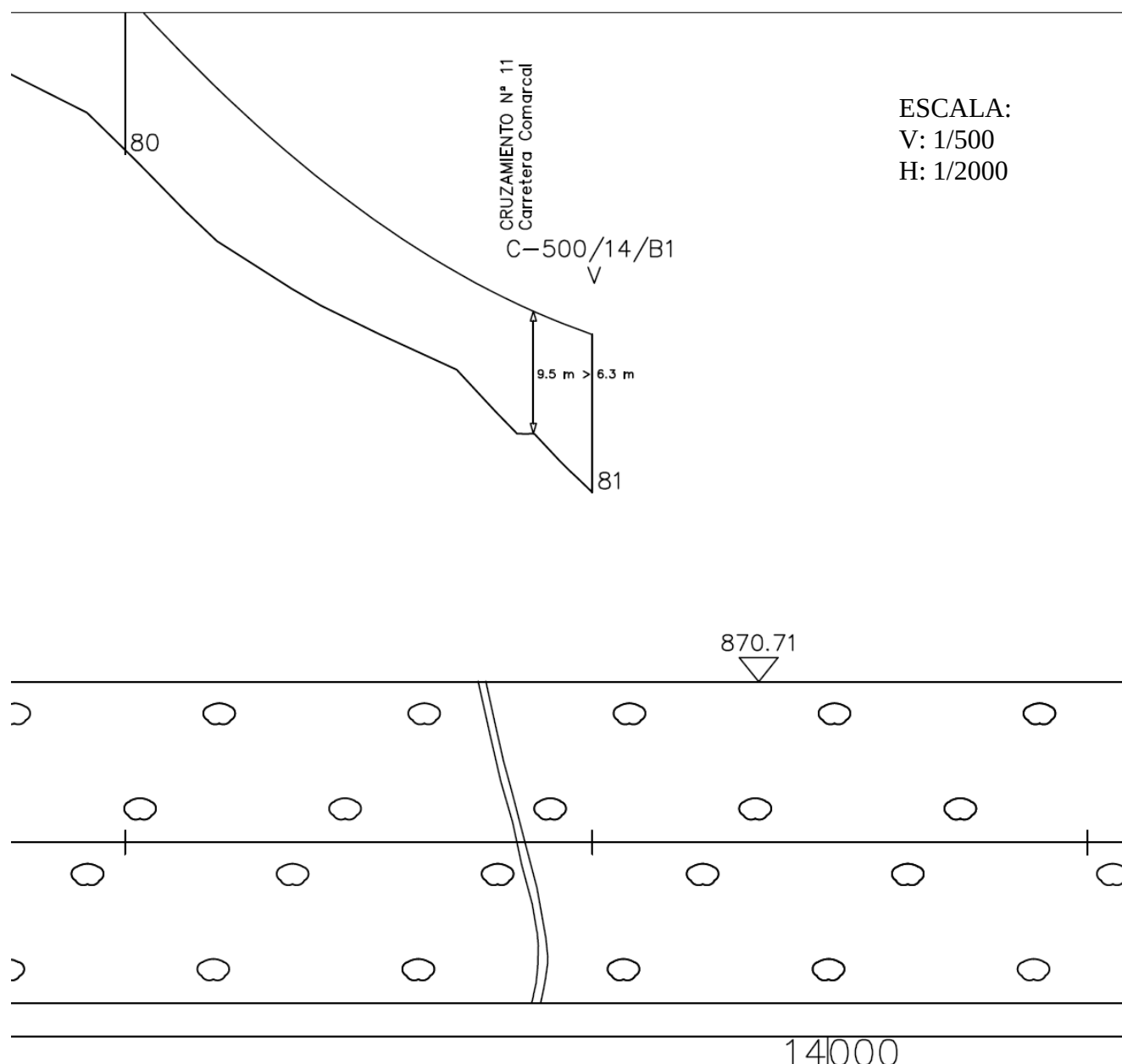


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-747

CRUZAMIENTO N°11 Localización del cruzamiento: km 1

Organismos afectados: Término municipal de Valderredible

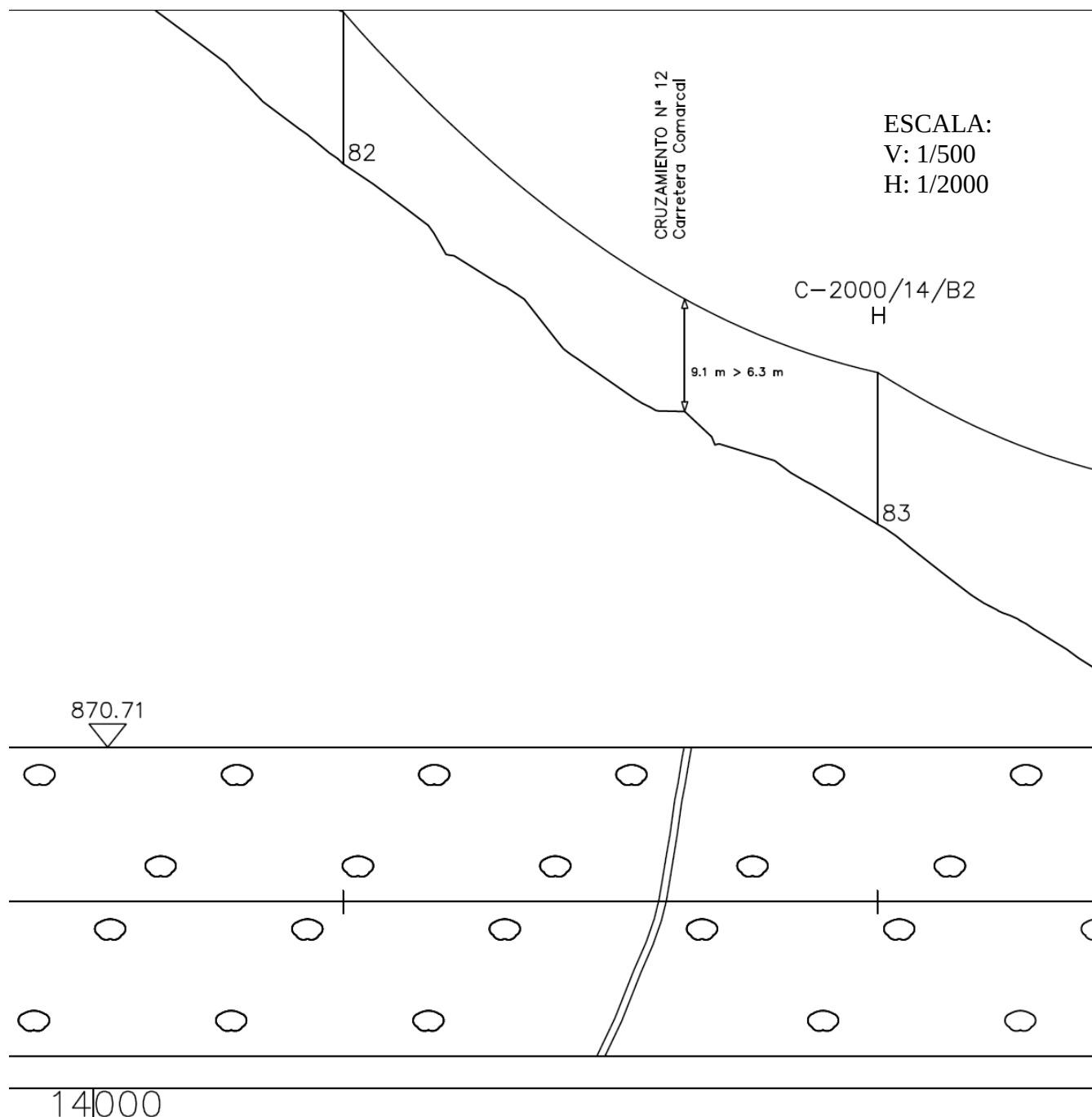


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-746

CRUZAMIENTO N°12 Localización del cruzamiento: km 2

Organismos afectados: Término municipal de Valderredible

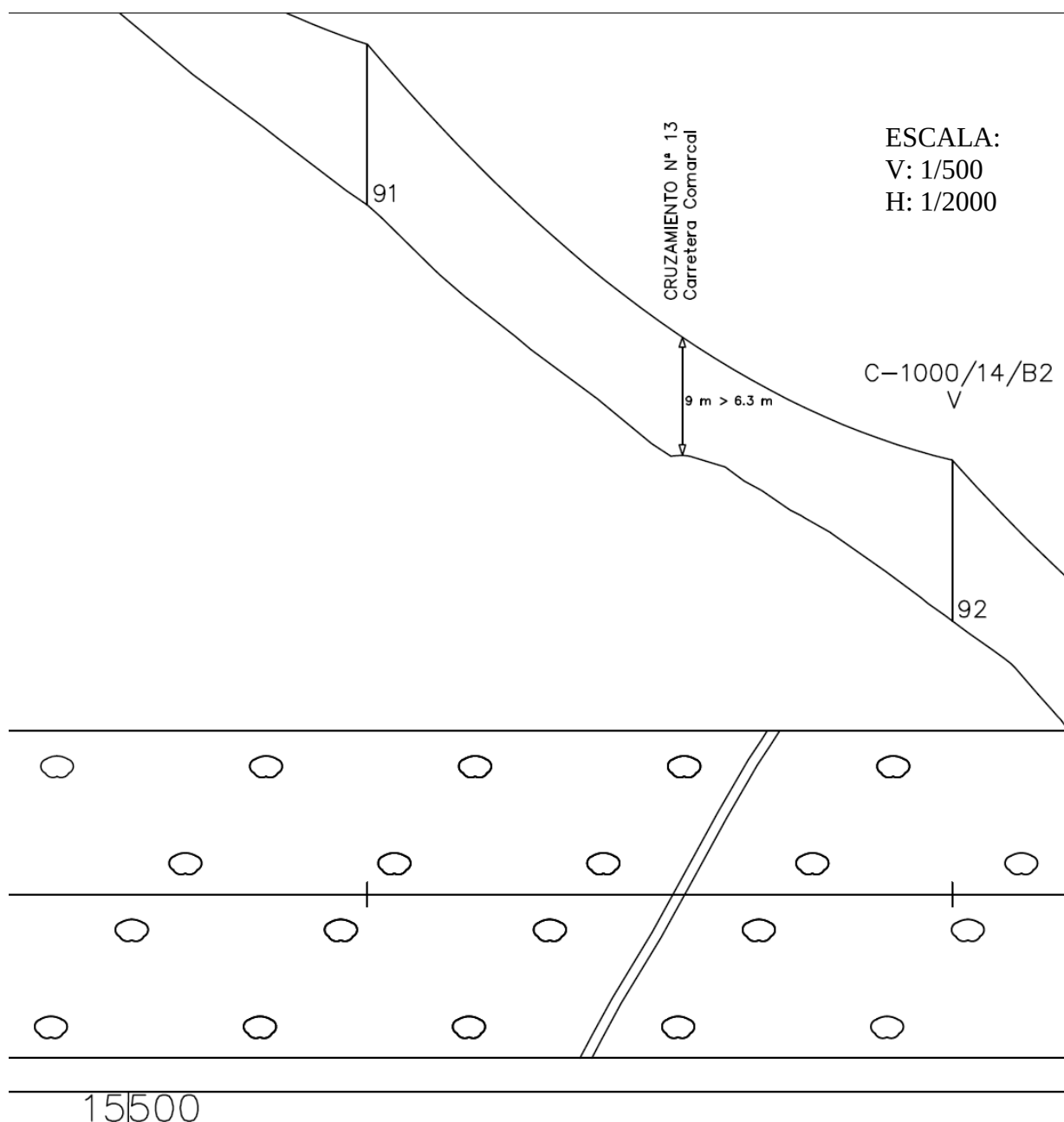


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tipo de cruzamiento: Carretera comarcal CA-745

CRUZAMIENTO N°13 Localización del cruzamiento: km 4

Organismos afectados: Término municipal de Valderredible

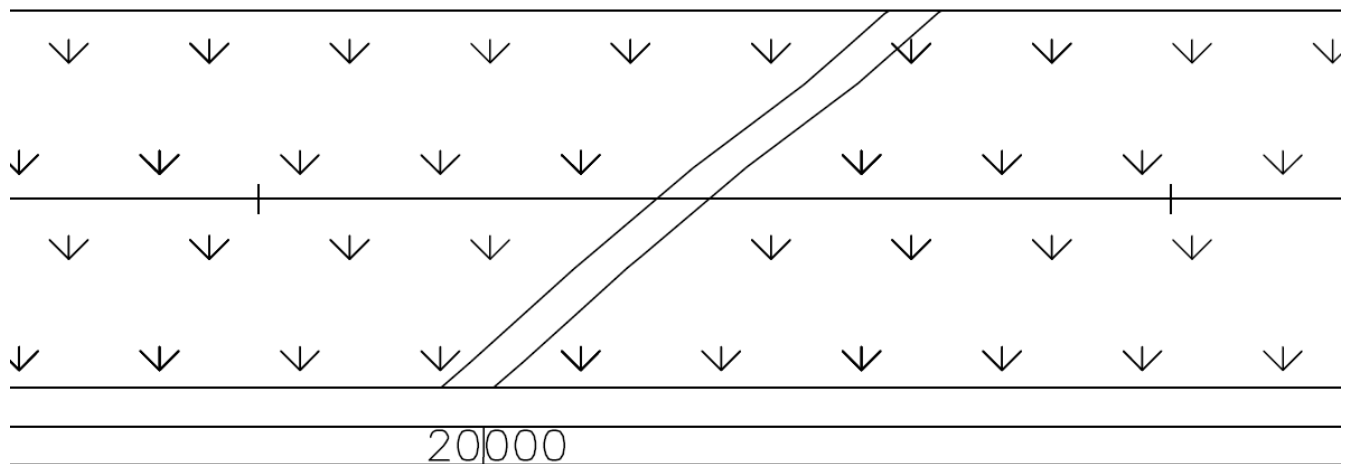
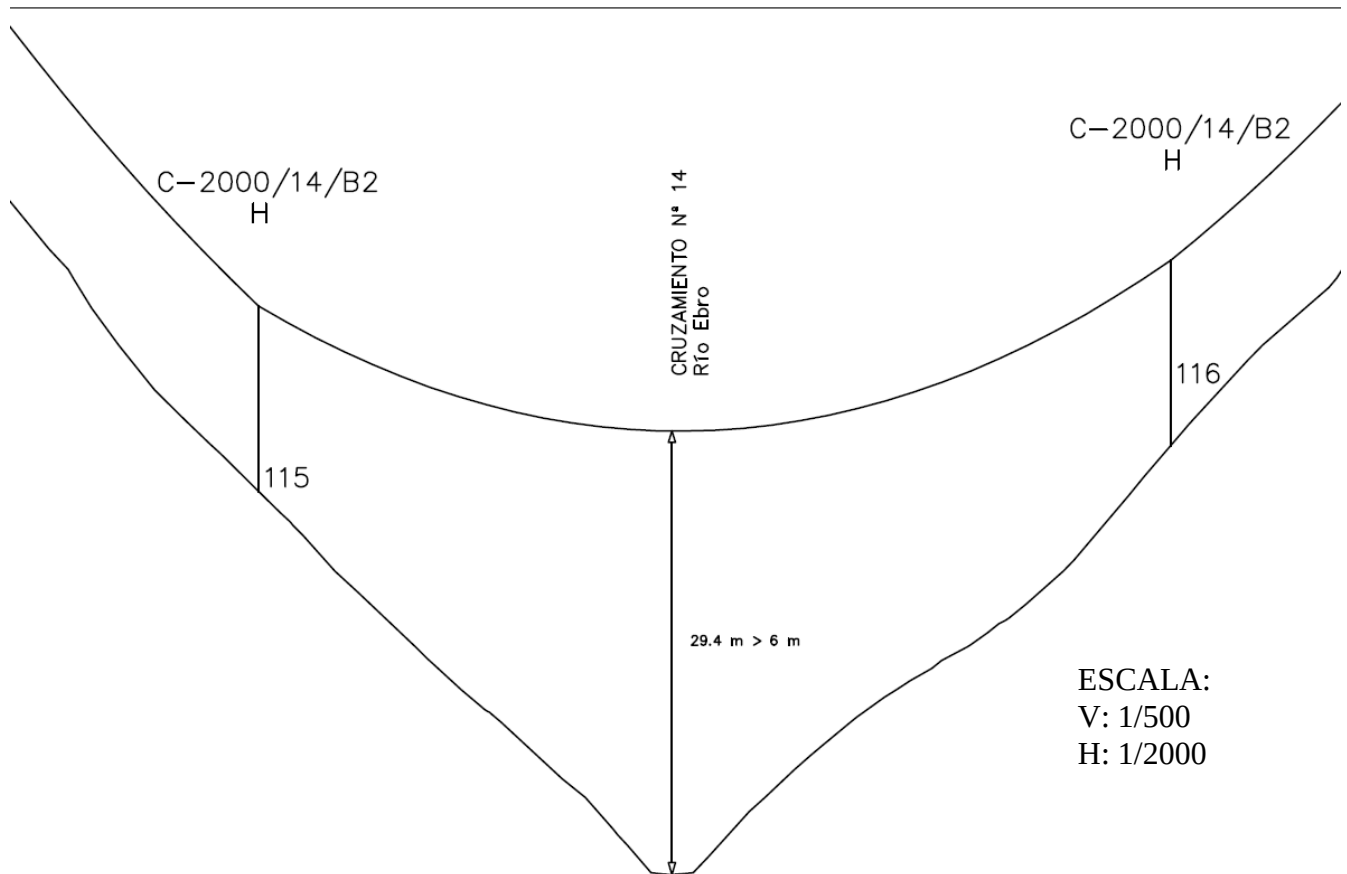


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Tipo de cruzamiento: Río Ebro

CRUZAMIENTO N°14 Localización del cruzamiento: km 1

Organismos afectados: Confederación hidrográfica del norte



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

12. ANEXOS

En este documento referente a la memoria del proyecto se adjuntan una serie de anexos que se encargan de desarrollar, justificar o aclarar apartados específicos del Proyecto. Los anexos se corresponden con los siguientes apartados:

- *Datos de partida:* en él se recogen datos y especificaciones necesarias para el inicio de la redacción del proyecto.
- *Cálculos:* en este anexo se efectúan los cálculos que justifican tanto el estudio de alternativas como la definición final de instalaciones, maquinaria, equipos y materiales.
- *Puesta a tierra:* con este anexo se muestran las características de la puesta a tierra diseñada para la línea al mismo tiempo que se determina la importancia de poseer este sistema de seguridad.
- *Seguridad y salud:* este anexo muestra una serie de recomendaciones que hacen referencia a la seguridad y la higiene necesarias tanto durante la fase de construcción como durante el mantenimiento de las instalaciones.
- *Impacto medioambiental:* en este apartado se recoge el conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución del presente proyecto puede causar sobre el medio ambiente.

ANEXO I:

DATOS DE PARTIDA

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”**

ANEXO I: DATOS DE PARTIDA

Índice

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. TENSIONES NOMINALES.....	1
3. CATEGORÍA DE LA LÍNEA	2
4. ZONA POR ALTITUD.....	2
5. LONGITUD DE LA LÍNEA.....	3
6. NIVELES DE AISLAMIENTO.....	3
7. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	5

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”**

1. INTRODUCCIÓN

En este anexo se indican los datos de partida con que se encuentra al comienzo de la elaboración del proyecto desarrollado.

2. TENSIONES NOMINALES

Las tensiones nominales normalizadas (U_n) vienen definidas en el apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T, por medio de la siguiente tabla, tomándose de no ser normalizada la tensión, la inmediatamente superior.

TENSIÓN NOMINAL DE LA RED (U_n) kV	TENSIÓN MÁS ELEVADA DE LA RED (U_s) kV
3	3.6
6	7.2
10	12
15	17.5
20	24
25	30
30	36
45	52
66	72.5
110	122.3
132	145
150	170
220	245
400	420

En el presente proyecto se usa una tensión normalizada según marca el reglamento en la tabla adjunta:

- Tensión nominal: $U_n=30$ kV.
- Tensión más elevada: $U_s=36$ kV.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

3. CATEGORÍA DE LA LÍNEA

Las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, según lo establecido en el artículo 3 del R.L.A.T., se clasificarán, atendiendo a su tensión nominal, en las categorías siguientes:

- a) *Categoría especial*: Las de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la red de transporte conforme a lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- b) *Primera categoría*: Las de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- c) *Segunda categoría*: Las de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- d) *Tercera categoría*: Las de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Si en la línea existen circuitos o elementos en los que se utilicen distintas tensiones, el conjunto de la línea se considerará, a efectos administrativos, al valor de la mayor tensión nominal. Cuando en el proyecto de una nueva línea se considere necesaria la adopción de una tensión nominal superior a 400 kV, la Administración competente establecerá la tensión que deba autorizarse.

Tendiendo a la clasificación anterior, se concluye que la línea estudiada en el presente proyecto es de **Tercera Categoría**, ya que su tensión nominal es de 30 kV.

4. ZONA POR ALTITUD

En el Apartado 3.1.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT se determinan tres zonas diferentes para las líneas eléctricas en función de la altitud a la que se localicen las mismas:

- **Zona A**: Situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- **Zona B**: Situada a una altitud comprendida entre los 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

- **Zona C:** Situada a más de 1000 metros de altitud sobre el nivel del mar.

La altitud del terreno sobre el que discurre la línea oscila entre un valor máximo de 1063 metros hasta un mínimo de 704 metros, siendo la altitud media de todo el trazado de 883 metros. Según el apartado 3.1.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, la línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 12623 metros (apoyos del 1 al 72) distancia a la que pasa a situarse en zona C (situada a más de mil metros de altitud sobre el nivel del mar) a lo largo de 1260 metros (apoyos del 73 al 80) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona B a lo largo de 1109 metros (apoyos del 81 al 86) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona C a lo largo de 711 metros (apoyos del 87 al 91) distancia a la que pasa a situarse en zona B, hasta el final de la línea.

5. LONGITUD DE LA LÍNEA

La longitud de la línea eléctrica, conocidos tanto el punto inicial, subestación de Mataporquera (Valdeolea), y el final de la misma, subestación de Polientes, la longitud de la misma es de 21214 metros.

6. NIVELES DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento se define por las tensiones soportadas bajo lluvia, a 50 Hz, durante un minuto y con onda de impulso de 1,2/50 microsegundos, según normas de la Comisión Electrotécnica Internacional.

Los niveles de aislamiento mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, tal como se definió con anterioridad quedan reflejados en la tabla correspondiente al apartado 4.4. de la ITC-LAT 07 del RLAT.

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla se seguirá lo indicado en las Normas UNE-EN 60071-1 y UNE-EN 60071-2.

La línea analizada en el presente proyecto posee una tensión máxima $U_m = 36$ kV eficaces.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

Tensión más elevada para el material U_m kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3.6	10	20
		40
7.2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17.5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52	95	250
72.5	140	325

Conocido el valor de tensión máxima y analizando la mencionada tabla presentada en el RLAT y anteriormente mostrada, se concluye que para el diseño de la línea se dispone de los siguientes valores:

- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial: **70 kV (valor eficaz).**
- Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo: **170 kV (valor eficaz).**

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

7. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

Dado que no se dispone de un estudio que analice las características del terreno, y debido a la complejidad y coste que requiere el mismo, para simplificar los cálculos se considerará para todos los cálculos unas características resistentes del terreno medio.

Para definir las propiedades resistentes del terreno se empleará el Coeficiente de Balasto. El módulo de Reacción o Coeficiente de Balasto se define como la relación entre la tensión capaz de generar una penetración de la paca en el terreno de 0.05”, que equivale a una deformación de 0.127 cm, es decir, que este coeficiente es la pendiente de la recta que une el origen de coordenadas con el punto de la curva “tensión-deformación” que genera una asentamiento de la placa de 0.127 cm, como se aprecia en la siguiente figura:

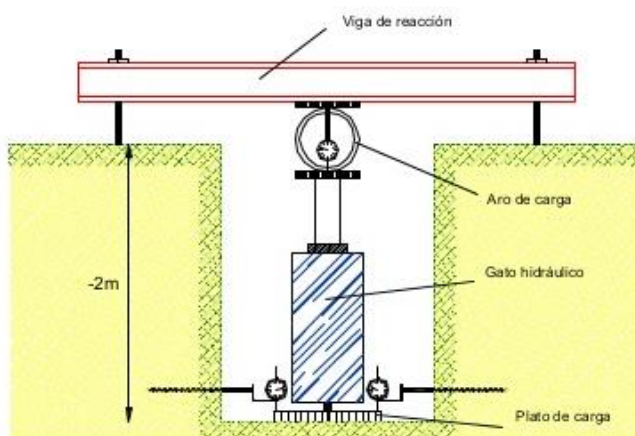


Figura N° 1: Ensayo de plato de carga

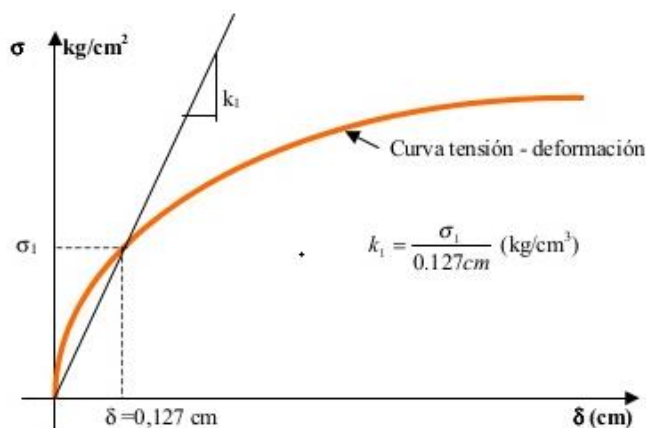


Figura N° 2: Coeficiente de balasto

ANEXO II: CÁLCULOS

ANEXO II: CÁLCULOS

Índice

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	1
2.1) Especificaciones generales.....	1
2.2) Densidad de corriente e intensidad máxima admisible en los conductores ..	2
2.3) Capacidad de transporte	3
2.4) Constantes kilométricas	3
2.4.1) Resistencia eléctrica	3
2.4.2) Reactancia de autoinducción.....	3
2.4.3) Susceptancia.....	5
2.4.4) Perditancia.....	5
2.4.5) Capacidad.....	5
2.4.6) Impedancia	5
2.4.7) Admitancia	5
Valores de las constantes eléctricas.....	5
2.5) Efecto Corona	6
2.6) Caída de tensión	7
3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD	8
3.1) Introducción	8
3.2) Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas	9
3.3) Prescripciones especiales	11
3.4) Distancias en el apoyo.....	13
3.4.1) Distancias entre conductores y ángulo de oscilación.....	13
3.4.2) Vano máximo por separación entre conductores. Selección del armado	15
3.4.3) Distancias entre conductores y partes puestas a tierra	45
3.5) Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables.	46
3.6) Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de	

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

telecomunicación.....	47
3.6.1) Cruzamientos	47
3.6.2) Paralelismos entre líneas eléctricas	50
3.6.3) Paralelismo entre líneas eléctricas y líneas de telecomunicación	51
3.7) Distancias a carreteras.....	51
3.7.1) Cruzamientos	52
3.7.2) Paralelismos	52
3.8) Distancias a ferrocarriles sin electrificar.....	52
3.8.1) Cruzamientos	53
3.8.2) Paralelismos	54
3.9) Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses	54
3.9.1) Cruzamientos	54
3.9.2) Paralelismos	55
3.10) Distancias a teleféricos y cables transportadores	55
3.10.1) Cruzamientos	55
3.10.2) Paralelismos	56
3.11) Distancias a ríos y canales, navegables o flotables	56
3.11.1) Cruzamientos	57
3.11.2) Paralelismos	58
3.12) Paso por zonas.....	58
3.12.1) Bosques, árboles y masas de arbolado	58
3.12.2) Edificios, construcciones y zonas urbanas	60
3.12.3) Proximidad a aeropuertos.....	61
3.12.4) Proximidad a parques eólicos	61
3.12.5) Proximidades a obras.	62
4. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES	62
4.1) Objetivo del cálculo mecánico de conductores.....	62
4.2) Conceptos previos al cálculo mecánico del conductor	62
4.2.1) Ecuación de la catenaria.....	62

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

4.2.2) Comparación entre la catenaria y la parábola	65
4.2.3) Longitud del conductor	66
4.2.4) Acciones sobre los conductores	68
4.2.4.1) Acción del peso propio	69
4.2.4.2) Acción del viento	69
4.2.4.3) Acción del hielo	71
4.2.4.4) Acción de la temperatura	71
4.2.4.5) Acción de la elasticidad	72
4.2.5) Ecuación de cambio de condiciones	72
4.2.6) Tensión de cada día (Every day stress, EDS)	75
4.3) Cálculo mecánico del conductor	77
4.3.1) Tracción máxima admisible	77
4.3.2) Comprobación de fenómenos vibratorios	83
4.3.3) Flechas máximas de los conductores y cables de tierra	83
4.4) Vano ideal de regulación.....	89
5. TRAZADO DE LA LÍNEA Y DISTRIBUCIÓN DE APOYOS	98
5.1) Etapas de la determinación de la traza	98
5.2) Servidumbre de paso	99
5.3) Distribución de apoyos.....	100
5.4) Curva característica de un cable.....	100
5.5) Plantilla de distribución de apoyos	101
5.6) Tipo de apoyo. Selección amarre o suspensión	111
6. AISLAMIENTO.....	119
6.1) Introducción	119
6.1.1) Condiciones generales.....	119
6.1.2) Materiales empleados en los aisladores	120
6.1.3) Tipos de aisladores.....	121
6.2) Coordinación del aislamiento.....	123
6.3) Cálculo eléctrico. Grado de aislamiento	125
6.4) Cálculo mecánico.....	131

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

7. CÁLCULO MECÁNICO EN LOS APOYOS	132
7.1) Introducción al cálculo mecánico en los apoyos.....	132
7.2) Apoyos situados en Zona B y C	135
7.2.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación.....	135
7.2.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo	138
7.2.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje.....	140
7.2.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y final de línea	141
7.3) Resultado del cálculo mecánico	144
8. CIMENTACIONES	158
8.1) Introducción al cálculo de cimentaciones	158
8.2) Cimentaciones monobloque	158
8.2.1) Características	158
8.2.2) Cálculo de las cimentaciones monobloque	159
8.3) Cimentaciones en los apoyos presentes en el proyecto.....	161

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. INTRODUCCIÓN

En el documento Cálculos del presente proyecto se realizan todos los cálculos necesarios tanto para justificar el estudio de alternativas como para la definición final de la línea eléctrica.

Todos los cálculos necesarios aparecerán en esta apartado y a él se hará referencia en los otros documentos siempre que sea necesario.

Se presentan en este anexo tanto los cálculos mecánicos como los eléctricos, justificando los mismos según reglamentación vigente correspondiente.

2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.1) Especificaciones generales

A continuación se detallan las características de la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto sobre la cual posteriormente se realizarán los cálculos eléctricos pertinentes:

Condiciones de funcionamiento:

- *Tensión:* 30 kV
- *Frecuencia:* 50 Hz
- *Longitud:* 21214 metros
- *Conductor:* LA-110
- *Nº de apoyos:* 123
- *Origen de la línea:* Apoyo nº1 (Subestación de Mataporquera)
- *Final de la línea:* Apoyo nº 123 (Subestación de Polientes)

Especificaciones de la línea proyectada

- *Categoría:* 2ª
- *Tensión nominal:* 30 kV
- *Nº de circuitos trifásicos:* 1 (simplex)
- *Apoyos:* Torres metálicas serie “Acacia”

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Zona por altitud:* zona B (altitud comprendida entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 12623 metros (apoyos del 1 al 72) distancia a la que pasa a situarse en zona C (situada a más de mil metros de altitud sobre el nivel del mar) a lo largo de 1260 metros (apoyos del 73 al 80) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona B a lo largo de 1109 metros (apoyos del 81 al 86) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona C a lo largo de 711 metros (apoyos del 87 al 91) distancia a la que pasa a situarse en zona B, hasta el final de la línea.

Características del conductor empleado:

- *Denominación:* LA-110
- *Sección de aluminio:* 94.25 mm²
- *Sección de acero:* 21.99 mm²
- *Sección total:* 116.24 mm²
- *Número de alambre de Aluminio:* 30
- *Diámetro de los alambres de aluminio:* 2.25 mm
- *Número de alambre de acero:* 7
- *Diámetro de los alambres de acero:* 2 mm
- *Diámetro aparente del cable:* 14 mm
- *Carga de rotura:* 4398 kg
- *Módulo de elasticidad:* 8200 kg/mm²
- *Coefficiente de dilatación lineal:* 17.8 10⁻⁶ °C
- *Peso:* 433 kg/km
- *Resistencia eléctrica a 20 °C:* 0.307 Ω/km
- *Densidad de corriente máxima permitida:* 3.4579 A/mm²
- *Intensidad máxima admisible:* 401.96 A
- *Equivalencia en cobre:* 60 mm²

2.2) Densidad de corriente e intensidad máxima admisible en los conductores

A partir de los valores mostrados en el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. es posible deducir la densidad máxima de corriente en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia nominal de 50 Hz del conductor LA-110.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para el conductor LA-110, dado que en el apartado del reglamento anteriormente mencionado no aparece un valor de densidad asociado a su sección total, debemos realizar una interpolación.

$$\left. \begin{array}{lll} 95 \text{ mm}^2 & \text{-----} & 3.2 \text{ A/mm}^2 \\ 116.24 \text{ mm}^2 & \text{-----} & X \text{ A/mm}^2 \\ 125 \text{ mm}^2 & \text{-----} & 2.9 \text{ A/mm}^2 \end{array} \right\} \delta_{m\acute{a}x} = 2.988 \text{ A/mm}^2$$

Para cables de aluminio-acero, entre ellos el LA-110, es necesario aplicar un coeficiente de reducción a la densidad de la corriente anteriormente obtenida. Dado que la composición del conductor es 30+7, la densidad máxima admisible resulta:

$$\delta_{adm} = 2.988 * 0.916 = 2.7366 \text{ A/mm}^2$$

Conocida tanto la densidad máxima admisible del conductor como su sección, es posible determinar el valor de la intensidad admisible:

$$I_{m\acute{a}x} = \delta_{m\acute{a}x} * S = 318.11 \text{ A}$$

2.3) Capacidad de transporte

Para determinar la capacidad de la línea objeto del proyecto, siendo conocida su intensidad máxima admisible, se emplea la siguiente expresión.

$$P = \sqrt{3} * U * I_{m\acute{a}x} * \cos\varphi$$

En función de los valores más usuales del $\cos\varphi$ la capacidad de la línea en cada caso resulta:

- Para $\cos\varphi = 0.8 \rightarrow P_{m\acute{a}x} = 13,223.54 \text{ kW}$
- Para $\cos\varphi = 0.9 \rightarrow P_{m\acute{a}x} = 14,876.53 \text{ kW}$
- Para $\cos\varphi = 1 \rightarrow P_{m\acute{a}x} = 16,529.48 \text{ kW}$

2.4) Constantes kilométricas

Una línea eléctrica se define a partir de las siguientes constantes eléctricas:

2.4.1) Resistencia eléctrica

Para el conductor seleccionado la línea presenta una resistencia eléctrica a la temperatura de 20 °C de 0.307 Ω/km

2.4.2) Reactancia de autoinducción

Para obtener la reactancia kilométrica de la línea se emplea la siguiente expresión:

Siendo:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$X = 2 * \pi * f * L \Omega / km$$

L: el coeficiente de autoinducción, su valor se determina según la siguiente ecuación:

$$L = \left(0.5 + 4.065 * \log \frac{D}{r} \right) * 10^{-4} \frac{H}{km}$$

Sustituyendo esta expresión en la anterior se obtiene:

$$X = 2 * \pi * f * \left(0.5 + 4.065 * \log \frac{D}{r} \right) * 10^{-4} \Omega / km$$

En donde:

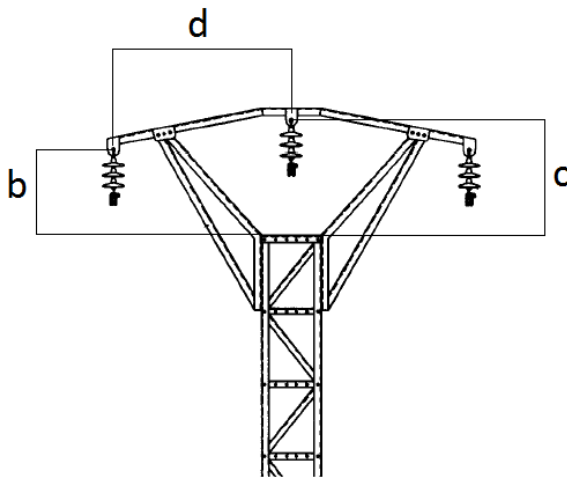
X = Reactancia en Ω / km .

F = Frecuencia de la red en hertzios (50 Hz).

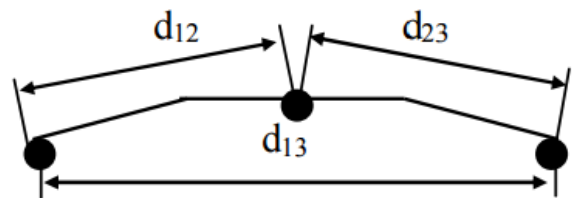
D = Separación media geométrica entre conductores en mm.

r = Radio del conductor en mm.

La separación geométrica entre conductores se encuentra determinada por el tipo de armado seleccionado en el diseño de la línea. Para ejecutar el proyecto se ha seleccionado 68 apoyos con armado “B1”, 50 apoyos con armado “B2” y 5 apoyos con armado “B3”. Se calculará la reactancia para los armados “B1” y “B2”, y utilizaremos la que nos dé un resultado mayor.



Armado	d (m)	b (m)	c(m)
B1	1.5	0.70	1,15
B2	2	1	1,6



$$D_{B1} = \sqrt[3]{d_{12} * d_{13} * d_{23}} = 2.018 m$$

$$D_{B2} = \sqrt[3]{d_{12} * d_{13} * d_{23}} = 2.714 m$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Por tanto, conocidos todos los términos de la expresión, el valor de la reactancia de la línea es:

$$X_{B1} = 2\pi * f * \left(0.5 + 4.605 * \log \frac{D_{B1}}{r}\right) * 10^{-4} = 0.372 \Omega/km$$

$$X_{B2} = 2\pi * f * \left(0.5 + 4.605 * \log \frac{D_{B2}}{r}\right) * 10^{-4} = 0.39 \Omega/km$$

Se obtiene que la reactancia de la línea sea, la más restrictiva de las dos calculadas: **$X = 0.39 \Omega/km$**

2.4.3) Susceptancia

Se puede considerar un valor medio nulo, debido a la escasez de relevancia en la línea sujeta a estudio.

2.4.4) Perditancia

Debido a la pequeña importancia que presenta en la línea estudiada, no se considera necesario proceder a su cálculo.

2.4.5) Capacidad

Puesto que la frecuencia de una línea de transporte de energía y la capacidad específica son constantes, la corriente capacitiva va a depender de la longitud de la línea y de la tensión. La línea aérea analizada en el presente proyecto es de corta longitud, en consecuencia, es posible despreciar la capacidad.

2.4.6) Impedancia

La impedancia se obtiene como la suma la resistencia y la reactancia en forma compleja, es decir:

$$Z = R + jX = 0.307 + j0.39 \Omega/km = 0.4963_{(51.79)} \Omega/km$$

2.4.7) Admitancia

La admitancia es la inversa de la impedancia:

$$Y = \frac{1}{Z} = 2.015_{(-51.79)} S/km$$

Valores de las constantes eléctricas

El valor de las constantes eléctricas de la línea teniendo en cuenta que su longitud es de 21214 metros es:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Resistencia eléctrica: **$R=6.51 \Omega$**
- Reactancia de autoinducción: **$X=8.27 \Omega$**
- Impedancia: **$Z=6.51+j8.27=10.52_{(51.79)} \Omega$**
- Admitancia: **$Y=0.095_{(-51.79)} S$**

2.5) Efecto Corona

En una línea eléctrica se van a producir pérdidas de energía debidas por una parte a la dispersión, otras debido al efecto Joule y por último, por efecto corona.

El efecto corona consiste en, la ionización del aire que rodea a los conductores de Alta Tensión. Este fenómeno tiene lugar cuando el gradiente eléctrico supera la rigidez dieléctrica del aire y se manifiesta en forma de pequeñas chispas o descargas a escasos centímetros de los cables.

Las líneas eléctricas se diseñan para que el efecto corona sea mínimo, puesto que también suponen una pérdida en su capacidad de transporte de energía; en su aparición e intensidad influyen los siguientes condicionantes:

Tensión de la línea: cuanto mayor sea la tensión de funcionamiento de la línea, mayor será el gradiente eléctrico en la superficie de los cables y, por tanto, mayor el efecto corona. En realidad sólo se produce en líneas de tensión superior a 80 kV.

La humedad relativa del aire: una mayor humedad, especialmente en caso de lluvia o niebla, incrementa de forma importante el efecto corona.

El estado de la superficie del conductor: las rugosidades, irregularidades, defectos, impurezas adheridas, etc., incrementan el efecto corona.

Número de subconductores: el efecto corona será menor cuanto más subconductores tenga cada fase de la línea.

Como consecuencia del efecto corona se produce una emisión de energía acústica y energía electromagnética en el rango de las radiofrecuencias, de forma que los conductores pueden generar ruido e interferencias en la radio y la televisión; otra consecuencia es la producción de ozono y óxidos de nitrógeno.

El efecto corona es un fenómeno ampliamente conocido y no representa ningún peligro para la salud. En este sentido, la Organización Mundial de la Salud declaraba en una Nota Descriptiva publicada en noviembre de 1998 que “Ninguno de estos

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

efectos (debidos al efecto corona) es suficientemente importante para afectar a la salud.”

El ruido provocado por el efecto corona consiste en un zumbido de baja frecuencia (sobre los 100 Hz) provocado, a su vez, por el movimiento de los iones y un chisporroteo producido por las descargas eléctricas.

(Entre 0,4 y 16 kHz). Son ruidos de pequeña intensidad que en muchos casos apenas son perceptibles; únicamente cuando el efecto corona sea elevado se percibirán en la proximidad inmediata de las líneas de muy Alta Tensión, disminuyendo rápidamente al aumentar la distancia a la línea.

Cuando la humedad relativa es elevada, por ejemplo cuando llueve o en condiciones de niebla, el efecto corona aumenta mucho, dando lugar a un incremento importante del ruido audible. Sin embargo, este ruido generalmente queda opacado por el producido por las gotas de lluvia golpeando en el suelo, tejados, ropa, etc., que provoca un nivel acústico superior.

La tensión para la cual comienzan las pérdidas a través del aire se llama tensión crítica disruptiva, para cuyo valor el fenómeno no es aún visible. Los efluvios se hacen luminosos cuando se alcanza la tensión crítica visual. O sea, que la disruptiva es de menor valor que la visual.

La consecuencia práctica del efecto corona es, en definitiva, una corriente de fuga análoga a la debida a la conductancia del aislamiento, la que representa una pérdida en la energía transmitida por la línea. Esta pérdida comienza a producirse cuando la tensión de la línea supera la tensión crítica disruptiva.

El RLAT establece en el apartado 4.3 de la ITC-LAT 07 que será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV. Asimismo, en aquellas líneas de tensión nominal entre 30 kV y 66 kV, ambas inclusive, que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deberá realizarse la citada comprobación.

Por lo tanto, como la tensión nominal de la línea diseñada en el presente proyecto es de 30 kV no es preciso el cálculo del efecto corona.

2.6) Caída de tensión

La caída de tensión en una línea, debida a la resistividad y reactancia de la misma, despreciando la influencia de la capacitancia, viene dada por la siguiente expresión:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

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

Siendo:

- ΔU : Caída de tensión compuesta, (V).
- I : La intensidad de la línea (A).
- R : Resistividad de la línea (Ω/km).
- X : Reactancia de la línea (Ω/km).
- L : Longitud de la línea (km).
- Φ : Ángulo de desfase.

La caída de tensión admisible para la línea estudiada es de un 7%:

$$\Delta U(\%) = 7\% = 2100 \text{ V}$$

Podemos expresar la intensidad, en función de la caída de tensión que se produce en la línea, en la situación más desfavorable, $\cos \varphi = 0.8$.

$$I_{\text{máx}} = \frac{\Delta U}{\sqrt{3}(R \cos \varphi + X \sin \varphi)L} = 119.17 \text{ A}$$

Por lo que se concluye, que la potencia máxima que se puede transportar en la línea del presente proyecto:

- Para $\cos \varphi = 0.8 \rightarrow P_{\text{máx}} = 4,953.80 \text{ kW}$
- Para $\cos \varphi = 0.9 \rightarrow P_{\text{máx}} = 5,573.03 \text{ kW}$
- Para $\cos \varphi = 1 \rightarrow P_{\text{máx}} = 6,192.25 \text{ kW}$

3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

3.1) Introducción

Es necesario distinguir entre distancias *internas* y *externas*.

- Las distancias *internas* son para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir sobretensiones.
- Las distancias *externas* son utilizadas para determinar las distancias de seguridad entre los conductores en tensión y los objetos debajo o en las proximidades de la línea.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Las distancias dadas en los siguientes apartados no son aplicables cuando se realicen trabajos en tensión, para los cuales se deberá aplicar el R.D 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

Las distancias se refieren a las líneas de transmisión que usan conductores desnudos.

Cuando no se especifique que la distancia es “horizontal” o “vertical”, será tomada la menor entre las partes con tensión y el objeto considerado, teniéndose en cuenta en el caso de cara con viento la desviación de los conductores y de la cadena de aisladores.

3.2) Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

De acuerdo con la ITC-LAT 07 apartado 5.2. Se consideran tres tipos de distancias eléctricas

- **D_{el}** : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra en sobretensiones de frente lento o rápido. La distancia **D_{el}** puede ser tanto *interna*, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como *externa*, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- **D_{pp}** : Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente rápido o lento. La distancia **D_{pp}** es una distancia *interna*.
- **a_{som}** : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta, en línea recta, entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias *internas* y *externas*.

- a. La distancia eléctrica, **D_{el}** , previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- b. La distancia eléctrica, D_{pp} , previene de descargar eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.
- c. Es necesario añadir a la distancia externa, D_{el} , una distancia de aislamiento adiciones, D_{add} , para que en las distancias mínimas de seguridad al suelo, a otras líneas eléctricas, zonas de arbolado, etc. Se asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor que D_{el} de la línea eléctrica.
- d. La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, a_{som} , debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ($D_{add} + D_{el}$) deben de ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som} .

Los valores de D_{el} y D_{pp} , en función de la tensión más elevada de la línea U_s , serán los indicados en la siguiente tabla:

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
3.6	0.08	0.10
7.2	0.09	0.10
12	0.12	0.15
17.5	0.16	0.20
24	0.22	0.25
30	0.27	0.33
36	0.35	0.40
52	0.60	0.70
72.5	0.70	0.80
123	1.00	1.15
145	1.20	1.40
170	1.30	1.50
245	1.70	2.00
420	2.80	3.20

Tabla 15. Distancias de aislamiento eléctrico

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

En el presente proyecto, la tensión nominal es de 30 kV, por tanto, al ser una tensión normalizada, tomamos los valores de la tabla que corresponden. Por lo que se concluye que:

- $U_s = 36 \text{ kV}$
- $D_{el} = 0.35 \text{ m}$
- $D_{pp} = 0.40 \text{ m}$

3.3) Prescripciones especiales

Tal y como se indica en el Apartado 5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, en ciertas situaciones, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, además de las consideraciones generales anteriores, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en el presente apartado.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

En aquellos tramos de línea en que, debido a sus características especiales y de acuerdo con lo que más adelante se indica, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, no será necesario el empleo de apoyos distintos de los que corresponda establecer por su situación en la línea (alineación, ángulo, anclaje, etc.), ni la limitación de longitud en los vanos, que podrá ser la adecuada con arreglo al perfil del terreno ya la altura de los apoyos. Por el contrario, en dichos tramos serán de aplicación las siguientes prescripciones especiales:

- a) Ningún conductor o cable de tierra tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 daN en líneas de tensión nominal superior a 30 kV. Los conductores y cables de tierra no presentarán ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose durante la explotación y por causa de la reparación de averías, la existencia de un empalme por vano.
- b) Se prohíbe la utilización de apoyos de madera.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

c) Los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25% superior a los establecidos para la línea en los apartados 3.5 y 3.6. Esta prescripción no se aplica a las líneas de categoría especial, ya que la resistencia mecánica de los apoyos se determina considerando una velocidad mínima de viento de 140 km/h y una hipótesis con cargas combinadas de hielo y viento.

d) La fijación de los conductores al apoyo deberá ser realizada de la forma siguiente:

d.1) En el caso de líneas sobre aislador rígido se colocarán dos aisladores por conductor, dispuestos en forma transversal al eje del mismo, de modo que sobre uno de ellos apoye el conductor y sobre el otro un puente que se extienda en ambas direcciones, y de una longitud suficientes para que en caso de formarse el arco a tierra sea dentro de la zona del mismo. El puente se fijará en ambos extremos al conductor mediante retenciones o piezas de conexión que aseguren una unión eficaz y, asimismo, las retenciones del conductor y del puente a sus respectivos aisladores serán de diseño apropiado para garantizar una carga de deslizamiento elevada.

d.2) En el caso de líneas con aisladores de cadena, la fijación podrá ser efectuada de una de las formas siguientes:

- Con dos cadenas horizontales de amarre por conductor, una a cada lado del apoyo.

- Con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25% superior a los establecidos en los apartados 3.3 y 3.4, o con una cadena de suspensión doble. En estos casos deberá adoptarse alguna de las siguientes disposiciones:

- Refuerzo del conductor con varillas de protección.

- Descargadores o anillos de guarda que eviten la formación directa de arcos de contorneamiento sobre el conductor.

- Varilla o cables fiadores de acero a ambos lados de la cadena, situados por encima del conductor y de longitud suficiente para que quede protegido en la zona de formación del arco. La unión de los fiadores al conductor se hará por medio de grapas antideslizantes.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para el pintado de color verde en los apoyos de las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión, o cualquier otro pintado que sirva de mimetización con el paisaje, el titular de la instalación deberá contar con la aceptación de los Organismos competentes en materia de misiones de aeronaves en vuelos a baja cota con fines humanitarios y de protección de la naturaleza.

3.4) Distancias en el apoyo

Las distancias mínimas de seguridad en el apoyo, son distancias internas utilizadas únicamente para diseñar una línea con una aceptable capacidad de resistir las sobretensiones.

3.4.1) Distancias entre conductores y ángulo de oscilación

La distancia entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe de ser tal, que no haya resigo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto la separación mínima entre conductores de fase se determinará por la siguiente fórmula:

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

En la cual:

- **D**= Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- **K**= Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la **tabla 16**.
- **K'**= Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea $K'=0.85$ para líneas de categoría especial y $K'=0.75$ para el resto de líneas.
- **F**= Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 del R.L.A.T.
- **L**= Longitud de la cadena de suspensión, en caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos, $L=0$.
- **D_{pp}**= Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de **D_{pp}** se indican en la **Tabla 15**.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores, vienen dados, para cada caso de carga, por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio más la sobrecarga de hielo si procede, según zona, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada para una velocidad de viento de 120 km/h. en función de estos y de la tensión nominal de la línea se establecen unos coeficientes **K**, que se dan en la siguiente tabla:

Ángulo de oscilación	Valores de K	
	Líneas de tensión nominal > 30 kV	Líneas de tensión nominal ≤ 30 kV
Superior a 65°	0.7	0.65
Comprendido entre 40° y 65°	0.65	0.6
Inferior a 40°	0.6	0.55

Tabla 16. Coeficiente K en función del ángulo de oscilación

En el presente proyecto se distingue dos ángulos de oscilación, el correspondiente a las zonas B y C, a continuación se calcularán y obtendremos el valor de **K** en nuestro caso.

Zona B

$$tg\beta = \frac{P_v}{P + P_h}$$

En donde:

P: Peso del conductor=0.433 kg/m.

P_v: Sobrecarga de viento=0.84 kg/m.

P_h: Sobrecarga de hielo=0.67 kg/m.

Por lo tanto, el ángulo de oscilación en los apoyos situados en zona B

$$\beta = \arctg \frac{P_v}{P + P_h} = \arctg \frac{0.84}{0.433 + 0.673} = 37.5^\circ$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Zona C

$$tg\beta = \frac{P_v}{P + P_h}$$

En donde:

P: Peso del conductor=0.433 kg/m.

P_v: Sobrecarga de viento=0.84 kg/m.

P_h: Sobrecarga de hielo=1.347 kg/m.

Por lo tanto, el ángulo de oscilación en los apoyos situados en zona B

$$\beta = \arctg \frac{P_v}{P + P_h} = \arctg \frac{0.84}{0.433 + 1.347} = 25.26^\circ$$

Por tanto, los valores del coeficiente **K**, obtenidos de la **Tabla 16**, resultan:

- Zona B: **K=0.55.**
- Zona C: **K=0.55.**

Estas distancias mínimas se consideran para seleccionar el armado requerido en cada apoyo, tal y como se describe en el siguiente apartado. Por tanto, se garantiza que el diseño cumple con las distancias mínimas de seguridad exigidas por el RLAT.

3.4.2) Vano máximo por separación entre conductores. Selección del armado

En la determinación del armado a emplear se debe considerar la distancia mínima entre conductores de fase. Para ello se debe tener en cuenta que la disposición a emplear en el proyecto es en bóveda y que la expresión para determinar dicha distancia es:

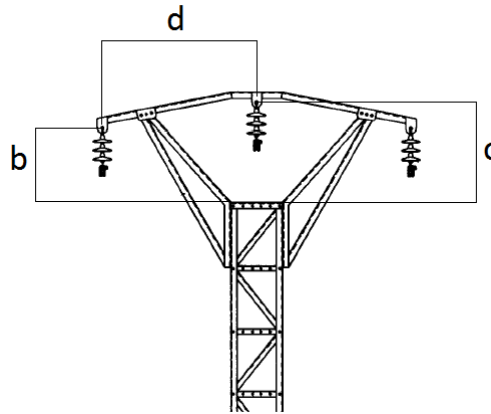
$$D = K\sqrt{F + L} + K'D_{pp}$$

El armado mínimo a considerar para el diseño será el B1. Para este armado la separación mínima entre conductores de fase del mismo circuito responde a la siguiente fórmula:

$$D = \sqrt{d^2 + (c - b)^2}$$

Como se puede comprobar en la siguiente figura.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



Los valores de: “d”, “b” y “c”, para cada uno de los armados utilizados en el presente proyecto, con el valor de la distancia mínima, son los siguientes:

Armado	d (m)	b (m)	c(m)	D(m)
B1	1,5	0,7	1,15	1,57
B2	2	1	1,6	2,09
B3	2,5	1	1,6	2,57

Con este valor de separación mínima entre conductores, en función del armado empleado, se debe calcular el vano máximo por separación entre conductores. Para el cálculo de dicho vano, se deben seguir los siguientes pasos:

1º) Obtener el valor de la flecha considerando que todos son amarres (L=0):

$$F = \left(\frac{D - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 - L$$

Para un armado B1:

$$F_1 = \left(\frac{D - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{1.57 - 0.75' * 0.4}{0.55} \right)^2 = 5.30 \text{ m}$$

Para un armado B2:

$$F_2 = \left(\frac{D - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{2.09 - 0.75' * 0.4}{0.55} \right)^2 = 10.57 \text{ m}$$

Para un armado B3:

$$F_3 = \left(\frac{D - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 - L = \left(\frac{2.57 - 0.75' * 0.4}{0.55} \right)^2 = 17.05 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2º) Acudir a la ecuación de la parábola con este valor de F y despejar el valor del vano máximo por separación de conductores:

$$y = F = \frac{\left(\frac{x}{2}\right)^2}{2C} \quad \Rightarrow \quad x = \sqrt{2C * 4 * F}$$

Una vez se ha determinado la separación máxima entre los apoyos (x), se debe analizar si alguno de los vanos presentes en el regulador posee una separación mayor a esta. En caso de que algún vano tenga una longitud mayor se debe proceder a un armado inmediatamente superior y que cumpla las restricciones.

Para no tener que colocar un armado superior en ambos apoyos del vano, se puede comprobar si con cambiar el armado en uno sólo es suficiente, para ello:

1º) Se calcula una separación entre conductores media entre los armados:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m} \quad D_{m23} = \frac{D_{B2} + D_{B3}}{2} = 2.33 \text{ m}$$

2º) Con esta separación media de conductores obtenemos la flecha:

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m} \quad F_{m23} = \left(\frac{D_{m23} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 \text{ m}$$

3º) Se obtiene un nuevo valor de separación máxima entre apoyos:

$$x_m = \sqrt{2C * 4 * F_m}$$

Si la longitud del vano analizado, no supera el valor x_m , se puede modificar el armado de uno sólo de los apoyos. Se colocará el mayor armado en el apoyo cuyo vano precedente o posterior (según corresponda) posea mayor longitud.

A continuación se realiza el análisis para los distintos vanos que conforman la línea eléctrica del presente proyecto:

Serie 1

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 173.55 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 1-2** = 160m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 2-3** = 152m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 3-4** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 2

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 176.25 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 4-5** = 160m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 5-6** = 168m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 6-7** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Separación entre apoyos 7-8** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.
- Separación entre apoyos 8-9** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.
- Separación entre apoyos 9-10** = 151m < x_{B1} : Es válido el armado B1.
- Separación entre apoyos 10-11** = 150m < x_{B1} : Es válido el armado B1.
- Separación entre apoyos 11-12** = 200m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 11 y 12 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 11-12=200m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 12:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.58 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 11-12 =200m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 12.

- Separación entre apoyos 12-13** = 228m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 12-13 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 12-13 = 228m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 13:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.58 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 12-13 =228m > x_{m12} por lo que, debemos poner en ambos apoyos el armado B2.

- Separación entre apoyos 13-14** = 244m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 13-14 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 13-14 = 244m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 14:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.58 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 13-14 = 244m > x_{m12} por lo que, debemos poner en ambos apoyos el armado B2.

-Separación entre apoyos 14-15 = 178m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 14-15 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 14-15 = 178m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 15:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.58 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 13-14 = 178m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 14.

-Separación entre apoyos 15-16 = 111m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 3

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 176.53 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 16-17 = 194m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 16-17 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 16-17 = 194m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 17:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.13 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 16-17 = 194m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 17.

-Separación entre apoyos 17-18 = 180m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 17-18 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 17-18 = 180m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 17:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.13 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 17-18 = 180m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 17.

-Separación entre apoyos 18-19 = 180m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 18-19 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 18-19 = 180m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 18:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.13 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 18-19 = 180m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 18.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

-**Separación entre apoyos 19-20** = 150m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 20-21** = 175m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 21-22** = 128m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 22-23** = 180m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 22-23 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.92 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 22-23 = 180m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 23:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.13 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 22-23 = 180m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 23.

-**Separación entre apoyos 23-24** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 24-25** = 204m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

Debido a que la separación entre los apoyos 24-25 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 24-25 = 204m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 25:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 24-25 = 204m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 25.

-**Separación entre apoyos 25-26** = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 26-27** = 190m > x_{B1} : No es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Debido a que la separación entre los apoyos 26-27 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 26-27 = 190m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 27:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 26-27 = 190m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 27.

-Separación entre apoyos 27-28 = 196m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 27-28 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 27-28 = 196m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 27:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 27-28 = 196m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 27.

-Separación entre apoyos 28-29 = 197m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 28-29 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 28-29 = 197m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 29:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 28-29 = 197m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 29.

-Separación entre apoyos 29-30 = 160m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 30-31 = 171m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 31-32 = 210m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 31-32 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 31-32 = 210m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 32:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 31-32 = 210m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 32.

-Separación entre apoyos 32-33 = 178m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 32-33 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 32-33 = 178m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 33:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Se cumple que la separación entre apoyos 32-33 = 178m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 33.

Serie 4

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 177.49 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 33-34** = 230m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 33-34 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 250.67 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 33-34 = 230m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 34:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 33-34 = 230m > x_{m12} por lo que, debemos poner en ambos apoyos el armado B2.

-**Separación entre apoyos 34-35** = 273m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 34-35 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 34-35 = 273m > x_{B2} no es válida.

Debido a que la separación entre los apoyos 34 y 35 es mayor a la máxima admitida por el armado B2, analizamos si con el armado superior B3 es suficiente.

$$x_{B3} = \sqrt{2C * 4 * F} = 318.37 \text{ m}$$

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B3 únicamente en el apoyo 35:

$$D_{m23} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 2.33 \text{ m}$$

$$F_{m23} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 \text{ m}$$

$$x_{m23} = \sqrt{2C * 4 * F} = 284.52 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Se cumple que la separación entre apoyos 34-35 = 273m < x_{m23} por lo que, es suficiente emplear el armado B3 en el apoyo 35.

-Separación entre apoyos 35-36 = 190m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 35-36 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 35-36 = 190m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 35:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 35-36 = 190m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 35.

-Separación entre apoyos 36-37 = 156m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 37-38 = 167m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 38-39 = 213m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 38-39 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 38-39 = 213m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 38:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 38-39 = 213m > x_{m12} por lo que, debemos poner en ambos apoyos el armado B2.

-Separación entre apoyos 39-40 = 153m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

-Separación entre apoyos 40-41 = 179m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 40-41 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 249.32 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 40-41 = 179m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 41:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 212.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 40-41 = 179m > x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 41.

-Separación entre apoyos 41-42 = 160m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 42-43 = 160m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 43-44 = 128m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 5

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 175.34 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 44-45 = 183m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 44-45 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 247.63 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 44-45 = 183m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 45:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 211.49 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 44-45 = 183m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 45.

-Separación entre apoyos 45-46 = 170m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Serie 6

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 175.34 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 46-47 = 179 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 46-47 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 247.98 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 46-47 = 179m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 46:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 211.78 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 46-47 = 179m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 46.

Serie 7

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.44 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 47-48 = 108 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 48-49 = 92 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 49-50 = 179 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 49-50 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 252.02 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 49-50 = 179m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 50:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 215.23 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 49-50 = 179m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 50.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

-Separación entre apoyos 50-51 = 273m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 50-51 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 252.02 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 50-51 = 273m > x_{B2} no es válida. La calculamos para el armado B3.

$$x_{B3} = \sqrt{2C * 4 * F} = 320.08 \text{ m}$$

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B3 únicamente en el apoyo 51:

$$D_{m23} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 2.33 \text{ m}$$

$$F_{m23} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 \text{ m}$$

$$x_{m23} = \sqrt{2C * 4 * F} = 286.05 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 50-51 = 273m < x_{m23} por lo que, es suficiente emplear el armado B3 en el apoyo 51.

Serie 8

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 174.52 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 51-52= 95 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 52-53 = 201 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 52-53 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 246.47 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 52-53 = 201m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 53:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 210.49 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 52-53 = 201m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 53.

-Separación entre apoyos 53-54= 161 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Serie 9

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.40 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 54-55 = 207 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 54-55 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.95 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 54-55 = 207m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 55:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 215.18 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 54-55 = 207m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 55.

Serie 10

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 174.38 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 55-56 = 178 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 55-56 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 246.29 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 55-56 = 178m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 56:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 210.33 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 55-56 = 178m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 56.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

-Separación entre apoyos 56-57= 206 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 56-57 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 246.29m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 56-57 = 206m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 56:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 m$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 m$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 210.33 m$$

Se cumple que la separación entre apoyos 56-57 = 206m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 56.

-Separación entre apoyos 57-58= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 58-59= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 59-60= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 60-61= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 61-62= 74 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 11

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 181.62 m$$

-Separación entre apoyos 62-63= 263 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 62-63 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 256.51m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 62-63 = 263m > x_{B2} no es válida. La calculamos para el armado B3.

$$x_{B3} = \sqrt{2C * 4 * F} = 3253.79m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 62-63 = 263m < x_{B3} no es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B3 únicamente en el apoyo 63:

$$D_{m23} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 2.33 m$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$F_{m23} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 \text{ m}$$

$$x_{m23} = \sqrt{2C * 4 * F} = 291.15 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 62-63 = 263m < x_{m23} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 63.

Serie 12

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 174.90 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 63-64** = 173 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 13

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 168.43 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 64-65** = 129 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 14

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 175.69 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 65-66** = 180 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 65-66 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 237.88 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 65-66 = 180 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 66:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 211.92 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 65-66 = 180 m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 66.

Serie 15

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 180.18 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 66-67** = 235 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 66-67 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.14 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 66-67 = 235 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 66:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 217.33 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 66-67=235 m > x_{m12} por lo que, debemos colocar el armado B2 en ambos apoyos.

Serie 16

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 173.93 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 67-68= 124 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 68-69= 174 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 68-69 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 245.50 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 68-69 = 174 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 69:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.86 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 68-69=174 m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 69.

-Separación entre apoyos 69-70= 177 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 69-70 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 245.50 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 69-70 = 177 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 69:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.86 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 69-70=177m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 69.

Serie 17

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.13 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 70-71= 158 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 71-72= 236 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 71-72 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.58 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 71-72 = 236 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 72:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.86 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 71-72=236m > x_{m12} por lo que, es necesario emplear el armado B2 en el ambos apoyos.

-Separación entre apoyos 72-73= 204 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 72-73 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.58 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 72-73 = 204 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 72:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$
$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$
$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.86 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 72-73=204m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 72.

-Separación entre apoyos 73-74= 190 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 73-74 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.58 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 73-74 = 190m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 73:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$
$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$
$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.86 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 73-74=190m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 73.

Serie 18

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 173.17 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 74-75= 180 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 74-75 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 244.57 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 74-75 = 180m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 74:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 208.87 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 74-75=180m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 74.

-Separación entre apoyos 75-76= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 76-77= 136 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 77-78= 133 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 78-79= 140 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 79-80= 176 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 79-80 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 244.57 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 79-80 = 176m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 80:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 208.87 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 79-80=176m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 80.

-Separación entre apoyos 80-81= 145 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 81-82= 153 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 82-83= 173 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Serie 19

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 183.33 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 83-84= 282 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 83-84 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 257.51 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 83-84 = 282m > x_{B2} no es válida. La calculamos para el armado B3.

$$x_{B3} = \sqrt{2C * 4 * F} = 327.06m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 83-84 = 282m < x_{B3} no es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B3 únicamente en el apoyo 84:

$$D_{m23} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 2.33 m$$

$$F_{m23} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 m$$

$$x_{m23} = \sqrt{2C * 4 * F} = 292.28 m$$

Se cumple que la separación entre apoyos 83-84= 282 m < x_{m23} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 84.

Serie 20

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 173.61 m$$

-**Separación entre apoyos 84-85**= 171 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 85-86**= 135 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 86-87**= 195 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 86-87 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 245.19 m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 86-87 = 195m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 87:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 m$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 m$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 209.40 m$$

Se cumple que la separación entre apoyos 86-87= 195m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 87.

-**Separación entre apoyos 87-88**= 156 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 88-89**= 115 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Serie 21

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 177.37 \text{ m}$$

-**Separación entre apoyos 89-90**= 128 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 90-91**= 134 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-**Separación entre apoyos 91-92**= 178 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 91- 92 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 250.50 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 91-92= 178m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 92:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 213.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 91-92= 178m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 92.

-**Separación entre apoyos 92-93**= 242 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 92-93 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 250.50 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 92-93= 242m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 92:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 213.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 92-93= 242m > x_{m12} por lo que, usaremos el armado B2 en ambos apoyos.

-**Separación entre apoyos 93-94**= 186 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Debido a que la separación entre los apoyos 93-94 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 250.50 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 93-94= 186m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 93:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 213.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 93-94= 186m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 93.

-Separación entre apoyos 94-95= 219 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 94-95 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 250.50 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 94-95= 219m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 94:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 213.93 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 94-95= 219m > x_{m12} por lo que, usaremos el armado B2 en ambos apoyos.

Serie 22

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.05 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 95-96= 138 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 96-97= 205 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 96-97 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.46 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 96-97= 205m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 97:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$
$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$
$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.75 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 96-97= 205m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 97.

-Separación entre apoyos 97-98= 195 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 97-98 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.46 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 97-98= 195m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 98:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$
$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$
$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.75 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 97-98= 195m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 98.

-Separación entre apoyos 98-99= 211 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 98-99 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.46 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 98-99= 211m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 99:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$
$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$
$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.75 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Se cumple que la separación entre apoyos 98-99= 211m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 99.

-Separación entre apoyos 99-100= 225 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 99-100 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.46 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 99-100= 225m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 100:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.75 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 99-100= 225m > x_{m12} por lo que, usaremos el armado B2 en ambos apoyos.

-Separación entre apoyos 100-101= 203 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 100-101 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.46 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 100-101=203m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 101:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 214.75 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 100-101= 203m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 101.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Serie 23

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.53 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 101-102= 253 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 101-102 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 252.14 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 101-102=253m > x_{B2} no es válida. La calculamos para el armado B3.

$$x_{B3} = \sqrt{2C * 4 * F} = 320.24 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 101-102= 253m < x_{B3} no es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B3 únicamente en el apoyo 102:

$$D_{m23} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 2.33 \text{ m}$$

$$F_{m23} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 13.62 \text{ m}$$

$$x_{m23} = \sqrt{2C * 4 * F} = 286.19 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 101-102= 253 m < x_{m23} por lo que, es suficiente emplear el armado B3 en el apoyo 102.

-Separación entre apoyos 102-103= 134 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 103-104= 175 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 24

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.53 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 104-105= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 105-106= 188 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 105-106 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 245.17 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 105-106=188m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 105:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 209.38 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 105-106= 188m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 105.

-Separación entre apoyos 106-107= 128 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 107-108= 153 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 25

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 164.87 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 108-109= 114 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 26

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 178.33 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 109-110= 206 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 109-110 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 251.86 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 109-110=206 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 110:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 215.10 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 109-110= 206m < x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 110.

Serie 27

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 175.71 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 110-111= 174 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 111-112= 167 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

-Separación entre apoyos 112-113= 232 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 112-113 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 248.16 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 112-113=232 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 112:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 211.92 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 112-113= 232m > x_{m12} por lo que, usaremos el armado B2 en ambos apoyos.

-Separación entre apoyos 113-114= 146 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 114-115= 117 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 28

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 180.57 \text{ m}$$

-Separación entre apoyos 115-116= 241 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 115-116 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 255.02 \text{ m}$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 115-116=241 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 115:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 \text{ m}$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 \text{ m}$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 217.79 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 115-116= 241m > x_{m12} por lo que, usaremos el armado B2 en ambos apoyos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Serie 29

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 172.78m$$

-Separación entre apoyos 116-117= 104 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 117-118= 176 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 117-118 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 244.03m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 117-118=176 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 118:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 m$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 m$$

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 208.40 m$$

Se cumple que la separación entre apoyos 117-118= 176m > x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 118.

-Separación entre apoyos 118-119= 151 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 119-120= 160 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Serie 30

$$x_{B1} = \sqrt{2C * 4 * F} = 174.48m$$

-Separación entre apoyos 120-121= 180 m > x_{B1} : No es válido el armado B1

Debido a que la separación entre los apoyos 120-121 es mayor a la máxima admitida por el armado B1, analizamos si con el armado superior B2 es suficiente.

$$x_{B2} = \sqrt{2C * 4 * F} = 246.42m$$

Con este nuevo armado, la separación entre apoyos 120-121=180 m < x_{B2} es válida.

Analizamos ahora, si podemos utilizar el armado B2 únicamente en el apoyo 120:

$$D_{m12} = \frac{D_{B1} + D_{B2}}{2} = 1.83 m$$

$$F_{m12} = \left(\frac{D_{m12} - K' * D_{pp}}{K} \right)^2 = 7.71 m$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$x_{m12} = \sqrt{2C * 4 * F} = 210.45 \text{ m}$$

Se cumple que la separación entre apoyos 120-121= 180m > x_{m12} por lo que, es suficiente emplear el armado B2 en el apoyo 120.

-Separación entre apoyos 121-122= 151 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

-Separación entre apoyos 122-123= 173 m < x_{B1} : Es válido el armado B1.

Por tanto una vez realizados los cálculos pertinentes, se determina que 68 apoyos usarán el armado “B1”, 50 apoyos utilizarán el armado “B2” y 5 apoyos usarán el armado “B3”.

3.4.3) Distancias entre conductores y partes puestas a tierra

Según dice el apartado 4.4.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T., la separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a D_e , con un mínimo de 0.2 metros.

Los valores de D_e se indican en la **Tabla 15**, en función de la tensión más elevada de la línea. Para el presente proyecto, se determinó que el valor de D_e =0.35 m, dado que nuestra línea tiene una tensión nominal de 30 kV.

En el caso de cadenas de suspensión, se considera que los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de presión de viento correspondiente a un viento de 120 km/h. A estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h y a la temperatura, según zona:

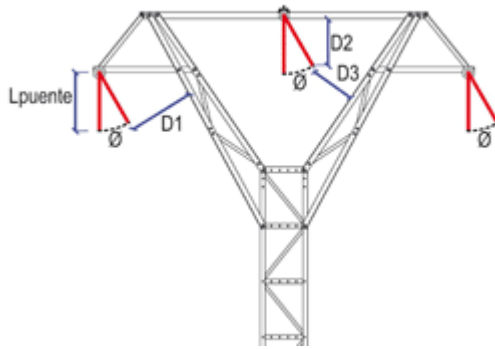
- De **-5 °C para zona A.**
- De **-10 °C para zona B.**
- De **-15 °C para zona C.**

A continuación se analizará para cada tipo de cadena, amarre o suspensión

En los apoyos que poseen cadenas de amarre, la distancia del conductor a las partes del apoyo puestas a tierra, supera esa distancia ampliamente, ya que la cadena de amarre mide 0.804 metros.

En el caso de apoyos con cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores, desviados bajo la acción de la mitad de presión de viento correspondiente a un viento de 120 km/h.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{p_v/2}{p} \beta \rightarrow \beta = 44.13^\circ$$

$$D_{min} = D_{el} * \cos(\beta) = 0.25 \text{ m}$$

La cadena de suspensión seleccionada para el presente proyecto, posee una longitud de 0.642 m, la cual asegura que se cumpla la distancia mínima requerida en el momento más desfavorable cadena desviada 44.13° debido a la acción del viento.

Por lo que cumplimos lo mínimo exigido en el apartado 4.4.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. tanto para, cadenas de suspensión como cadenas de amarre, en relación a las distancias mínimas entre conductores y partes puestas a tierra.

3.5) Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables

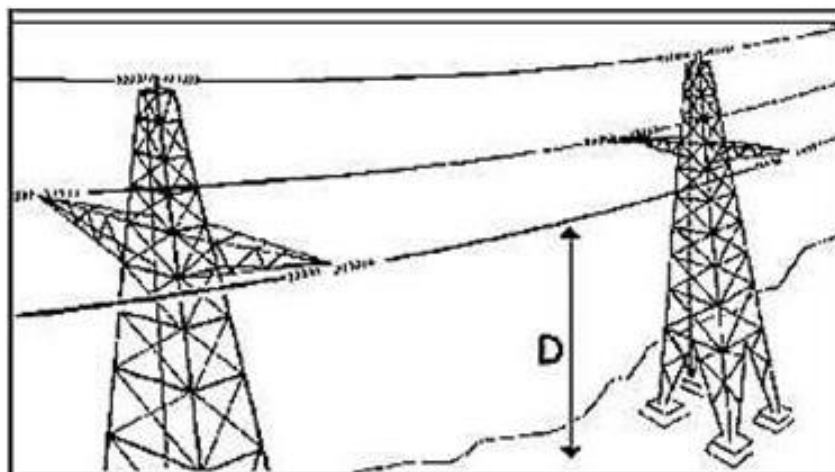
No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

La altura de los apoyos será la suficiente, para que los conductores, con su máxima flecha vertical, según hipótesis de temperatura y de hielo según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, queden situados por encima de cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables, a una altura mínima de:

$$D_{add} + D_{el} = 5.3 + D_{el} \text{ en metros}$$

con un mínimo de 6 metros, no obstante en lugares de difícil acceso, las anteriores distancias podrían quedar reducidas en un metro.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



En el presente proyecto, nuestro valor de $D_{el}=0.35$ m, por lo que:

$$D_{add} + D_{el} = 5.35 + 0.35 = 5.65 \text{ m}$$

Por lo que se concluye, que la distancia mínima vertical, será de 6 metros.

Cuando el trazado de nuestra línea, atraviese explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas, la altura mínima vertical será de 7 metros, con objeto de evitar accidente por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.

En la hipótesis de viento, la distancia mínima anterior, se podrá reducir en un metro, considerando el conductor con la desviación de viento.

3.6) Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

3.6.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3, quedando modificadas de la siguiente forma:

Condición a) En líneas de tensión nominal superior a 30 kV, puede admitirse la existencia de un empale por conductor en el vano de cruce.

Condición b) Pueden empelarse apoyos de madera siempre que si fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón.

Condición c) Queda exceptuado su cumplimiento.

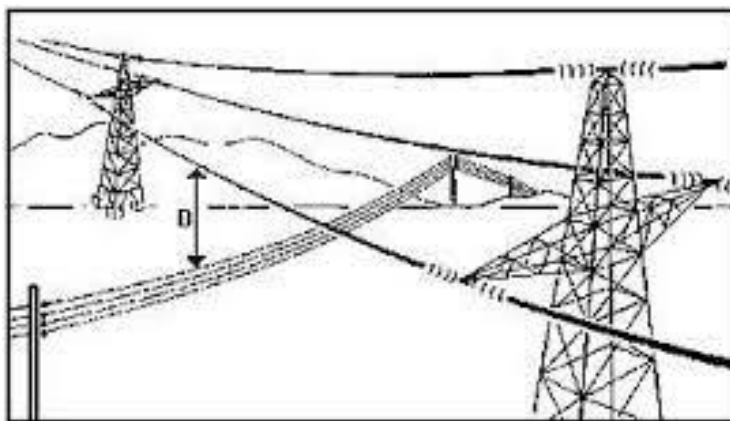
En los cruces de líneas eléctricas aéreas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y, en el caso de igual tensión; la que se instale con posterioridad. En todo caso, siempre que fuera preciso sobreelevar la línea preexistente, será cargo del propietario de la nueva línea la modificación de la ya instalada.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1.5 + D_{el} \text{ en metros}$$



Manteniendo siempre un mínimo:

- 2 metros para líneas de tensión hasta 45 kV.
- 3 metros para líneas de tensión hasta 45 kV y hasta 66 kV.
- 4 metros para líneas de tensión hasta 66 kV y hasta 132 kV.
- 5 metros para líneas de tensión hasta 132 kV y hasta 220 kV.
- 7 metros para líneas de tensión hasta 220 kV y hasta 400 kV.

y considerándose los conductores de la misma posición de máxima desviación, bajo la acción de hipótesis de viento a) de apartado 3.2.3. Los valores de D_{el} se indican en la **Tabla 15**, en función de la tensión más elevada.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} \text{ en metros}$$

A la distancia de aislamiento adicional, D_{add} , se le aplicarán los valores de la siguiente tabla, la **Tabla 17** de la ITC-LAT 07.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TENSION NOMINAL DE LA RED (Kv)	D_{add} (m)	
	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≥ 25 m
De 3 a 30	1.8	2.5
45 o 66	2.5	
110,132,150	3	
220	3.5	
400	4	

Tabla 17 Distancias de aislamiento adicional, D_{add} a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación

Por lo tanto, la distancia mínima vertical en el cruce de la línea diseñada en el presente proyecto con otras existentes debe de ser:

- Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≤ 25 m:

$$D_{add} + D_{el} = 1.8 + 0.35 = 2.15 \text{ m}$$

- Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce ≥ 25 m:

$$D_{add} + D_{el} = 2.5 + 0.35 = 2.85 \text{ m}$$

Independientemente del punto de cruce de ambas líneas, la mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas, o entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de guarda de la línea eléctrica inferior, en el caso de que existan, se comprobará considerando:

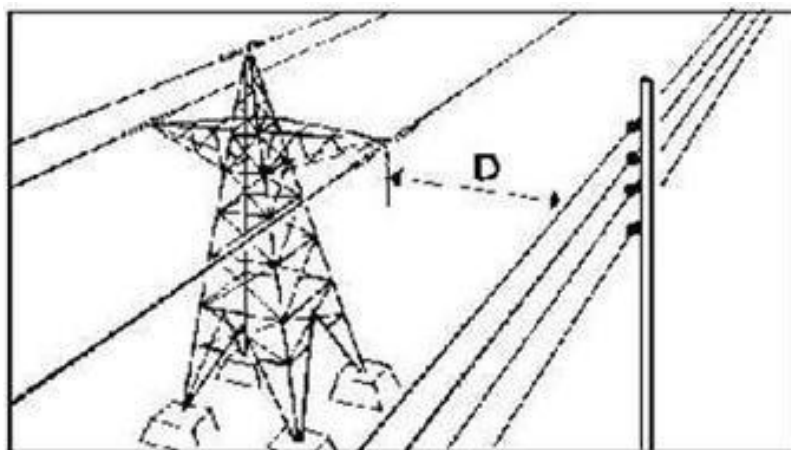
- a) Los conductores de fase de la línea eléctrica superior en las condiciones más desfavorables de flecha máxima establecidas en el proyecto de la línea
- b) Los conductores de fase o los cables de guarda de la línea eléctrica inferior sin sobrecarga alguna a la temperatura mínima según la zona (-5 °C en zona A, -15 °C en zona B y -20 °C en zona C).

En general, cuando el punto de cruce de ambas líneas se encuentre en las proximidades del centro del vano de la línea inferior, se tendrá en cuenta la posible desviación de los conductores de fase por la acción del viento.

3.6.2) Paralelismos entre líneas eléctricas

Aunque en el presente proyecto no existe este caso, se presenta a continuación una breve definición de la situación y sus distancias mínimas.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3. Se entiende que existe paralelismo cuando dos o más líneas próximas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sean rigurosamente paralelas.



Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o de distribución de energía eléctrica, a distancias inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos. Se exceptúan de la anterior recomendación las zonas de acceso a centrales generadores y estaciones transformadoras.

En todo caso, entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, no deberá existir una separación inferior a la prescrita en el apartado 3.4.1, considerando los valores K , K' , L , F Y D_{pp} de la línea de mayor tensión.

El tendido de líneas de diferente tensión sobre apoyos comunes se permitirá cuando sean de iguales características en orden a la clase de corriente y frecuencia, salvo que se trate de líneas de transporte y telecomunicación o maniobra de la misma empresa y siempre que estas últimas estén afectas exclusivamente al servicio de las primeras. La línea más elevada será preferentemente la de mayor tensión, y los apoyos tendrán la altura suficiente para que las separaciones entre los conductores de ambas líneas y, entre éstos y aquél, sean las que con carácter general se exigen y para que la distancia al terreno del conductor más bajo, en las condiciones más desfavorables, sea la establecida en el apartado 3.5.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Las líneas sobre apoyos comunes se considerarán como de tensión igual a la de la más elevada, a los efectos de explotación, conservación y seguridad en relación con personas y bienes. El aislamiento de la línea de menor tensión no será inferior al correspondiente de puesta a tierra de la línea de tensión más elevada.

3.6.3) Paralelismo entre líneas eléctricas y líneas de telecomunicación

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

Se evitará siempre que se pueda el paralelismo de las líneas eléctricas de alta tensión con líneas de telecomunicación, y cuando ello no sea posible se mantendrá entre las trazas de los conductores más próximos de una y otra línea una distancia mínima igual a 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

3.7) Distancias a carreteras

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de cruzamientos como en el de paralelismo, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.
- b) Para las carreteras no pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos deberá cumplir la normativa vigente de cada comunidad autónoma aplicable a tal efecto.
- c) Independientemente de que la carretera pertenezca o no a la Red de Carreteras del Estado, para la colocación de apoyos dentro de la zona de afección de la carretera, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. Para la Red de Carreteras del Estado, la zona de afección comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- d) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

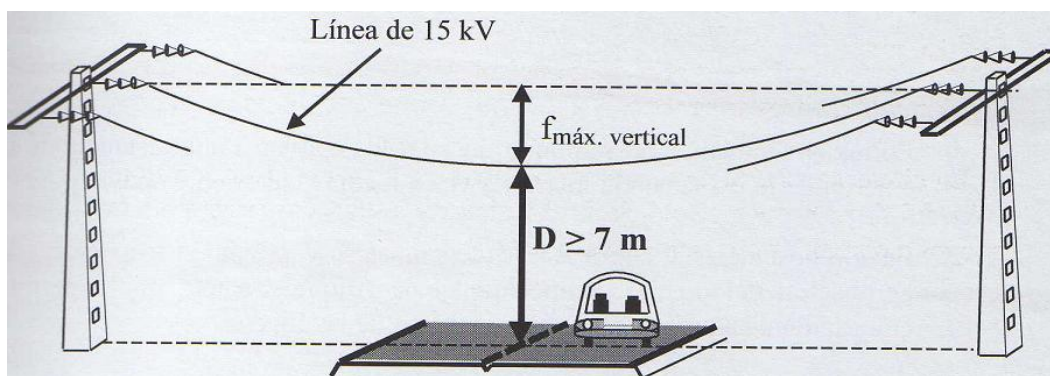
3.7.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3, quedando modificadas de la siguiente forma:

Condición a): En lo que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, se admite la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce para las líneas de tensión nominal superior a 30 kV.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante dela carreta será de:

$$D_{add} + D_{el} \text{ en metros}$$



Con una distancia mínima de 7 metros. Los valores de D_{el} , se indican en la **Tabla 15** del ITC-LAT 07, en función de la tensión de línea más elevada.

Siendo:

- $D_{add} = 7,5$ para líneas de categoría especial.
- $D_{add} = 6,3$ para líneas del resto de categorías.

3.7.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

3.8) Distancias a ferrocarriles sin electrificar

Aunque en el presente proyecto se da este caso, se presenta a continuación una breve definición de las consideraciones a tener en cuenta.

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- a) A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- b) La línea límite de edificación es la situada a 50 metros de la arista exterior de la explanación medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.
- c) Para la colocación de apoyos en la zona de protección de las líneas ferroviarias, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. La línea límite de la zona de protección es la situada a 70 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea.
- d) En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a vez y media la altura del apoyo.
- e) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

3.8.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3, quedando modificadas de la siguiente forma:

Condición a): EN los que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, se admite la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce para las líneas de tensión nominal superior a 30 kV.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera será de:

$$D_{add} + D_{el} \text{ en metros}$$

con una distancia mínima de 7 metros. Los valores de D_{el} , se indican en la **Tabla 15** del ITC-LAT 07, en función de la tensión de línea más elevada.

Siendo:

- $D_{add} = 7,5$ para líneas de categoría especial.
- $D_{add} = 6,3$ para líneas del resto de categorías.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3.8.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

3.9) Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

A pesar de que en el presente proyecto no tiene lugar el paralelismo de la línea diseñada con otras, se presenta a continuación una breve descripción de las consideraciones a tener en cuenta.

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se seguirá lo indicado en el apartado 3.8 para ferrocarriles sin electrificar.

3.9.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

En el cruzamiento entre las líneas eléctricas y los ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, según las hipótesis del Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será de:

$$D_{add} + D_{el} = 3.5 + D_{el} \text{ en metros}$$

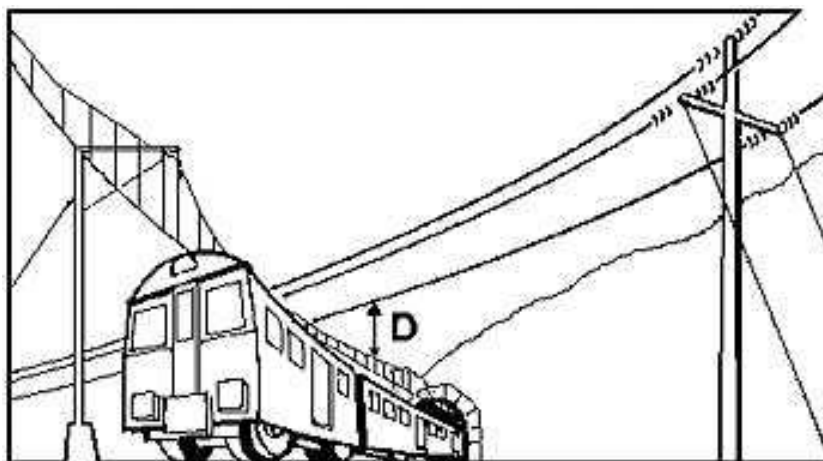
con un mínimo de 4 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

En la línea de estudio en el presente proyecto:

$$D_{add} + D_{el} = 3.5 + 0.35 = 3.85 \text{ m}$$

Por lo que se concluye, que la distancia mínima será de 4 metros.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**



Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías y trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan accidentalmente separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el órgano de toma de corriente, no quede, teniendo en cuenta la posición más desfavorable que pueda adoptar, a menor distancia de aquellos que la definida anteriormente.

3.9.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

3.10) Distancias a teleféricos y cables transportadores

A lo largo del transcurso de la línea eléctrica analizada no se produce este tipo de situación, no obstante, se muestra a continuación las indicaciones que se plantean en el Apartado 5.10 de la ITC-LAT 07 del reglamento al respecto.

3.10.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

El cruce de una línea eléctrica con teleféricos o cables transportadores deberá efectuarse siempre superiormente, salvo casos razonadamente muy justificados que expresamente se autoricen.

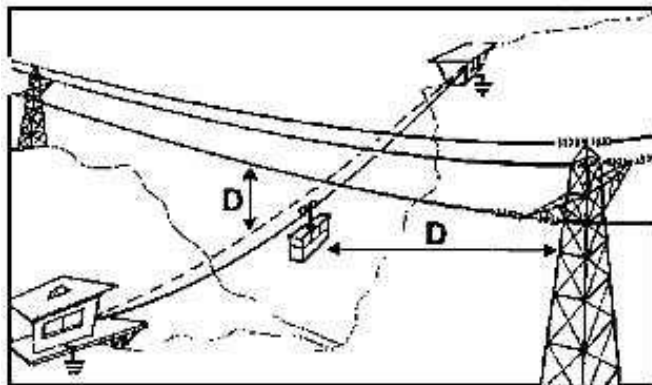
La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

oscilaciones de los cables del mismo durante su explotación normal y la posible sobre elevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente será:

$$D_{add} + D_{el} = 4.5 + D_{el} \text{ en metros}$$



con un mínimo de 5 metros.

En la línea de 30 kV, que se está estudiando:

$$D_{add} + D_{el} = 4.5 + 0.35 = 4.85 \text{ m}$$

por lo cual, se concluye, que la distancia mínima será de 5 metros.

Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea. La distancia horizontal entre la parte más próxima del teleférico y los apoyos de la línea eléctrica en el vano de cruce será como mínimo la que se obtenga de la fórmula anteriormente indicada.

El teleférico deberá ser puesto a tierra en dos puntos, uno a cada lado del cruce, de acuerdo con las prescripciones del apartado 7.

3.10.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

3.11) Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

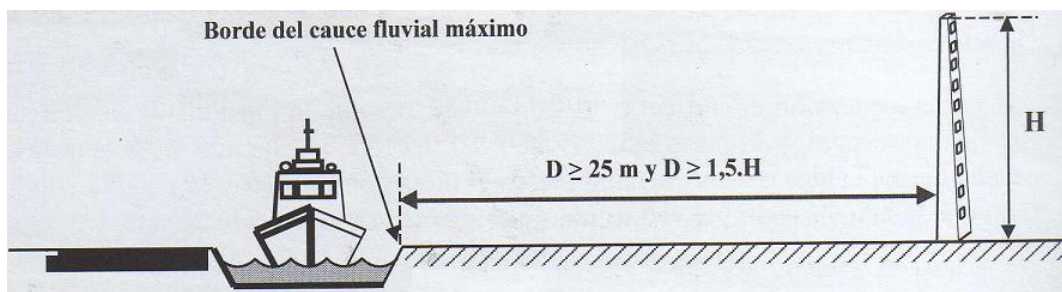
Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida. No obstante, podrá admitirse la colocación de apoyos a distancias inferiores si existe la autorización previa de la administración competente.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- b) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.



3.11.1) Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

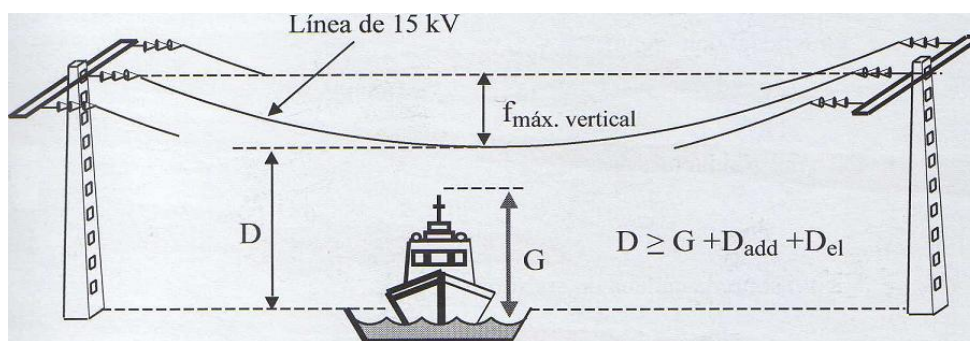
En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis del Apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

- Líneas de categoría especial:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 3.5 + D_{el} \text{ en metros}$$

- Resto de líneas:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 2.3 + D_{el} \text{ en metros}$$



siendo G el gálibo, en caso de no existir gálibo, se tomará el valor de $G = 4.7$ m. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

Por lo que, en el proyecto de estudio, la distancia mínima vertical será:

$$G + D_{add} + D_{el} = 4.7 + 2.3 + 0.35 = 7.35 \text{ m}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3.11.2) Paralelismos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

3.12) Paso por zonas

EN general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo; como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerando éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional.

Las condiciones más desfavorables son considerar los conductores y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 °.

Las líneas aéreas de alta tensión deberán cumplir el R.O. 1955/2000, de 1 de diciembre, en todo lo referente a las limitaciones para la constitución de servidumbre de paso.

3.12.1) Bosques, árboles y masas de arbolado

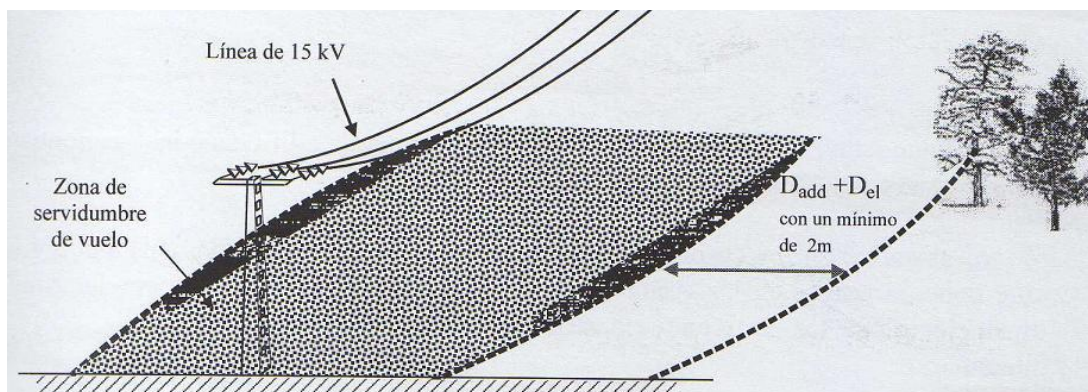
No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$$D_{add} + D_{el} = 1.5 + D_{el} \text{ en metros}$$

con un mínimo de 2 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**



La distancia mínima en la línea que ocupa este proyecto será:

$$D_{add} + D_{el} = 1.5 + 0.35 = 1.85 \text{ m}$$

Por lo que se concluye, que serán 2 metros, la distancia mínima.

El responsable de la explotación de la línea estará obligado a garantizar que la distancia de seguridad entre los conductores de la línea y la masa de arbolado dentro de la zona de servidumbre de paso satisface las prescripciones de este reglamento, estando obligado el propietario de los terrenos a permitir la realización de tales actividades. Asimismo, comunicará al órgano competente de la administración las masas de arbolado excluidas de zona de servidumbre de paso, que pudieran comprometer las distancias de seguridad establecida en este reglamento. Deberá vigilar también que la calle por donde discurre la línea se mantenga libre de todo residuo procedente de su limpieza, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales.

- En el caso de que los conductores sobrevuelen los árboles; la distancia de seguridad se calculará considerando los conductores con su máxima flecha vertical.
- Para el cálculo de las distancias de seguridad entre el arbolado y los conductores extremos de la línea, se considerarán éstos y sus cadenas de aisladores en sus condiciones más desfavorables descritas en este apartado.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores en su posición normal, en la hipótesis de temperatura b) del apartado 3.2.3 de la ITC-LAT

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

07. Esta circunstancia será función del tipo y estado del árbol, inclinación y estado del terreno, y situación del árbol respecto a la línea.

Los titulares de las redes de distribución y transporte de energía eléctrica deben mantener los márgenes por donde discurren las líneas limpios de vegetación, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales. Asimismo, queda prohibida la plantación de árboles que puedan crecer hasta llegar a comprometer las distancias de seguridad reglamentarias.

Los pliegos de condiciones para nuevas contrataciones de mantenimiento de líneas incorporarán cláusulas relativas a las especies vegetales adecuadas, tratamiento de calles, limpieza y desherbado de los márgenes de las líneas como medida de prevención de incendios.

3.12.2) Edificios, construcciones y zonas urbanas

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3. del presente documento.

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano, cuando pertenezcan al territorio de municipios que tengan plan de ordenación o como casco de población en municipios que carezcan de dicho plan. No obstante, a petición del titular de la instalación y cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, el órgano competente de la Administración podrá autorizar el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Se podrá autorizar el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos en las zonas de reserva urbana con plan general de ordenación legalmente aprobado y en zonas y polígonos industriales con plan parcial de ordenación aprobado, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan de plan de ordenación.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3.3 + D_{el} \text{ en metros}$$

con un mínimo de 5 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 3.2 en función de la tensión más elevada de la línea. Análogamente, no se construirán

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

En la línea que es objeto de este proyecto, la distancia mínima ser:

$$D_{add} + D_{el} = 3.3 + 0.35 = 3.65 \text{ m}$$

Por lo que se concluye, que dicha distancia mínima, será de 5 metros.

No obstante, en los casos de mutuo acuerdo entre las partes, las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

- Sobre puntos accesibles a las personas: $5,5 + D_{el}$ metros, con un mínimo de 6 metros.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: $3,3 + D_{el}$ metros, con un mínimo de 4 metros.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatos.

En todos los casos en los que la línea posee este tipo de cruzamiento se mantienen las distancias mínimas anteriormente estipuladas.

3.12.3) Proximidad a aeropuertos

A pesar de que la línea analizada no se encuentra próxima a ningún aeropuerto se estudiarán las consideraciones a tener en cuenta para esta situación.

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente documento.

Las líneas eléctricas aéreas de AT con conductores desnudos que hayan de construirse en la proximidad de los aeropuertos, aeródromos, helipuertos e instalaciones de ayuda a la navegación aérea, deberán ajustarse a lo especificado en la legislación y disposiciones vigentes en la materia que correspondan.

3.12.4) Proximidad a parques eólicos

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 3.3 del presente proyecto

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Por motivos de seguridad de las líneas eléctricas aéreas de conductores desnudos, no se permite la instalación de nuevos aerogeneradores en la franja de terreno definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en la altura total del aerogenerador, incluida la pala, más 10 m.

3.12.5) Proximidades a obras.

Cuando se realicen obras próximas a líneas aéreas y con objeto de garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos eléctricos según la reglamentación aplicable de prevención de riesgos laborales, y en particular el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, el promotor de la obra se encargará de que se realice la señalización mediante el balizamiento de la línea aérea. El balizamiento utilizará elementos normalizados y podrá ser temporal.

4. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

4.1) Objetivo del cálculo mecánico de conductores

El objetivo del cálculo mecánico es prever las flechas y tensiones del conductor en todas las posibles condiciones de temperatura, hielo o viento. La flecha del conductor es un parámetro muy importante para el diseño de los apoyos y su ubicación, con el objetivo de mantener una distancia mínima al terreno y a otros objetos a lo largo de toda la vida útil de la línea. Por lo tanto, la integridad mecánica y eléctrica de una línea aérea dependerá de forma importante del grado de exactitud de los cálculos de la flecha y de la tensión.

4.2) Conceptos previos al cálculo mecánico del conductor

Antes de realizar los cálculos mecánicos del conductor es conveniente realizar una breve introducción de una serie de conceptos claves para este propósito.

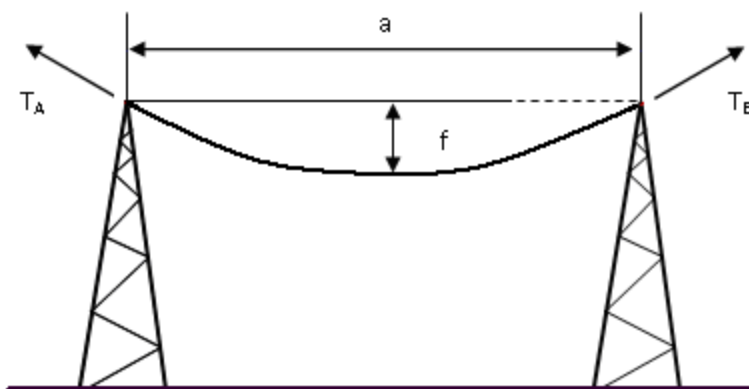
4.2.1) Ecuación de la catenaria

Un conductor de peso uniforme, sujeto entre dos apoyos por los puntos A y B situados a la misma altura, forma una curva llamada catenaria. La distancia f entre el punto más bajo situado en el centro de la curva y la recta AB, que une ambos

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

apoyos, recibe el nombre de flecha. Se llama vano a la distancia “a” entre los dos puntos de amarre A y B.

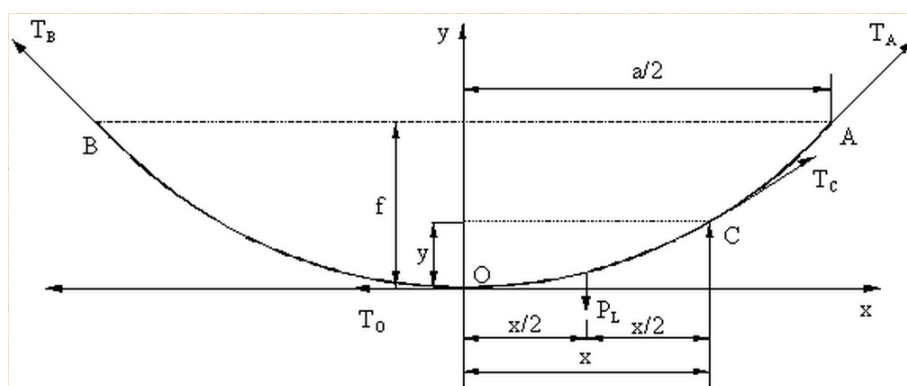


Los apoyos deberán soportar las tensiones T_A y T_B que ejerce el conductor en los puntos de amarre. La tensión $T = T_A = T_B$ dependerá de la longitud del vano, del peso del conductor, de la temperatura y de las condiciones atmosféricas.

Para vanos de hasta unos 500 metros es posible equiparar la forma de la catenaria a la de una parábola, lo cual exime de unos complejos cálculos matemáticos, obteniendo, sin embargo, una exactitud suficiente.

La catenaria deberá emplearse necesariamente en vanos superiores a los 1000 metros de longitud, ya que cuanto mayor es el vano, menor es la similitud entre la catenaria y la parábola.

A continuación se calcula la relación que existe entre la flecha y la tensión. Para ello se representa el conductor de un vano centrado en unos ejes de coordenadas:



Considerando un trozo de cable OC que tendrá un peso propio P_L aplicado en el punto medio y estará sometido a las tensiones T_0 y T_C aplicadas en sus extremos.

Tomando momentos respecto al punto C se tiene:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$P_L * \frac{x}{2} = T_o * y$$

Por lo tanto el valor de “y”, será:

$$y = \frac{xP_L}{2T_o}$$

Si llamamos P al peso unitario del conductor, el peso total del conductor en el tramo OC, que hemos llamado P_L , será igual al peso unitario por la longitud del conductor, que cometiendo un pequeño error denominaremos x.

Por lo tanto admitiendo que:

$$P_L = P_x$$

y sustituyendo esta expresión en la fórmula anterior del valor de y resulta:

$$y = \frac{x^2 P}{2T_o}$$

Si ahora consideramos el punto A correspondiente al amarre del cable en vez del punto C, tendremos que:

$$y = f$$

$$x = \frac{a}{2}$$

Por lo tanto al sustituir queda:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_o} \quad [1]$$

Podemos despejar el valor de la tensión T_o y tendremos que:

$$T_o = \frac{Pa^2}{8f}$$

La ecuación [1] nos relaciona la flecha f en función de la tensión T_o , del peso unitario del conductor P y de la longitud del vano a.

Si comparamos esta ecuación de la parábola con la de la catenaria:

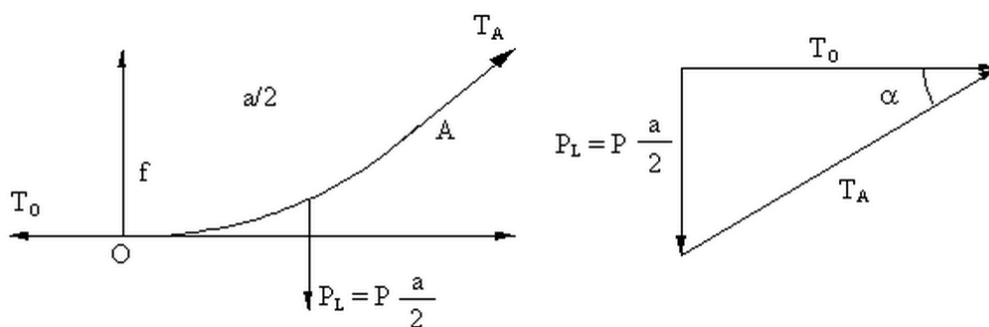
$$f = \frac{T_o}{P} \left(\cosh \frac{aP}{2T_o} - 1 \right)$$

Podremos observar la complejidad de ésta, y como demostraremos más adelante, los resultados serán prácticamente iguales.

Nos interesa trabajar con la tensión T_A en lugar de la empleada hasta ahora T_o . Observamos el triángulo de fuerzas compuesto por T_o , T_A y P_L :

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



y aplicando el Teorema de Pitágoras tenemos:

$$T_A^2 = T_0^2 + \left(P \frac{a}{2}\right)^2$$

En los casos prácticos que se nos presentan en las líneas aéreas de alta tensión, el valor del ángulo α formado por T_0 y T_A es muy pequeño, por lo que podemos asegurar que $T_0 = T_A$, aproximación que emplearemos en cálculos posteriores. Esto equivale a afirmar que la tensión a lo largo del conductor es constante.

Referente a T_A , podemos decir que esta tensión no debe sobrepasar nunca el valor de la carga de rotura del conductor Q , pues de lo contrario se rompería:

$$Q = \sigma * S$$

Siendo σ el coeficiente de resistencia a la tracción del conductor utilizado y S la sección del mismo.

Puesto que un conductor no debe trabajar nunca en condiciones próximas a las de rotura, se deberá admitir un cierto coeficiente de seguridad n tal que:

$$T_{A\max} = \frac{\sigma S}{n} = \frac{Q}{n}$$

El Reglamento de Líneas de Alta Tensión admite coeficientes de seguridad mínimos de 2,5, exigiendo en algunos casos el empleo de coeficientes de 5 o 6.

4.2.2) Comparación entre la catenaria y la parábola

Como se ha indicado anteriormente, con el fin de simplificar los cálculos se asemeja la ecuación de la parábola a la de la catenaria.

Para demostrar la validez de esta consideración se comparan a continuación, para el conductor LA-110 empleado en el presente proyecto, las flechas obtenidas según distintos vanos en función de la ecuación utilizada.

Las características del conductor LA-110 son:

- Peso del cable: $P=0.433\text{kg/m}$.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Carga de rotura: $Q=4398$ kg.

$$T_o = \frac{Q}{n} = \frac{4398}{4} = 1099.5 \text{ kg}$$

La flecha para la catenaria es:

$$f = \frac{T_o}{P} \left(\cosh \frac{aP}{2T_o} - 1 \right)$$

La flecha para la parábola es:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_o}$$

Los resultados comparando ambas consideraciones se muestran a continuación:

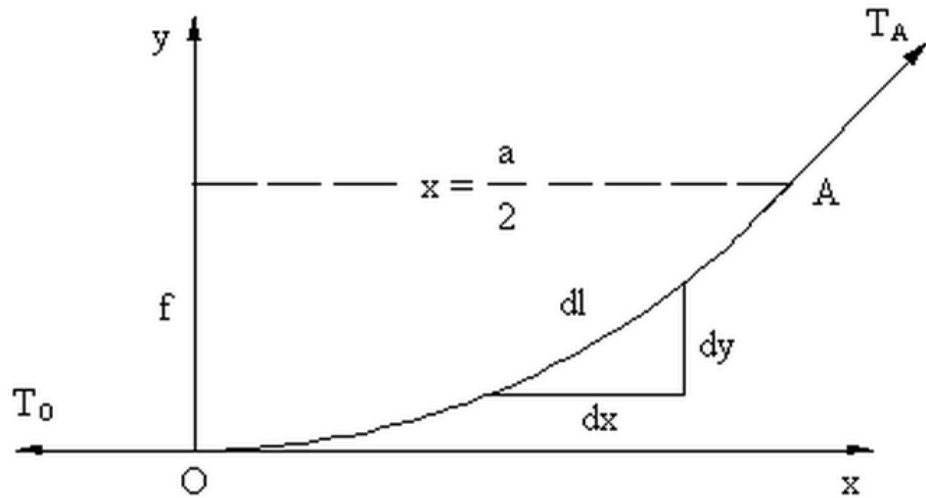
Vano (m)	Ecuación de la catenaria	Ecuación de la parábola	Diferencia	Porcentaje
100	0,4923	0,4923	0,000016	0,0032%
200	1,9693	1,9691	0,000255	0,0129%
400	7,8804	7,8763	0,004073	0,0517%
600	17,7423	17,7217	0,020623	0,1162%
800	31,5704	31,5052	0,065203	0,2065%
1000	49,3862	49,2269	0,159261	0,3225%
1200	71,2172	70,8868	0,330430	0,4640%
1400	97,0973	96,4848	0,612575	0,6309%
1600	127,0668	126,0209	1,045836	0,8231%
1800	161,1719	159,4952	1,676701	1,0403%
2000	199,4658	196,9077	2,558069	1,2825%

Como podemos comprobar de la observación de la tabla, es suficiente aproximación el empleo de la parábola, sobre todo para vanos inferiores a 600 metros.

4.2.3) Longitud del conductor

Dada la flecha que se produce en un vano, la longitud del conductor no es igual a la distancia entre los postes. Por lo tanto, para hallar el valor exacto del conductor empleado, se obtendrá la expresión de la longitud del conductor en un vano, en función de la flecha y de la distancia entre los postes.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



Tomamos un elemento diferencial de longitud **dl**, para el que se verifica:

$$dl^2 = dx^2 + dy^2$$

Podemos multiplicar y dividir por dx^2

$$dl^2 = \frac{dx^2 * (dx^2 + dy^2)}{dx^2} = \left(1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right) * dx^2 \quad [2]$$

Del apartado anterior se demostró que:

$$T = T_0 = T_A \rightarrow y = \frac{x^2 P}{2T}$$

Y derivando respecto a x, se puede obtener el valor de dy/dx:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2xP}{2T} = \frac{xP}{T}$$

Por lo tanto al sustituir dx/dy en la expresión [2]:

$$dl^2 = \left(1 + \left(\frac{xP}{T}\right)^2\right) * dx^2$$

Para no arrastrar expresiones, se denomina α a:

$$\alpha = \frac{P}{T} = \frac{2y}{x^2}$$

Y la expresión [2] resulta:

$$dl = [1 + (\alpha x)^2]^{1/2} * dx$$

Para resolver el corchete se emplea la fórmula del binomio de Newton:

$$(1 + x^2)^{1/2} = 1 + \frac{\frac{1}{2}x^2}{1!} + \frac{\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2} - 1\right)x^4}{2!} + \dots$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La longitud del conductor en la mitad del vano se obtiene integrando dl desde 0 hasta x , es decir:

$$\int_0^x dl = \int_0^x [1 + (\alpha x)^2]^{1/2} dx = \int_0^x \left(1 + \frac{\frac{1}{2}(\alpha x)^2}{1!} + \frac{\frac{1}{2}(\frac{1}{2} - 1)(\alpha x)^4}{2!} + \dots \right) dx$$

Integrando cada sumando resulta:

$$l = x + \frac{1}{2}\alpha^2 \frac{x^3}{3} - \frac{1}{8}\alpha^2 \frac{x^5}{5} + \dots = x + \frac{1}{6}\alpha^2 x^3 - \frac{1}{40}\alpha^2 x^5 + \dots$$

Sustituyendo α por su valor, se obtiene:

$$l = x + \frac{1}{6}\left(\frac{2y}{x^2}\right)^2 x^3 - \frac{1}{40}\left(\frac{2y}{x^2}\right)^2 x^5 + \dots = x + \frac{2}{3}\frac{y^2}{x} - \frac{2}{5}\frac{y^4}{x^3} + \dots$$

Como $x=a/2$ y la flecha es $y=f$;

$$l = \frac{a}{2} + \frac{2}{3}\frac{f^2}{\frac{a}{2}} - \frac{2}{5}\frac{f^4}{\left(\frac{a}{2}\right)^3} + \dots = \frac{a}{2} + \frac{4}{3}\frac{f^2}{a} - \frac{16}{5}\frac{f^4}{a^3} + \dots$$

La longitud del conductor en su totalidad, del vano será el doble de la calculada, $L=2l$, por tanto:

$$L = a + \frac{8}{3}\frac{f^2}{a} - \frac{32}{5}\frac{f^4}{a^3} + \dots$$

Para vanos normales, solo se emplean los dos primeros términos, pues es una aproximación más que suficiente:

$$L = a + \frac{8}{3}\frac{f^2}{a}$$

Teniendo en cuenta la ecuación de la flecha:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_o}$$

La longitud del conductor resulta:

$$L = a + \frac{Pa^3}{24T^2}$$

4.2.4) Acciones sobre los conductores

Para efectuar el cálculo mecánico de un conductor es fundamental conocer cuáles son las fuerzas que actúan sobre el mismo. En principio, se puede pensar que la única fuerza que actúa sobre el conductor es la fuerza de tensado, pero es necesario tener presente que ésta es la consecuencia equilibradora de las demás acciones, ya que, si el conductor estuviera en el suelo, la tensión para mantenerlo recto sería nula.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

De esta forma se ve que es el peso de un conductor el que crea la tensión a la que está sometido. Así pues, el primer dato que debe considerarse es su propio peso, pero además existirán acciones importantes debidas a las inclemencias atmosféricas (hielo, frío, calor o viento).

El Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, divide el estudio de las acciones sobre los conductores en tres zonas según la altitud:

- **Zona A:** Situada entre los 0 y 500 metros de altitud.
- **Zona B:** Situada entre los 500 y 1000 metros de altitud.
- **Zona C:** Superior a los 1000 metros de altitud.

4.2.4.1) Acción del peso propio

Como se ha indicado en apartados anteriores, la curva que forma el conductor se aproxima a una parábola y la ecuación que relaciona la flecha con la tensión es:

$$f = \frac{Pa^2}{8T_0}$$

La longitud del conductor es:

$$L = a + \frac{Pa^3}{24T^2}$$

En esta fórmula se aprecia la relación existente entre el peso unitario por unidad de longitud y la tensión a la que está sometido.

4.2.4.2) Acción del viento

Es posible afirmar que la fuerza ejercida por el viento sobre un cuerpo es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad del viento y a la superficie expuesta. La constante K depende de la forma geométrica y de la posición relativa del obstáculo respecto a la dirección del viento.

$$F = kv^2S$$

siendo:

- F: Fuerza ejercida sobre el conductor (kg).
- K: Constante.
- V: Velocidad del viento (km/h)
- S: Superficie que presenta el conductor (m²).

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

El valor de la constante K es de 0,007 para superficies planas, para superficies cilíndricas como es el caso de los conductores, hay que aplicar un coeficiente de reducción de valor 0,6 para diámetros inferiores a 16mm, y para diámetros superiores a 16 mm el coeficiente es de 0,5.

En lugar de emplear la fuerza total se suele utilizar la fuerza por unidad de longitud, y teniendo en cuenta que la superficie expuesta del conductor es igual al producto de su diámetro (D) por su longitud (L), resulta:

$$\frac{F}{L} = \frac{kv^2S}{L} \Rightarrow p_v = acción_{viento} = kv^2 \frac{diámetro * L}{L}$$

Denominando p_v , a la fuerza que ejerce el viento por unidad de longitud resulta:

$$p_v = acción_{viento} = kv^2D$$

en donde:

- p_v : Fuerza por unidad de longitud (daN/m).
- D: Diámetro del conductor (m).
- K: Constante.
- v: Velocidad del viento (km/h)

El reglamento hace referencia a velocidades máximas del viento de km/h, por tanto tendremos que:

$$p_v = 0.007 * 0.6 * 120^2 * \frac{D}{1000} = 0.06 * D \rightarrow D \leq 16 \text{ mm}$$

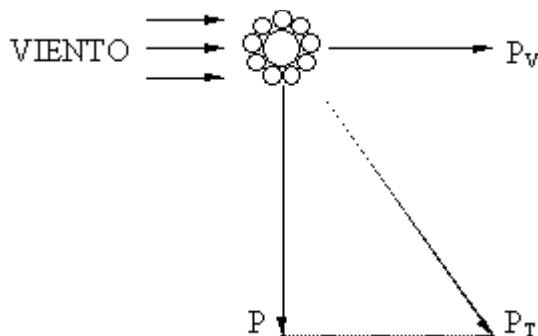
$$p_v = 0.007 * 0.5 * 120^2 * \frac{D}{1000} = 0.05 * D \rightarrow D > 16 \text{ mm}$$

Por lo tanto la fuerza del viento, en cualquier zona (A, B o C) es:

Fuerza del viento por unidad de longitud	
Diámetro	p_v (daN/m) D(mm)
$D \leq 16 \text{ mm}$	$p_v = 0,06 * D$
$D > 16 \text{ mm}$	$p_v = 0,05 * D$

El viento actúa de forma horizontal, mientras que el peso propio del conductor lo hace de forma vertical. Por lo cual se debe realizar una composición con ambas fuerzas, para obtener la resultante.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



LA resultante P_T es el peso total por unidad de longitud en un conductor sometido a la acción del viento:

$$P_T = \sqrt{P^2 + P_v^2}$$

4.2.4.3) Acción del hielo

El hielo que se puede formar alrededor del conductor hace aumentar considerablemente el peso del mismo, por lo que se eleva la tensión, pudiendo llegar a la rotura.

- Por estos motivos el Reglamento considera diversos manguitos de hielo según la zona en la que está instalada la línea:
- En la zona A, entre 0 y 500 metros de altitud, no se considera la formación de hielo.
- En la zona B, entre 500 y 1000 metros, la fuerza del manguito por unidad de longitud P_H (kg/m) es (D en mm):

$$P_h = 0.18\sqrt{D}$$

- En la zona C con una altitud de más de 1000 metros se tiene:

$$P_h = 0.36\sqrt{D}$$

4.2.4.4) Acción de la temperatura

Debido a los cambios de temperatura, el conductor se dilata o se contrae. Esto origina variaciones en la tensión y en la flecha, que aunque no son muy importantes en vanos de pequeña longitud, se deben considerar en el cálculo mecánico.

Como la dilatación es lineal responde a la fórmula:

$$L_1 = L_0(1 + \alpha t)$$

en donde:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- L_0 : Longitud del cable a 0 °C (m).
- L_1 : Longitud del cable a la temperatura t (m).
- α : Coeficiente de dilatación lineal (°C⁻¹).
- t : Temperatura considerada (°C).

La variación de longitud entre dos temperaturas diferentes t_1 y t_2 se modela mediante la siguiente expresión:

$$L_1 - L_2 = L_0(1 + \alpha t_1) - L_0(1 + \alpha t_2) = L_0 \alpha (t_1 - t_2)$$

4.2.4.5) Acción de la elasticidad

Cuando un conductor se ve sometido a una determinada tensión, se produce un alargamiento de su longitud que responde a la ley de Hooke.

Llamando ε al alargamiento elástico producido por un kilogramo, sobre un conductor de un metro de longitud y un milímetro cuadrado de sección, tendremos que en general, el alargamiento producido por una tensión T_1 o T_2 sobre un conductor de longitud L_0 y sección S resulta:

$$L_1 = L_0 \left(1 + \varepsilon \frac{T_1}{S} \right) \Rightarrow L_2 = L_0 \left(1 + \varepsilon \frac{T_2}{S} \right) \Rightarrow L_1 - L_2 = \varepsilon L_0 \left(\frac{T_1 - T_2}{S} \right)$$

siendo el módulo de elasticidad, $E=1/\varepsilon$:

$$L_1 - L_2 = L_0 \left(\frac{T_1 - T_2}{ES} \right)$$

Mediante esta ecuación, es posible determinar la variación de la longitud del cable cuando está sometido a una variación de la tensión, T_1 , T_2 .

4.2.5) Ecuación de cambio de condiciones

Los distintos métodos de cálculo de las tensiones y flechas en los conductores requieren un modelo de cambio del cambio de la longitud del conductor con la tensión, la temperatura y el paso del tiempo.

El empleo de la ecuación de cambio de condiciones se caracteriza por su simplicidad, pero presenta una limitación que se debe considerar. Mediante el modelo de deformación lineal basado en la ecuación de cambio de condiciones, la elongación del conductor con la tensión o la temperatura se considera totalmente elástica y reversible. Este modelo permite soluciones algebraicas para el cálculo mecánico, sin embargo, al ignorarse la elongación plástica del conductor la tensión del conductor sobre los apoyos se sobredimensiona, mientras que las flechas

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

calculadas resultan inferiores a las que se tendrían considerando el alargamiento plástico de los conductores, por lo que es recomendable utilizar un cierto margen de seguridad en el cálculo de la flecha.

A continuación se plantea la ecuación de cambio de condiciones:

La variación de las condiciones de carga (hielo o viento) o de la temperatura, producen la modificación de la tensión de trabajo de los conductores.

La ecuación del cambio de condiciones relaciona dos estados o situaciones de una línea eléctrica. Si se conocen todos los parámetros de un estado o condición inicial (1), se puede hallar por medio de la ecuación los parámetros de otro estado arbitrario o condición final (2).

	Condiciones Iniciales	Condiciones finales
Temperatura (°C)	θ_1	θ_2
Tensión (daN)	T_1	T_2
Peso del conductor con su sobrecarga (daN/m)	P_{t1}	P_{t2}
Longitud (m)	L_1	L_2

Resumiendo las ecuaciones que intervienen en las variaciones que sufre un vano cualquiera al variar sus condiciones, tendremos:

Ecuación de la flecha:

$$f_1 = \frac{Pa^2}{8T_1} \quad ; \quad f_2 = \frac{Pa^2}{8T_2} \quad [1]$$

Longitud del conductor en el vano:

$$longitud_1 \cong a + \frac{8f_1^2}{3a} \Rightarrow f_1 = \frac{Pa^2}{8T_1} \Rightarrow L_1 = a + \frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2}$$

$$longitud_2 \cong a + \frac{8f_2^2}{3a} \Rightarrow f_2 = \frac{Pa^2}{8T_2} \Rightarrow L_2 = a + \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2}$$

Por lo tanto

$$L_1 - L_2 = \frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} \quad [2]$$

Influencia de la temperatura:

$$L_1 - L_2 = L_0 \alpha (t_1 - t_2) \quad [3]$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Influencia de la elasticidad:

$$L_1 - L_2 = L_0 \left(\frac{T_1 - T_2}{ES} \right) \quad [4]$$

en donde:

- L_0 : longitud del vano (m).
- f_1, f_2 : flecha del conductor (m).
- L_1, L_2 : longitud del conductor (m).
- t_1, t_2 : temperatura ambiente (°C).
- T_1, T_2 : tensión en el conductor (kg).
- P_1, P_2 : peso total unitario del conductor incluyendo la acción del viento y el hielo, si así lo indica el R.L.A.T. (kg/m).

Con todas estas premisas ya estamos en condiciones de plantear la ecuación. Por una parte la diferencia entre las longitudes del conductor en dos condiciones diferentes está dada por la expresión [2], por lo tanto:

$$L_1 - L_2 = \frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} \quad [5]$$

Por otra parte, la diferencia de longitudes también viene dada por las expresiones [3] y [4], pues el conductor estará sometido a las variaciones de temperatura y a la elasticidad, por lo tanto esta diferencia, será igual a la suma de estas variaciones:

$$\frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} = a * \alpha(t_1 - t_2) + a \left(\frac{T_1 - T_2}{ES} \right) \quad [6]$$

Consideramos que $L_0=a$, ya que la diferencia existente es despreciable.

Arreglando la ecuación [6]:

$$\frac{P_1^2 a^3}{24T_1^2} - a * \alpha t_1 - a \frac{T_1}{ES} = \frac{P_2^2 a^3}{24T_2^2} - a * \alpha t_2 + a \frac{T_2}{ES}$$

Agrupando los términos y dividiendo ambos términos por “a” resulta:

$$\frac{P_1^2 a^2}{24T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{ES} = \frac{P_2^2 a^2}{24T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{ES}$$

Puesto que interesan las condiciones finales en función de las iniciales, y dando al primer miembro de la igualdad el valor K_1 :

$$K_1 = \frac{P_1^2 a^2}{24T_1^2} - \alpha t_1 - \frac{T_1}{ES}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con lo cual:

$$K_1 = \frac{P_2^2 a^2}{24 T_2^2} - \alpha t_2 - \frac{T_2}{ES}$$

Multiplicando ambos términos por $24 T_2^2$:

$$24 T_2^2 K_1 = P_2^2 a^2 - 24 T_2^2 \alpha t_2 - \frac{T_2 24 T_2^2}{ES}$$

Pasando el segundo miembro al primer y reagrupando, resulta:

$$\frac{24 T_2^3}{ES} + (24 K_1 + 24 \alpha t_2) T_2^2 - P_2^2 a^2 = 0$$

Dividiendo ambos miembros por 24:

$$\frac{T_2^3}{ES} + (K_1 + \alpha t_2) T_2^2 - \frac{P_2^2 a^2}{24} = 0$$

Multiplicando a continuación por ES:

$$T_2^3 + ES(K_1 + \alpha t_2) T_2^2 - \frac{P_2^2 a^2 ES}{24} = 0$$

Si denominamos:

$$K_2 = ES(K_1 + \alpha t_2)$$

$$K_3 = \frac{P_2^2 a^2 ES}{24}$$

La ecuación de cambio de condiciones se puede expresar:

$$T_2^3 + K_2 T_2^2 - K_3 = 0$$

Esta ecuación permite obtener la tracción mecánica que debe tener el conductor en unas condiciones dadas de temperatura y sobrecarga (por ejemplo, el día de tendido), partiendo de otras condiciones (hipótesis más desfavorables de tracción o de flecha) prefijadas y exigidas por el R.L.A.T. Debido a que esta ecuación se ha deducido partiendo de ciertas simplificaciones nos dará soluciones aproximadas y admisibles siempre que se aplique a vanos no muy largos y con inclinaciones pequeñas (longitudes menores de 300 m con pendientes menores del 10 %).

4.2.6) Tensión de cada día (Every day stress, EDS)

La aparición de fenómenos vibratorios en un conductor se encuentra condicionada por la tensión a la que éste se ve sometido. Para tensiones mecánicas elevadas aumentan las probabilidades de que se produzca este fenómeno.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para evitar que se produzcan vibraciones en el cable que puedan conducir a la rotura de los hilos que lo componen es conveniente mantener dicha tensión dentro de unos límites.

A raíz de esta necesidad de mantener confinados los valores de tensión surgió el término "Tensión de Cada Día" (Every Day Stress). Se define la tensión de cada día como la tensión a la que está sometido el cable la mayor parte del tiempo correspondiente a la temperatura media, sin que exista sobrecarga alguna. Se expresa en tanto por ciento de la carga de rotura del cable y está ligado a una temperatura que se llama "temperatura de cada día".

Se calcula de la siguiente manera:

$$EDS \% = \frac{T}{C_r} \leq 15 \%$$

dónde:

- T: Tensión a 15 °C sin sobrecarga.
- C_r: Carga de rotura.

La reglamentación permite el diseño de líneas

- Si se diseña con valores del 1%, el conductor posee poca tensión y se disminuye mucho la probabilidad de aparición de fenómenos vibratorios, aumentando de este modo la seguridad. El inconveniente radica en que debido a la baja tensión del conductor se incrementa el tamaño de las flechas y obliga a la colocación de un gran número de apoyos (con el incremento de coste que ello supone).
- El diseño con valores del 15% disminuye el tamaño de las flechas y, por tanto, el número de apoyos necesarios (disminución de coste), debido al aumento de la tensión del conductor. Por el contrario, este incremento de tensión aumenta las probabilidades de aparición de fenómenos vibratorios que puedan dañar al conductor.

Los valores de EDS a seleccionar deben responder a una solución intermedia, aproximándose al 15% para optimizar de este modo el diseño, pero considerando las condiciones climatológicas de la zona para garantizar la seguridad de la instalación.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

En el presente proyecto se ha seleccionado en el diseño un EDS constante de 8.20% para el conductor LA-110.

4.3) Cálculo mecánico del conductor

Los conductores empleados para la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto deben cumplir las siguientes condiciones:

1º) El coeficiente de seguridad a la rotura para el conductor, en las condiciones de máxima tensión será como mínimo igual a tres.

2º) La tensión de trabajo de los conductores a 15°C sin sobrecarga no excederá del 15% de la carga de rotura, es decir, el EDS será menor o igual al 15%.

4.3.1) Tracción máxima admisible

En el apartado 3.2.1 de la ITC-LAT07 del R.L.A.T. se indican las consideraciones a tener en cuenta para el cálculo de las tracciones máximas admisibles de los conductores:

La tracción máxima de los conductores y cables de tierra, no resultará inferior a su carga de rotura mínimo dividido por 2.5, si se trata de conductores cableados, o dividida por 3, si se trata de conductores de un alambre, considerándoles sometidos a la hipótesis de sobrecarga de la **Tabla 4** en función de que la zona sea A, B o C.

Teniendo en cuenta, que nuestra línea transcurre por zona B y C:

ZONA B			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga de Viento	Sobrecarga Hielo
Tracción máxima de viento	-10	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-15	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-15	Según e apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA C			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga de Viento	Sobrecarga Hielo
Tracción máxima de viento	-15	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea	No se aplica
Tracción máxima de hielo	-20	No se aplica	Según el apartado 3.1.3
Tracción máxima hielo + viento (1)	-20	Según e apartado 3.1.2 Mínimo 60 km/h	Según el apartado 3.1.3

(1) La hipótesis de tracción máxima de hielo + viento se aplica a las líneas de categoría especial y a todas aquellas líneas que la norma particular de la empresa eléctrica así lo establezca o cuando el proyectista considere que la línea puede encontrarse sometida a la citada carga combinada.

En el caso en el que la zona atravesada por la línea sea de tener aparición de velocidades de viento excepcionales, se considerarán los conductores y cables de tierra, a la temperatura de -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15°C en zona C, sometidos a si propio peso y a una sobrecarga de viento correspondiente a una velocidad superior a 120 km/h o 140 km/hm según el apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. El valor de la velocidad de viento excepcional será fijado por el proyectista o de acuerdo con las especificaciones particulares de la empresa eléctrica, en función de la velocidad registradas en las estaciones meteorológicas más próximas a la zona donde transcurre la línea.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La tracción del conductor en la línea diseñada en el presente proyecto, no supera los valores máximos establecidos por el R.L.A.T., a continuación se presenta una tabla con las tensiones máximas presentes en cada sección de la línea.

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110							
			TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA							
			B				C			
			-10° + Viento		-10° + Hielo		-15° + Viento		-20° + Hielo	
			T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.
ZONA B	1	160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		152	779,28	5,64	908,20	4,84	776,18	5,67	1314,12	3,34
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
	2	160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		168	780,23	5,64	909,80	4,83	776,84	5,66	1331,08	3,30
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
		151	779,23	5,64	908,10	4,84	776,14	5,67	1313,06	3,35
		150	779,17	5,64	908,00	4,84	776,10	5,67	1312,00	3,35
		200	782,12	5,62	913,00	4,82	778,14	5,65	1365,00	3,22
		228	783,14	5,62	914,68	4,81	779,27	5,64	1383,48	3,18
		244	783,73	5,61	915,64	4,80	779,91	5,64	1394,04	3,16
		178	780,82	5,63	910,80	4,83	777,24	5,66	1341,68	3,28
		111	775,15	5,67	901,20	4,88	775,83	5,67	1246,90	3,53
	3	194	781,77	5,63	912,40	4,82	777,90	5,65	1358,64	3,24
		180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
		180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
		150	779,17	5,64	908,00	4,84	776,10	5,67	1312,00	3,35
		175	780,64	5,63	910,50	4,83	777,12	5,66	1338,50	3,29
		128	777,17	5,66	904,60	4,86	775,55	5,67	1278,40	3,44
		180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
		204	782,27	5,62	913,24	4,82	778,31	5,65	1367,64	3,21
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
		190	781,53	5,63	912,00	4,82	777,74	5,65	1354,40	3,25
		196	781,88	5,62	912,60	4,82	777,98	5,65	1360,76	3,23
		197	781,94	5,62	912,70	4,82	778,02	5,65	1361,82	3,23
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		171	780,41	5,64	910,10	4,83	776,96	5,66	1334,26	3,30
		210	782,49	5,62	913,60	4,82	778,55	5,65	1371,60	3,21
		178	780,82	5,63	910,80	4,83	777,24	5,66	1341,68	3,28

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110							
			TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA							
			B				C			
			-10° + Viento		-10° + Hielo		-15° + Viento		-20° + Hielo	
			T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.
ZONA B	4	230	783,22	5,62	914,80	4,81	779,35	5,64	1384,80	3,18
		273	784,13	5,61	916,46	4,80	781,02	5,63	1408,12	3,13
		190	781,53	5,63	912,00	4,82	777,74	5,65	1354,40	3,25
		156	779,52	5,64	908,60	4,84	776,34	5,67	1318,36	3,33
		167	780,17	5,64	909,70	4,83	776,79	5,66	1330,02	3,31
		213	782,59	5,62	913,78	4,81	778,67	5,65	1373,58	3,20
		153	779,34	5,64	908,30	4,84	776,22	5,67	1315,18	3,34
		179	780,88	5,63	910,90	4,83	777,29	5,66	1342,74	3,27
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		128	777,17	5,66	904,60	4,86	775,55	5,67	1278,40	3,44
	5	183	781,12	5,63	911,30	4,83	777,45	5,66	1346,98	3,26
		170	780,35	5,64	910,00	4,83	776,92	5,66	1333,20	3,30
	6	179	780,88	5,63	910,90	4,83	777,29	5,66	1342,74	3,27
	7	108	774,83	5,68	900,60	4,88	775,96	5,67	1240,60	3,54
		92	772,50	5,69	896,60	4,91	777,13	5,66	1203,80	3,66
		179	780,88	5,63	910,90	4,83	777,29	5,66	1342,74	3,27
		273	784,13	5,61	916,46	4,80	781,02	5,63	1408,12	3,13
	8	95	773,05	5,69	897,50	4,90	776,77	5,66	1211,00	3,64
		201	782,16	5,62	913,06	4,82	778,18	5,65	1365,66	3,22
		161	779,82	5,64	909,10	4,84	776,55	5,66	1323,66	3,32
	9	207	782,38	5,62	913,42	4,82	778,43	5,65	1369,62	3,21
	10	178	780,82	5,63	910,80	4,83	777,24	5,66	1341,68	3,28
		206	782,34	5,62	913,36	4,82	778,39	5,65	1368,96	3,21
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		74	769,41	5,72	891,20	4,93	782,43	5,62	1156,20	3,80
	11	263	784,05	5,61	916,26	4,80	780,64	5,63	1403,72	3,14
	12	173	780,53	5,63	910,30	4,83	777,04	5,66	1336,38	3,29
	13	129	777,29	5,66	904,80	4,86	775,59	5,67	1280,20	3,44
	14	180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
	15	235	783,40	5,61	915,10	4,81	779,55	5,64	1388,10	3,17

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

		CONDUCTOR LA-110								
ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA							
			B				C			
			-10° + Viento		-10° + Hielo		-15° + Viento		-20° + Hielo	
			T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.
ZONA B	16	124	776,68	5,66	903,80	4,87	775,39	5,67	1271,20	3,46
		174	780,58	5,63	910,40	4,83	777,08	5,66	1337,44	3,29
		177	780,76	5,63	910,70	4,83	777,20	5,66	1340,62	3,28
ZONA C	17	158	779,64	5,64	908,80	4,84	776,43	5,66	1320,48	3,33
		236	783,43	5,61	915,16	4,81	779,59	5,64	1388,76	3,17
		204	782,27	5,62	913,24	4,82	778,31	5,65	1367,64	3,21
	18	190	781,53	5,63	912,00	4,82	777,74	5,65	1354,40	3,25
		180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
136		778,19	5,65	906,20	4,85	775,36	5,67	1291,00	3,41	
133		777,80	5,65	905,60	4,86	775,49	5,67	1286,50	3,42	
140		778,71	5,65	907,00	4,85	775,18	5,67	1297,00	3,39	
176		780,70	5,63	910,60	4,83	777,16	5,66	1339,56	3,28	
145		778,94	5,65	907,50	4,85	775,64	5,67	1304,50	3,37	
ZONA B	19	153	779,34	5,64	908,30	4,84	776,22	5,67	1315,18	3,34
		173	780,53	5,63	910,30	4,83	777,04	5,66	1336,38	3,29
		282	784,20	5,61	916,64	4,80	781,36	5,63	1412,08	3,12
ZONA C		20	171	780,41	5,64	910,10	4,83	776,96	5,66	1334,26
	135		778,06	5,65	906,00	4,86	775,40	5,67	1289,50	3,41
	195		781,82	5,63	912,50	4,82	777,94	5,65	1359,70	3,23
	156		779,52	5,64	908,60	4,84	776,34	5,67	1318,36	3,33
	115		775,61	5,67	902,00	4,88	775,56	5,67	1254,50	3,51
ZONA B	21	128	777,17	5,66	904,60	4,86	775,55	5,67	1278,40	3,44
		134	777,93	5,65	905,80	4,86	775,45	5,67	1288,00	3,41
		178	780,82	5,63	910,80	4,83	777,24	5,66	1341,68	3,28
		242	783,65	5,61	915,52	4,80	779,83	5,64	1392,72	3,16
		186	781,29	5,63	911,60	4,83	777,57	5,66	1350,16	3,26
		219	782,81	5,62	914,14	4,81	778,91	5,65	1377,54	3,19
	22	138	778,45	5,65	906,60	4,85	775,27	5,67	1294,00	3,40
		205	782,30	5,62	913,30	4,82	778,35	5,65	1368,30	3,21
		195	781,82	5,63	912,50	4,82	777,94	5,65	1359,70	3,23
		211	782,52	5,62	913,66	4,82	778,59	5,65	1372,26	3,20
		225	783,03	5,62	914,50	4,81	779,15	5,64	1381,50	3,19
		203	782,23	5,62	913,18	4,82	778,26	5,65	1366,98	3,22

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110							
			TENSIONES MÁXIMAS Y COEFICIENTES SEGURIDAD ZONA							
			B				C			
			-10° + Viento		-10° + Hielo		-15° + Viento		-20° + Hielo	
			T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.	T	C.S.
ZONA B	23	257	784,00	5,61	916,14	4,80	780,41	5,64	1401,08	3,14
		134	777,93	5,65	905,80	4,86	775,45	5,67	1288,00	3,41
		175	780,64	5,63	910,50	4,83	777,12	5,66	1338,50	3,29
	24	160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
		188	781,41	5,63	911,80	4,82	777,65	5,66	1352,28	3,25
		128	777,17	5,66	904,60	4,86	775,55	5,67	1278,40	3,44
		153	779,34	5,64	908,30	4,84	776,22	5,67	1315,18	3,34
	25	114	775,50	5,67	901,80	4,88	775,63	5,67	1252,60	3,51
	26	206	782,34	5,62	913,36	4,82	778,39	5,65	1368,96	3,21
	27	174	780,58	5,63	910,40	4,83	777,08	5,66	1337,44	3,29
		167	780,17	5,64	909,70	4,83	776,79	5,66	1330,02	3,31
		232	783,29	5,61	914,92	4,81	779,43	5,64	1386,12	3,18
		146	778,98	5,65	907,60	4,84	775,73	5,67	1306,00	3,37
		117	775,84	5,67	902,40	4,87	775,43	5,67	1258,30	3,50
	28	241	783,62	5,61	915,46	4,80	779,79	5,64	1392,06	3,16
	29	104	774,40	5,68	899,80	4,89	776,07	5,67	1231,80	3,57
		176	780,70	5,63	910,60	4,83	777,16	5,66	1339,56	3,28
		151	779,23	5,64	908,10	4,84	776,14	5,67	1313,06	3,35
		160	779,76	5,64	909,00	4,84	776,51	5,66	1322,60	3,32
	30	180	780,94	5,63	911,00	4,83	777,33	5,66	1343,80	3,27
		151	779,23	5,64	908,10	4,84	776,14	5,67	1313,06	3,35
		173	780,53	5,63	910,30	4,83	777,04	5,66	1336,38	3,29

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4.3.2) Comprobación de fenómenos vibratorios

A la hora de determinar las tracciones mecánicas de los conductores y cables de tierra deberá tenerse en cuenta la incidencia de posibles fenómenos vibratorios que pueden, no sólo acortar la vida útil de los mismos, sino también dar lugar a desgaste y fallos en herrajes, aisladores y accesorios, e incluso en elementos de los apoyos. Estos fenómenos son producidos por la vibración eólica y en el caso de conductores en haz, además, la vibración del subvano (entre separadores).

La elección de una tracción adecuada a la temperatura ambiente y el uso de amortiguadores y separadores debidamente posicionados ayudan a prevenir estos fenómenos.

En general, se recomienda que la tracción a temperatura de 15 °C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

También se recomienda la instalación de grapas de suspensión con varillas de protección.

En el presente proyecto la tracción a temperatura de 15 °C, como ya se indicó anteriormente, no supera el 15 % (Se ha seleccionado un EDS del 8.20%), por tanto, no se requiere de la implantación en la línea de amortiguadores y separadores.

4.3.3) Flechas máximas de los conductores y cables de tierra

Como se indica en el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07, e acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el apartado 3.1.3, se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes para zonas A, B y C:

- Hipótesis de viento: Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el apartado 3.1.2, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de + 15 °C.
- Hipótesis de temperatura: Sometidos a la acción de su peso propio, a la temperatura máxima previsible, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de servicio de la línea. Para las líneas de categoría especial, esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 85 °C para los

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

conductores de fase ni inferior a $+ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ para los cables de tierra. Para el resto de líneas, tanto para los conductores de fase

- como para los cables de tierra, esta temperatura no será en ningún caso inferior a $+ 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Hipótesis de hielo: Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el apartado 3.1.3, a la temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

En las líneas de categoría especial y de primera categoría, cuando por la naturaleza de los conductores y condiciones del tendido sea preciso prever un importante proceso de fluencia durante la vida de los conductores, será preciso tenerlo en cuenta en el cálculo de las flechas, justificando los datos que sirvan de base para el planteamiento de los cálculos correspondientes.

Las longitudes de las flechas máximas y mínimas que se producen en los vanos que conforman el conjunto de la línea eléctrica diseñada en el presente proyecto son:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110											
			MÁXIMA FLECHA								MÍNIMA FLECHA			
			A-B-C				B		C		B		C	
			15° Viento		50° C		0° Hielo 0,18 Vd		0° Hielo 0,36 Vd		-15° C		-20° C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
ZONA B	1	160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		152	701,20	3,91	303,84	4,13	849,04	3,78	1225,16	4,21	439,52	2,86	458,12	2,25
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
	2	160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		168	710,80	4,76	310,56	4,98	857,36	4,63	1250,44	5,09	427,68	3,70	443,08	2,38
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		151	700,60	3,85	303,42	4,07	848,52	3,72	1223,58	4,15	440,26	2,81	459,06	2,24
		150	700,00	3,80	303,00	4,02	848,00	3,67	1222,00	4,10	441,00	2,76	460,00	2,23
		200	730,00	6,47	324,00	6,69	874,00	6,33	1301,00	6,84	404,00	5,36	413,00	2,65
		228	740,08	8,37	330,16	8,60	881,84	8,23	1328,44	8,78	395,04	7,24	401,80	4,10
		244	745,84	9,46	333,68	9,69	886,32	9,32	1344,12	9,88	389,92	8,32	395,40	4,93
		178	716,80	5,30	314,76	5,52	862,56	5,16	1266,24	5,63	420,28	4,22	433,68	2,47
		111	659,30	2,21	274,90	2,43	814,00	2,10	1127,80	2,43	513,50	1,30	551,80	0,94
	3	194	726,40	6,15	321,48	6,37	870,88	6,01	1291,52	6,51	408,44	5,05	418,64	2,60
		180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
		180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
		150	700,00	3,80	303,00	4,02	848,00	3,67	1222,00	4,10	441,00	2,76	460,00	2,23
		175	715,00	5,14	313,50	5,36	861,00	5,00	1261,50	5,47	422,50	4,06	436,50	2,44
		128	679,80	2,85	289,40	3,07	831,00	2,73	1173,80	3,11	475,00	1,87	502,20	1,43
		180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		204	731,44	6,74	324,88	6,96	875,12	6,60	1304,92	7,12	402,72	5,63	411,40	2,86
		170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		190	724,00	5,94	319,80	6,16	868,80	5,80	1285,20	6,29	411,40	4,84	422,40	2,57
		196	727,60	6,26	322,32	6,48	871,92	6,12	1294,68	6,62	406,96	5,15	416,76	2,62
		197	728,20	6,31	322,74	6,53	872,44	6,17	1296,26	6,68	406,22	5,20	415,82	2,62
	4	160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		171	712,60	4,92	311,82	5,14	858,92	4,79	1255,18	5,25	425,46	3,85	440,26	2,41
		210	733,60	7,15	326,20	7,37	876,80	7,01	1310,80	7,53	400,80	6,03	409,00	3,17
		178	716,80	5,30	314,76	5,52	862,56	5,16	1266,24	5,63	420,28	4,22	433,68	2,47

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110											
			MÁXIMA FLECHA								MÍNIMA FLECHA			
			A-B-C				B		C		B		C	
			15° Viento		50° C		0° Hielo 0,18 vd		0° Hielo 0,36 vd		-15° C		-20° C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
ZONA B	4	230	740,80	8,51	330,60	8,74	882,40	8,37	1330,40	8,92	394,40	7,38	401,00	4,20
		273	752,60	11,78	338,22	12,00	892,14	11,63	1365,18	12,22	383,86	10,62	388,40	6,79
		190	724,00	5,94	319,80	6,16	868,80	5,80	1285,20	6,29	411,40	4,84	422,40	2,57
		156	703,60	4,12	305,52	4,34	851,12	3,99	1231,48	4,43	436,56	3,07	454,36	2,28
		167	710,20	4,71	310,14	4,93	856,84	4,57	1248,86	5,03	428,42	3,64	444,02	2,37
		213	734,68	7,35	326,86	7,58	877,64	7,21	1313,74	7,74	399,84	6,23	407,80	3,32
		153	701,80	3,96	304,26	4,18	849,56	3,83	1226,74	4,26	438,78	2,92	457,18	2,26
		179	717,40	5,35	315,18	5,57	863,08	5,21	1267,82	5,69	419,54	4,27	432,74	2,47
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
	5	128	679,80	2,85	289,40	3,07	831,00	2,73	1173,80	3,11	475,00	1,87	502,20	1,43
		183	719,80	5,56	316,86	5,78	865,16	5,43	1274,14	5,91	416,58	4,48	428,98	2,51
	6	170	712,00	4,87	311,40	5,09	858,40	4,73	1253,60	5,20	426,20	3,80	441,20	2,40
		179	717,40	5,35	315,18	5,57	863,08	5,21	1267,82	5,69	419,54	4,27	432,74	2,47
	7	108	655,20	2,10	272,00	2,32	810,60	1,99	1118,80	2,32	522,20	1,21	562,60	0,87
		92	630,40	1,59	254,40	1,80	789,80	1,48	1066,00	1,77	575,80	0,80	629,80	0,54
		179	717,40	5,35	315,18	5,57	863,08	5,21	1267,82	5,69	419,54	4,27	432,74	2,47
		273	752,60	11,78	338,22	12,00	892,14	11,63	1365,18	12,22	383,86	10,62	388,40	6,79
	8	95	635,50	1,68	258,00	1,90	794,00	1,58	1076,50	1,87	565,00	0,87	616,00	0,60
		201	730,36	6,54	324,22	6,76	874,28	6,40	1301,98	6,91	403,68	5,43	412,60	2,70
		161	706,60	4,39	307,62	4,61	853,72	4,26	1239,38	4,70	432,86	3,33	449,66	2,32
	9	207	732,52	6,95	325,54	7,17	875,96	6,81	1307,86	7,32	401,76	5,83	410,20	3,01
	10	178	716,80	5,30	314,76	5,52	862,56	5,16	1266,24	5,63	420,28	4,22	433,68	2,47
		206	732,16	6,88	325,32	7,10	875,68	6,74	1306,88	7,26	402,08	5,76	410,60	2,96
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		74	594,80	1,09	229,00	1,29	761,20	1,00	995,20	1,22	652,00	0,46	719,60	0,36
	11	263	750,60	10,95	336,82	11,18	890,34	10,81	1358,58	11,39	385,66	9,79	390,40	6,12
	12	173	713,80	5,03	312,66	5,25	859,96	4,89	1258,34	5,36	423,98	3,96	438,38	2,42
	13	129	680,90	2,89	290,20	3,11	832,00	2,77	1176,40	3,15	473,00	1,91	499,60	1,46

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	CONDUCTOR LA-110											
			MÁXIMA FLECHA								MÍNIMA FLECHA			
			A-B-C				B		C		B		C	
			15° Viento		50° C		0° Hielo 0,18 vd		0° Hielo 0,36 vd		-15° C		-20° C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
ZONA B	14	180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
	15	235	742,60	8,85	331,70	9,08	883,80	8,71	1335,30	9,26	392,80	7,71	399,00	4,46
	16	124	675,40	2,70	286,20	2,92	827,00	2,58	1163,40	2,94	483,00	1,73	512,60	1,30
		174	714,40	5,08	313,08	5,30	860,48	4,95	1259,92	5,42	423,24	4,01	437,44	2,43
		177	716,20	5,24	314,34	5,46	862,04	5,11	1264,66	5,58	421,02	4,16	434,62	2,46
	17	158	704,80	4,23	306,36	4,45	852,16	4,10	1234,64	4,54	435,08	3,18	452,48	2,30
		236	742,96	8,92	331,92	9,15	884,08	8,78	1336,28	9,33	392,48	7,78	398,60	4,51
		204	731,44	6,74	324,88	6,96	875,12	6,60	1304,92	7,12	402,72	5,63	411,40	2,86
		190	724,00	5,94	319,80	6,16	868,80	5,80	1285,20	6,29	411,40	4,84	422,40	2,57
ZONA C	18	180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		136	688,00	3,18	294,60	3,40	837,80	3,06	1192,80	3,45	460,80	2,17	484,40	1,70
		133	685,00	3,06	292,80	3,28	835,40	2,93	1185,90	3,32	465,90	2,06	490,70	1,60
		140	692,00	3,35	297,00	3,57	841,00	3,22	1202,00	3,63	454,00	2,33	476,00	1,84
		176	715,60	5,19	313,92	5,41	861,52	5,05	1263,08	5,52	421,76	4,11	435,56	2,45
		145	696,00	3,58	300,00	3,80	844,50	3,45	1212,00	3,87	447,50	2,55	468,00	2,04
	19	153	701,80	3,96	304,26	4,18	849,56	3,83	1226,74	4,26	438,78	2,92	457,18	2,26
		173	713,80	5,03	312,66	5,25	859,96	4,89	1258,34	5,36	423,98	3,96	438,38	2,42
ZONA B	20	282	754,40	12,53	339,48	12,75	893,76	12,38	1371,12	12,98	382,24	11,36	386,60	7,40
		171	712,60	4,92	311,82	5,14	858,92	4,79	1255,18	5,25	425,46	3,85	440,26	2,41
		135	687,00	3,14	294,00	3,36	837,00	3,02	1190,50	3,41	462,50	2,14	486,50	1,67
		195	727,00	6,20	321,90	6,42	871,40	6,06	1293,10	6,57	407,70	5,10	417,70	2,61
		156	703,60	4,12	305,52	4,34	851,12	3,99	1231,48	4,43	436,56	3,07	454,36	2,28
		115	664,50	2,36	278,50	2,58	818,00	2,24	1139,00	2,59	503,50	1,43	539,00	1,05
		128	679,80	2,85	289,40	3,07	831,00	2,73	1173,80	3,11	475,00	1,87	502,20	1,43
	21	134	686,00	3,10	293,40	3,32	836,20	2,97	1188,20	3,37	464,20	2,10	488,60	1,63
		178	716,80	5,30	314,76	5,52	862,56	5,16	1266,24	5,63	420,28	4,22	433,68	2,47
ZONA C	21	242	745,12	9,33	333,24	9,55	885,76	9,19	1342,16	9,75	390,56	8,18	396,20	4,83
		186	721,60	5,72	318,12	5,94	866,72	5,59	1278,88	6,07	414,36	4,63	426,16	2,53
		219	736,84	7,76	328,18	7,99	879,32	7,62	1319,62	8,15	397,92	6,64	405,40	3,63

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

CONDUCTOR LA-110														
ZONA	SERIE	LONGITUD VANOS (m)	MÁXIMA FLECHA								MÍNIMA FLECHA			
			A-B-C				B		C		B		C	
			15° Viento		50° C		0° Hielo 0,18 vd		0° Hielo 0,36 vd		-15° C		-20° C	
			T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F
ZONA B	22	138	690,00	3,27	295,80	3,49	839,40	3,14	1197,40	3,54	457,40	2,25	480,20	1,77
		205	731,80	6,81	325,10	7,03	875,40	6,67	1305,90	7,19	402,40	5,70	411,00	2,91
		195	727,00	6,20	321,90	6,42	871,40	6,06	1293,10	6,57	407,70	5,10	417,70	2,61
		211	733,96	7,22	326,42	7,44	877,08	7,08	1311,78	7,60	400,48	6,10	408,60	3,22
		225	739,00	8,17	329,50	8,40	881,00	8,03	1325,50	8,57	396,00	7,04	403,00	3,95
		203	731,08	6,67	324,66	6,89	874,84	6,53	1303,94	7,05	403,04	5,56	411,80	2,81
	23	257	749,40	10,45	335,98	10,68	889,26	10,31	1354,62	10,89	386,74	9,30	391,60	5,71
		134	686,00	3,10	293,40	3,32	836,20	2,97	1188,20	3,37	464,20	2,10	488,60	1,63
		175	715,00	5,14	313,50	5,36	861,00	5,00	1261,50	5,47	422,50	4,06	436,50	2,44
	24	160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
		188	722,80	5,83	318,96	6,05	867,76	5,69	1282,04	6,18	412,88	4,74	424,28	2,55
		128	679,80	2,85	289,40	3,07	831,00	2,73	1173,80	3,11	475,00	1,87	502,20	1,43
		153	701,80	3,96	304,26	4,18	849,56	3,83	1226,74	4,26	438,78	2,92	457,18	2,26
	25	114	663,20	2,32	277,60	2,54	817,00	2,20	1136,20	2,55	506,00	1,40	542,20	1,02
	26	206	732,16	6,88	325,32	7,10	875,68	6,74	1306,88	7,26	402,08	5,76	410,60	2,96
	27	174	714,40	5,08	313,08	5,30	860,48	4,95	1259,92	5,42	423,24	4,01	437,44	2,43
		167	710,20	4,71	310,14	4,93	856,84	4,57	1248,86	5,03	428,42	3,64	444,02	2,37
		232	741,52	8,65	331,04	8,87	882,96	8,51	1332,36	9,05	393,76	7,51	400,20	4,31
		146	696,80	3,62	300,60	3,84	845,20	3,49	1214,00	3,91	446,20	2,59	466,40	2,07
		117	667,10	2,43	280,30	2,65	820,00	2,31	1144,60	2,66	498,50	1,49	532,60	1,10
	28	241	744,76	9,26	333,02	9,49	885,48	9,12	1341,18	9,68	390,88	8,12	396,60	4,77
	29	104	649,60	1,97	268,00	2,19	805,80	1,86	1106,40	2,17	534,60	1,10	577,80	0,78
		176	715,60	5,19	313,92	5,41	861,52	5,05	1263,08	5,52	421,76	4,11	435,56	2,45
		151	700,60	3,85	303,42	4,07	848,52	3,72	1223,58	4,15	440,26	2,81	459,06	2,24
		160	706,00	4,33	307,20	4,55	853,20	4,20	1237,80	4,65	433,60	3,28	450,60	2,31
	30	180	718,00	5,40	315,60	5,62	863,60	5,27	1269,40	5,74	418,80	4,32	431,80	2,48
		151	700,60	3,85	303,42	4,07	848,52	3,72	1223,58	4,15	440,26	2,81	459,06	2,24
		173	713,80	5,03	312,66	5,25	859,96	4,89	1258,34	5,36	423,98	3,96	438,38	2,42

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4.4) Vano ideal de regulación

Si el cálculo de las tensiones y flechas se hiciese de modo independiente para cada uno de los vanos del tramo, en función de las diferentes longitudes de los vanos, habría que tensar de manera distinta en vanos contiguos, pero como los cables cuelgan de cadenas de aisladores de suspensión, las diferencias de tensión quedarían automáticamente anuladas por las inclinaciones que en sentido longitudinal tomarían dichas cadenas, cuya posición correcta es precisamente vertical y no inclinada.

Puesto que en un tramo de línea constituido por una serie de apoyos de alineación, limitada por dos de anclaje, las cadenas de suspensión (verticales) no pueden absorber las diferencias de tensado, debidas a las distintas longitudes de los vanos, deberemos admitir que las tensiones de los cables, iguales en todos los vanos, varíen como lo haría el de un vano teórico llamado "Vano ideal de regulación".

Es necesario, por consiguiente, que las tablas de tendido de los distintos vanos tengan una misma tensión para cada valor de la temperatura, siendo la variación de la flecha quien compense las diferencias de longitud de los vanos.

Tal tensión variará, como se ha dicho antes, si lo hace la temperatura, las condiciones meteorológicas, las sobrecargas, etc., pero en todo momento deberá tener un valor uniforme a lo largo del tramo.

El vano ideal de regulación a_r puede calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$a_r = \sqrt{\frac{a_1^3 + a_2^3 + a_3^3 + \dots + a_n^3}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}} = \sqrt{\frac{\sum a_n^3}{\sum a_n}}$$

siendo:

- a_n : las diferentes longitudes de los vanos que forman una determinada alineación comprendida entre dos apoyos con amarre.

Una vez determinado el valor del vano ideal de regulación, se deben calcular su condición reglamentaria más desfavorable y la tabla de tendido correspondiente. De esta manera se obtiene el punto de partida para determinar las características de los vanos que integran esta serie.

Según la tabla de tendido, para cada temperatura le corresponde una tensión y una flecha, por lo tanto, al vano de regulación a_r le corresponde una flecha de regulación f_r cuyo valor resultará ser:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$f_r = \frac{Pa_r^2}{8T}$$

Como la tensión en la serie de vanos que integran la alineación es igual en todos ellos, se concluye que la flecha para cada uno de los distintos vanos, será:

$$f_i = \frac{Pa_i^2}{8T}$$

Dividiendo estas dos igualdades, resulta:

$$f_i = \frac{a_i^2}{a_r^2} f_r$$

Ecuación que proporciona el valor de la flecha f_i , de cada vano, en función de la flecha de regulación f_r , y de sus correspondientes vanos a_i y a_r , para una condiciones determinada de temperatura, tensión y peso del conductor.

De este modo es posible construir la tabla de tendido en la que para las distintas temperaturas se obtiene la tensión y la flecha correspondiente, según la longitud de los diferentes vanos.

La tabla de tendido del presente proyecto se presenta a continuación, mostrándose las tensiones en kilogramos y las flechas en metros:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																						
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F
Serie 1 a _r =167,17	1-2: 160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	2-3:152	314,02	4,04	320,58	3,95	327,91	3,86	335,23	3,77	342,79	3,68	351,89	3,58	361	3,48	8,20	370,88	3,38	380,99	3,28	392,65	3,18	418,52	2,97
	3-4:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
Serie 2 a _r =184,88	4-5:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	5-6:168		4,89		4,80		4,70		4,61		4,52		4,42		4,32	8,20		4,22		4,12		4,02		3,81
	6-7:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
	7-8:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
	8-9:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
	9-10:151	322,56	3,98	328,16	3,89	334,07	3,80	339,98	3,71	346,58	3,62	353,79	3,52	361	3,43	8,20	368,51	3,33	376,72	3,23	385,54	3,13	404,77	2,92
	10-11:150		3,93		3,84		3,75		3,66		3,57		3,47		3,38	8,20		3,28		3,18		3,08		2,87
	11-12:200		6,60		6,50		6,40		6,31		6,21		6,10		6,00	8,20		5,90		5,79		5,69		5,47
	12-13:228		8,50		8,40		8,30		8,20		8,09		7,99		7,89	8,20		7,79		7,68		7,58		7,36
	13-14:244		9,59		9,49		9,38		9,28		9,16		9,07		8,97	8,20		8,87		8,76		8,66		8,44
	14-15:178		5,43		5,33		5,23		5,14		5,05		4,94		4,85	8,20		4,75		4,64		4,54		4,33
	15-16:111		2,35		2,27		2,19		2,11		2,03		1,94		1,85	8,20		1,76		1,67		1,57		1,39

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110																								
SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																						
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F
Serie 3 a _r =181,55	16-17:194	321,36	6,28	327,10	6,18	333,20	6,08	339,31	5,99	346,05	5,89	353,52	5,78	361	5,69	8,20	368,84	5,59	377,32	5,48	386,53	5,38	406,70	5,16
	17-18:180		5,53		5,44		5,34		5,25		5,15		5,05		4,95	8,20		4,85		4,75		4,65		4,43
	18-19:180		5,53		5,44		5,34		5,25		5,15		5,05		4,95	8,20		4,85		4,75		4,65		4,43
	19-20:150		3,93		3,84		3,75		3,66		3,57		3,47		3,38	8,20		3,28		3,18		3,08		2,87
	20-21:175		5,27		5,17		5,08		4,99		4,89		4,79		4,69	8,20		4,59		4,49		4,39		4,17
	21-22:128		2,99		2,90		2,82		2,73		2,64		2,55		2,46	8,20		2,37		2,27		2,18		1,98
	22-23:180		5,53		5,44		5,34		5,25		5,15		5,05		4,95	8,20		4,85		4,75		4,65		4,43
	23-24:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
	24-25:204		6,87		6,77		6,67		6,58		6,48		6,37		6,27	8,20		6,17		6,06		5,96		5,74
	25-26:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91
	26-27:190		6,07		5,97		5,87		5,78		5,68		5,57		5,48	8,20		5,38		5,27		5,17		4,95
	27-28:196		6,39		6,29		6,19		6,10		6,00		5,89		5,79	8,20		5,69		5,58		5,48		5,26
	28-29:197		6,44		6,34		6,24		6,15		6,05		5,94		5,84	8,20		5,74		5,63		5,53		5,31
	29-30:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	30-31:171		5,05		4,96		4,86		4,77		4,68		4,57		4,48	8,20		4,38		4,28		4,18		3,96
	31-32:210		7,28		7,18		7,08		6,99		6,88		6,78		6,68	8,20		6,57		6,46		6,36		6,14
	32-33:178		5,43		5,33		5,23		5,14		5,05		4,94		4,85	8,20		4,75		4,64		4,54		4,33

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DETENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																							
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C		
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F	
Serie 4 a _r =195,89	33-34:230	326,52	8,64	331,69	8,54	336,93	8,43	342,18	8,34	348,34	8,22	354,67	8,13	361	8,03	8,20	367,41	7,92	374,74	7,81	382,23	7,71	398,38	7,49	
	34-35:273		11,90		11,80		11,69		11,59		11,47		11,38		11,28	8,20		11,17		11,06		10,96		10,74	
	35-36:190		6,07		5,97		5,87		5,78		5,68		5,57		5,48	8,20		5,38		5,27		5,17		4,95	
	36-37:156		4,25		4,16		4,07		3,98		3,89		3,79		3,69	8,20		3,59		3,49		3,39		3,18	
	37-38:167		4,84		4,74		4,65		4,56		4,47		4,36		4,27	8,20		4,17		4,07		3,97		3,75	
	38-39:213		7,48		7,38		7,28		7,19		7,08		6,98		6,88	8,20		6,78		6,67		6,57		6,35	
	39-40:153		4,09		4,00		3,91		3,82		3,73		3,63		3,54	8,20		3,44		3,34		3,24		3,03	
	40-41:179		5,48		5,38		5,29		5,20		5,10		5,00		4,90	8,20		4,80		4,69		4,59		4,38	
	41-42:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39	
	42-43:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39	
	43-44:128		2,99		2,90		2,82		2,73		2,64		2,55		2,46	8,20		2,37		2,27		2,18		1,98	
Serie 5 ar=176,85	44-45:183	319,67	5,69	325,59	5,60	331,98	5,50	338,37	5,41	345,30	5,31	353,15	5,21	361	5,11	8,20	369,31	5,01	378,17	4,90	387,94	4,80	409,42	4,59	
	45-46:170		5,00		4,90		4,81		4,72		4,63		4,52		4,43	8,20		4,33		4,22		4,12		3,91	
Serie 6 ar=179	46-47:179	320,44	5,48	326,28	5,38	332,54	5,29	338,80	5,20	345,64	5,10	353,32	5,00	361	4,90	8,20	369,10	4,80	377,78	4,69	387,30	4,59	408,18	4,38	
Serie 7 ar=207,67	47-48:108	329,54	2,24	334,38	2,16	339,07	2,09	343,92	2,01	349,61	1,93	355,31	1,84	361	1,76	8,20	366,69	1,67	373,23	1,58	379,93	1,48	394,00	1,30	
	48-49:92		1,73		1,66		1,58		1,51		1,43		1,36		1,28	8,20		1,19		1,11		1,02		0,87	
	49-50:179		5,48		5,38		5,29		5,20		5,10		5,00		4,90	8,20		4,80		4,69		4,59		4,38	
	50-51:273		11,90		11,80		11,69		11,59		11,47		11,38		11,28	8,20		11,17		11,06		10,96		10,74	

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110																								
SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																						
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F
Serie 8 ar=169,63	51-52:95	317,07	1,83	323,28	1,75	330,11	1,68	336,93	1,60	344,14	1,52	352,57	1,44	361	1,36	8,20	370,04	1,28	379,46	1,19	390,11	1,11	413,61	0,95
	52-53:201		6,67		6,57		6,47		6,38		6,28		6,17		6,07	8,20		5,97		5,86		5,76		5,54
	53-54:161		4,52		4,43		4,33		4,24		4,15		4,05		3,96	8,20		3,86		3,75		3,65		3,44
Serie 9 ar=207	54-55:207	329,40	7,08	334,26	6,98	338,98	6,87	343,84	6,78	349,56	6,68	355,28	6,57	361	6,47	8,20	366,72	6,37	373,30	6,26	380,02	6,16	394,18	5,94
Serie 10 ar=168,48	55-56:178	316,66	5,43	322,92	5,33	329,81	5,23	336,70	5,14	343,96	5,05	352,48	4,94	361	4,85	8,20	370,15	4,75	379,67	4,64	390,45	4,54	414,28	4,33
	56-57:206		7,01		6,91		6,81		6,72		6,61		6,51		6,41	8,20		6,30		6,19		6,09		5,87
	57-58:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	58-59:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	59-60:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	60-61:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	61-62:74		1,23		1,17		1,10		1,04		0,97		0,89		0,83	8,20		0,76		0,68		0,62		0,51
Serie 11 ar=263	62-63:263	339,82	11,08	343,30	10,97	346,30	10,87	349,78	10,76	353,52	10,64	357,26	10,55	361	10,45	8,20	364,74	10,34	368,48	10,23	372,96	10,13	381,18	9,91
Serie 12 ar=173	63-64:173	318,28	5,16	324,36	5,06	330,98	4,97	337,60	4,88	344,68	4,78	352,84	4,68	361	4,59	8,20	369,70	4,49	378,86	4,38	389,10	4,28	411,66	4,07
Serie 13 ar=129	64-65:129	297,30	3,03	306,30	2,94	315,40	2,86	325,50	2,77	335,70	2,68	347,80	2,59	361	2,50	8,20	375,20	2,40	390,50	2,30	407,80	2,21	448,50	2,01
Serie 14 ar=180	65-66:180	320,80	5,53	326,60	5,44	332,80	5,34	339,00	5,25	345,80	5,15	353,40	5,05	361	4,95	8,20	369,00	4,85	377,60	4,75	387,00	4,65	407,60	4,43
Serie 15 ar=235	66-67:235	335,00	8,98	339,30	8,88	342,90	8,77	347,20	8,68	351,80	8,55	356,40	8,47	361	8,37	8,20	365,60	8,26	370,50	8,15	376,10	8,05	386,90	7,83
Serie 16 ar=163,64	67-68:124	314,91	2,84	321,37	2,75	328,55	2,67	335,73	2,58	343,18	2,49	352,09	2,40	361	2,31	8,20	370,64	2,22	380,54	2,12	391,91	2,03	417,09	1,83
	68-69:174		5,21		5,12		5,02		4,93		4,84		4,73		4,64	8,20		4,54		4,43		4,33		4,12
	69-70:177		5,37		5,28		5,18		5,09		5,00		4,89		4,79	8,20		4,69		4,59		4,49		4,27

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110																								
SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																						
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F
Serie 17 ar=202,89	70-71:158	328,58	4,36	333,52	4,27	338,40	4,17	343,35	4,08	349,23	3,99	355,12	3,89	361	3,80	8,20	366,88	3,70	373,71	3,60	380,60	3,50	395,25	3,29
	71-72:236		9,05		8,95		8,84		8,74		8,62		8,53		8,43	8,20		8,33		8,22		8,12		7,90
	72-73:204		6,87		6,77		6,67		6,58		6,48		6,37		6,27	8,20		6,17		6,06		5,96		5,74
	73-74:190		6,07		5,97		5,87		5,78		5,68		5,57		5,48	8,20		5,38		5,27		5,17		4,95
Serie 18 ar=157,88	74-75:180	312,84	5,53	319,52	5,44	327,05	5,34	334,58	5,25	342,26	5,15	351,63	5,05	361	4,95	8,20	371,21	4,85	381,58	4,75	393,63	4,65	420,43	4,43
	75-76:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
	76-77:136		3,32		3,23		3,15		3,06		2,96		2,88		2,78	8,20		2,68		2,59		2,49		2,28
	77-78:133		3,19		3,11		3,02		2,93		2,84		2,75		2,66	8,20		2,56		2,46		2,37		2,17
	78-79:140		3,48		3,40		3,31		3,22		3,11		3,04		2,94	8,20		2,84		2,75		2,65		2,44
	79-80:176		5,32		5,22		5,13		5,04		4,94		4,84		4,74	8,20		4,64		4,54		4,44		4,22
	80-81:145		3,71		3,62		3,53		3,44		3,34		3,26		3,16	8,20		3,06		2,97		2,87		2,66
	81-82:153		4,09		4,00		3,91		3,82		3,73		3,63		3,54	8,20		3,44		3,34		3,24		3,03
	82-83:173		5,16		5,06		4,97		4,88		4,78		4,68		4,59	8,20		4,49		4,38		4,28		4,07
Serie 19 ar=282	83-84:282	342,48	12,65	345,20	12,54	348,20	12,44	350,92	12,33	354,28	12,22	357,64	12,12	361	12,02	8,20	364,36	11,91	367,72	11,80	371,44	11,70	378,52	11,48
Serie 20 ar=161,72	84-85:171	314,22	5,05	320,75	4,96	328,05	4,86	335,35	4,77	342,88	4,68	351,94	4,57	361	4,48	8,20	370,83	4,38	380,89	4,28	392,48	4,18	418,20	3,96
	85-86:135		3,28		3,19		3,11		3,02		2,92		2,84		2,74	8,20		2,64		2,55		2,45		2,25
	86-87:195		6,33		6,23		6,14		6,05		5,95		5,84		5,74	8,20		5,64		5,53		5,43		5,21
	87-88:156		4,25		4,16		4,07		3,98		3,89		3,79		3,69	8,20		3,59		3,49		3,39		3,18
	88-89:115		2,50		2,41		2,33		2,25		2,17		2,08		1,99	8,20		1,90		1,81		1,71		1,53

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110																									
SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																							
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C		
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F	
Serie 21 ar=194,81	89-90:128	326,13	2,99	331,34	2,90	336,65	2,82	341,96	2,73	348,17	2,64	354,59	2,55	361	2,46	8,20	367,52	2,37	374,93	2,27	382,56	2,18	399,01	1,98	
	90-91:134		3,23		3,15		3,06		2,97		2,88		2,79		2,70	8,20		2,60		2,50		2,41		2,21	
	91-92:178		5,43		5,33		5,23		5,14		5,05		4,94		4,85	8,20		4,75		4,64		4,54		4,33	
	92-93:242		9,46		9,36		9,25		9,15		9,02		8,94		8,84	8,20		8,73		8,62		8,52		8,30	
	93-94:186		5,85		5,76		5,66		5,57		5,47		5,36		5,27	8,20		5,17		5,06		4,96		4,74	
	94-95:219		7,89		7,79		7,69		7,59		7,48		7,38		7,28	8,20		7,18		7,07		6,97		6,75	
Serie 22 ar=201,54	95-96:138	328,31	3,40	333,28	3,32	338,22	3,23	343,18	3,14	349,12	3,03	355,06	2,96	361	2,86	8,20	366,94	2,76	373,85	2,67	380,78	2,57	395,60	2,36	
	96-97:205		6,94		6,84		6,74		6,65		6,54		6,44		6,34	8,20		6,24		6,13		6,03		5,81	
	97-98:195		6,33		6,23		6,14		6,05		5,95		5,84		5,74	8,20		5,64		5,53		5,43		5,21	
	98-99:211		7,35		7,25		7,15		7,05		6,95		6,84		6,74	8,20		6,64		6,53		6,43		6,21	
	99-100:225		8,30		8,20		8,10		8,00		7,88		7,79		7,69	8,20		7,59		7,48		7,38		7,16	
	100-101:203		6,80		6,70		6,60		6,51		6,41		6,30		6,20	8,20		6,10		5,99		5,89		5,67	
Serie 23 ar=209,07	101-102:257	329,81	10,58	334,63	10,48	339,27	10,37	344,09	10,27	349,73	10,14	355,36	10,06	361	9,96	8,20	366,64	9,85	373,09	9,74	379,73	9,64	393,64	9,42	
	102-103:134		3,23		3,15		3,06		2,97		2,88		2,79		2,70	8,20		2,60		2,50		2,41		2,21	
	103-104:175		5,27		5,17		5,08		4,99		4,89		4,79		4,69	8,20		4,59		4,49		4,39		4,17	
Serie 24 ar=161,56	104-105:160	314,16	4,46	320,70	4,37	328,01	4,28	335,31	4,19	342,85	4,10	351,93	4,00	361	3,90	8,20	370,84	3,80	380,92	3,70	392,53	3,60	418,29	3,39	
	105-106:188		5,96		5,86		5,76		5,67		5,58		5,47		5,37	8,20		5,27		5,16		5,06		4,85	
	106-107:128		2,99		2,90		2,82		2,73		2,64		2,55		2,46	8,20		2,37		2,27		2,18		1,98	
	107-108:153		4,09		4,00		3,91		3,82		3,73		3,63		3,54	8,20		3,44		3,34		3,24		3,03	

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110

TABLA DE TENDIDO DEL CONDUCTOR LA-110																								
SERIES (m)	VANOS	TEMPERATURAS																						
		+ 45° C		+ 40° C		+ 35° C		+ 30° C		+ 25° C		+ 20° C		+ 15° C			+ 10° C		+ 5° C		0° C		- 10° C	
		T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	F	%EDS	T	F	T	F	T	F	T	F
Serie 25 ar=114	108-109:114	286,20	2,46	295,80	2,37	306,40	2,29	318,00	2,21	330,60	2,13	344,80	2,04	361	1,96	8,20	378,20	1,87	398,00	1,78	420,40	1,68	473,40	1,49
Serie 26 ar=206	109-110:206	329,20	7,01	334,08	6,91	338,84	6,81	343,72	6,72	349,48	6,61	355,24	6,51	361	6,41	8,20	366,76	6,30	373,40	6,19	380,16	6,09	394,44	5,87
Serie 27 ar=180,13	110-111:174	320,85	5,21	326,64	5,12	332,83	5,02	339,03	4,93	345,82	4,84	353,41	4,73	361	4,64	8,20	368,99	4,54	377,58	4,43	386,96	4,33	407,52	4,12
	111-112:167		4,84		4,74		4,65		4,56		4,47		4,36		4,27	8,20		4,17		4,07		3,97		3,75
	112-113:232		8,78		8,68		8,57		8,47		8,35		8,26		8,16	8,20		8,06		7,95		7,85		7,63
	113-114:146		3,75		3,66		3,57		3,48		3,39		3,30		3,20	8,20		3,10		3,01		2,91		2,70
	114-115:117		2,57		2,48		2,40		2,32		2,24		2,15		2,06	8,20		1,97		1,88		1,78		1,59
Serie 28 ar=241	115-116:241	336,20	9,39	340,38	9,29	343,74	9,18	347,92	9,08	352,28	8,96	356,64	8,87	361	8,77	8,20	365,36	8,66	369,90	8,55	375,26	8,45	385,34	8,23
Serie 29 ar=154,54	116-117:104	311,64	2,11	318,45	2,03	326,18	1,96	333,91	1,88	341,73	1,80	351,36	1,71	361	1,63	8,20	371,55	1,54	382,18	1,45	394,64	1,36	422,36	1,19
	117-118:176		5,32		5,22		5,13		5,04		4,94		4,84		4,74	8,20		4,64		4,54		4,44		4,22
	118-119:151		3,98		3,89		3,80		3,71		3,62		3,52		3,43	8,20		3,33		3,23		3,13		2,92
	119-120:160		4,46		4,37		4,28		4,19		4,10		4,00		3,90	8,20		3,80		3,70		3,60		3,39
Serie 30 ar=169,34	120-121:180	316,96	5,53	323,19	5,44	330,03	5,34	336,87	5,25	344,09	5,15	352,55	5,05	361	4,95	8,20	370,07	4,85	379,52	4,75	390,20	4,65	413,78	4,43
	121-122:151		3,98		3,89		3,80		3,71		3,62		3,52		3,43	8,20		3,33		3,23		3,13		2,92
	122-123:173		5,16		5,06		4,97		4,88		4,78		4,68		4,59	8,20		4,49		4,38		4,28		4,07

5. TRAZADO DE LA LÍNEA Y DISTRIBUCIÓN DE APOYOS

5.1) Etapas de la determinación de la traza

El carácter del terreno o localidad que la línea debe atravesar, debe considerarse dada la importancia que ello tiene para elegir el tipo de línea más conveniente. En zonas montañosas o próximas a ciudades, se pueden presentar circunstancias definitorias para la elección del conductor y apoyos más apropiados.

En líneas de Alta Tensión, las pequeñas reparaciones y recambios no constituyen un factor importante y por ello conviene sacrificar accesibilidad para acortar la longitud de la línea mediante un trazado directo de la misma.

Para el trazado de la línea debe evaluarse convenientemente el aspecto económico dado por los permisos de paso, costo de construcción y facilidad de mantenimiento de la línea. En terrenos montañosos o zonas pobladas, no se aconseja generalmente un trazado directo o bien realizarlo en largos tramos rectos. Los ángulos pequeños ($\alpha < 15^\circ$) cuestan poco y aumentan poco la longitud de la línea.

Deben evitarse montañas y cumbres para proteger la línea de la acción del viento y de descargas atmosféricas.

En primer lugar se efectúa un reconocimiento general del lugar de trazado previsto, estableciéndose puntos de control y seleccionando zonas para estudios en detalle.

Luego, resueltas las dificultades presentadas y establecidas las normas generales del trazado, se debe establecer en forma muy precisa los criterios a seguir para considerar la existencia de líneas telefónicas, cruces de cauces navegables, rutas aéreas, aeropuertos, etc.

Antes de comenzar el replanteo definitivo, deben fijarse las especificaciones preliminares con indicaciones respecto a la norma a seguir en los asuntos generales y exponiendo las líneas principales del proyecto. En ellas deben figurar:

- Dimensiones general de las estructuras de apoyo.
- Curvas de flechas.
- Vanos máximo y ángulo de cada apoyo
- Permisos o servidumbres de paso

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Con esta información, sobre el terreno, se puede elegir el emplazamiento más adecuado para el proyecto.

Cuando los trabajos preliminares están totalmente terminados, se procede al replanteo del trazado en el terreno mismo, dividiéndose el trabajo en:

- Grupos que elegirán el emplazamiento exacto de los soportes y abrirán caminos de acceso.
- Grupos que elegirán el emplazamiento exacto de los soportes y abrirán caminos de acceso.
- Grupos que fijarán los límites de las propiedades afectadas.
- Grupos que confeccionan los planos definitivos y los perfiles en base a datos relevados.

Finalmente el trazado dependerá de la naturaleza del terreno, de la longitud y tipo de línea y disponibilidad de personal.

5.2) Servidumbre de paso

El permiso de paso no es una compra firme del terreno, sino que establece una servidumbre perpetua en virtud de la cual, el propietario otorga los permisos necesarios para la construcción y mantenimiento de la línea, pero conserva la propiedad y el uso del terreno. El ancho afectado por la servidumbre, puede establecerse en una dimensión determinada, debiéndose considerar:

- Medios de acceso a todas las estructuras.
- Permiso de erección de estructuras de apoyo.
- Desbroce de árboles y arbustos en un ancho no menos de 3 metros a la distancia comprendida entre conductores, de manera que permita un espacio libre para el levantamiento de estructuras.
- Talado de los árboles que puedan llegar a acercarse demasiado a los conductores, aún en caso de balancearse bajo la acción de los vientos máximos y de todos los árboles cuya caída pudiera acercarlos a los conductores.
- Distancias a montones de madera, pajares, etc., que constituyen un peligro permanente de incendio. Una de las causas principales de las interrupciones

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

importantes, es la negligencia en atenderse estrictamente a un riguroso desbroce y/o despeje de terrenos.

5.3) Distribución de apoyos

La distribución de los apoyos de una línea se hace en el perfil longitudinal del trazado de la misma. Si el terreno es regularmente llano, la repartición se puede realizar directamente en el plano general de la zona donde se dibuja la traza.

Para terrenos ondulados, es necesario confeccionar el perfil longitudinal del trazado y determinar la ubicación de los apoyos, debiéndose lograr que el punto más bajo del conductor en cualquier vano, permanezca superior a la altura mínima fijada de acuerdo a normas.

Si bien es lógico reducir al mínimo el número de apoyos, inevitablemente hay que prever apoyos especiales para salvar desniveles con grandes vanos, cruzar líneas eléctricas o zonas navegables mediante el incremento de altura de los soportes sobredimensionados de los mismos para resistir los esfuerzos.

5.4) Curva característica de un cable

Como se indicó anteriormente se aproximará la ecuación de la catenaria por mediación de la parábola, simplificando de este modo los cálculos. Teniendo en cuenta esta consideración la curva característica del conductor responde a la siguiente expresión:

$$Y = h + \frac{x^2}{2h}$$

Suponiendo el eje de abscisas tangente a la parábola en su vértice, la ecuación adopta la siguiente expresión:

$$Y = \frac{x^2}{2h}$$

Dado que el valor de la flecha será la diferencia de los valores para “ $x=a/2$ ” y para $x=0$, su valor resulta:

$$f = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2h} - 0 = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{2h}$$

Así, el parámetro de la parábola queda determinado por la siguiente expresión:

$$2h = \frac{\left(\frac{a}{2}\right)^2}{f}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

El parámetro de la parábola s determina para cada serie en función del valor del vano regulador representativo de la misma. En la tabla de tendido del conductor se presentan mencionados los valores.

5.5) Plantilla de distribución de apoyos

Una vez trazado el perfil del terreno se seleccionan las adecuadas escalas horizontales y verticales de manera que permitan observar los desniveles. Las escalas empleadas para el presente proyecto son:

- Escala horizontal: 1/2000
- Escala vertical: 1/500

Se construye la plantilla de distribución de apoyos, la cual se conforma con la “curva de flechas máximas”, “curva de distancia mínima al terreno”, “curva de pie de apoyo” y “curva de flechas mínimas”. La escala utilizada para la plantilla de distribución debe de ser la misma que la utilizada en la construcción del perfil longitudinal del terreno.

La construcción de las curvas que conforman la plantilla se puede obtener utilizando las expresiones exactas o aproximadas de trabajando de acuerdo a ello en catenarias o parábolas.

Método exacto

$$y = \frac{H}{W} ch \frac{W}{H} x$$

Método aproximado

$$y = \frac{H}{W} + \frac{W}{2H} x^2$$

$$f = \frac{H}{W} \left(ch \frac{W}{H} x - 1 \right)$$

$$f = \frac{W}{2H} x^2$$

Con las expresiones indicadas, se calcula la flecha máxima ($f_{\text{máx}}$) para las condiciones más desfavorables y se representa en la escala elegida en función de la longitud del vano. Paralela a ella y distanciada un valor igual a la altura mínima, se construye la curva ($d_{\text{mín}}$). Finalmente, paralela a la primera y distanciada un valor igual a la altura del soporte (h_s) se construye la curva de ubicación de los mismos.

Para la determinación de la curva de flecha mínima ($f_{\text{mín}}$), se utilizan las mismas expresiones con las condiciones de trabajo más desfavorables.

Los pasos a seguir para la utilización de la plantilla de ubicación de apoyos, se puede resumir en la siguiente secuencia:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. Confección del perfil longitudinal
2. Superponer la plantilla de ubicación de apoyos al perfil longitudinal, haciendo quedar la curva de distancia mínimas ($d_{\min}$) tangente a dicho perfil longitudinal.
3. Determinar los puntos de corte entre la curva de pie de apoyo con el perfil longitudinal, dado que en dichos lugares se deben emplazar los respectivos soportes.
4. La distancia entre los puntos obtenidos en (3) y la curva de flecha máxima, determinar la altura del apoyo al que se debe adicionar la longitud de la cadena de aisladores.

Ubicados los apoyos en el perfil longitudinal, se debe comprobar cuál de ellos puede quedar sometido a un tiro vertical hacia arriba al presentarse la condición de flecha mínima. Este es el motivo por el cual se debe dibujar dicha curva en la plantilla de distribución de apoyos.

Para la determinación de la parábola mínima, es necesario conocer previamente el valor del doble vano mínimo siendo éste, la suma de dos vanos contiguos. La razón de conocerlo es la de que así como la curva de $f_{\max}$ se pasa entre dos apoyos (un vano), la curva de $f_{\min}$ se debe pasar entre cada tres apoyos (dos vanos) para comprobar si el apoyo intermedio tendrá o no tiro vertical hacia arriba.

Para evitar el tiro vertical hacia arriba, se debe replantear la ubicación de los apoyos o bien habrá que contrarrestar dicho tiro hacia arriba con contrapesos en las cadenas de aisladores.

Cuando el tendido de la línea se realiza sobre soportes ubicados en las laderas, se puede presentar el inconveniente de que una de las fases de la línea se encuentre próxima al terreno, situación que es necesaria analizar y solucionar.

Las parábolas de distribución de apoyos para cada uno de los vanos que conforman la línea eléctrica del presente proyecto, atendiendo a sus características, se presentan a continuación:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Series 1 ar=161,17 m	1	C-500	12,71	1-2: 160	1421,01
	2	C-500	12,71	2-3:152	
	3	C-1000	14,24	3-4:170	
	4	C-3000	13,86		
Serie 2 ar=184,88 m	5	C-1000	14,24	4-5:160	1465,58
				5-6:168	
	6	C-1000	12,28	6-7:170	
	7	C-1000	12,28	7-8:170	
	8	C-1000	12,28	8-9:170	
	9	C-1000	12,28	9-10:151	
	10	C-500	12,71	10-11:150	
	11	C-1000	12,28	11-12:200	
	12	C-1000	12,28	12-13:228	
	13	C-1000	12,28	13-14:244	
	14	C-1000	14,24	14-15:178	
	15	C-500	14,67	15-16:111	
	16	C-4500	15,52		

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 3 ar=181,56 m	17	C-1000	12,28	16-17:194	1459,33
				17-18:180	
	18	C-1000	12,28	18-19:180	
	19	C-1000	14,24	19-20:150	
	20	C-1000	12,28	20-21:175	
	21	C-500	12,71	21-22:128	
	22	C-500	12,71	22-23:180	
	23	C-1000	12,28	23-24:170	
	24	C-1000	12,28	24-25:204	
	25	C-1000	12,28	25-26:170	
	26	C-1000	12,28	26-27:190	
	27	C-1000	12,28	27-28:196	
	28	C-1000	12,28	28-29:197	
	29	C-1000	12,28	29-30:160	
	30	C-1000	12,28	30-31:171	
	31	C-1000	14,24	31-32:210	
	32	C-1000	12,28	32-33:178	
	33	C-2000	12,28		

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 4 ar=195,90 m	34	C-1000	14,24	33-34:230	1486,28
				34-35:273	
	35	C-1000	14,24	35-36:190	
	36	C-1000	14,24	36-37:156	
	37	C-1000	14,24	37-38:167	
	38	C-1000	14,24	38-39:213	
	39	C-1000	14,24	39-40:153	
	40	C-1000	12,28	40-41:179	
	41	C-1000	12,28	41-42:160	
	42	C-1000	12,28	42-43:160	
	43	C-500	12,71	43-44:128	
	44	C-500	12,71		
Serie 5 ar=176,86 m	45	C-1000	12,28	44-45:183	1450,49
	46	C-2000	12,14	45-46:170	
Serie 6 ar=179 m	47	C-2000	14,09	46-47:179	1454,52
Serie 7 ar=207,68 m	48	C-500	14,67	47-48:108	1502,29
				48-49:92	
	49	C-500	12,71	49-50:179	
	50	C-1000	14,24	50-51:273	
	51	C-2000	14,09		

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 8 ar=169,64 m	52	C-500	14,67	51-52:95	1436,92
	53	C-1000	12,28	52-53:201	
				53-54:161	
Serie 9 ar=207 m	54	C-2000	14,09		1501,56
	55	C-2000	14,09	54-55:207	
Serie 10 ar=168,49 m	56	C-1000	12,28	55-56:178	1434,76
	57	C-1000	12,28	56-57:206	
				57-58:160	
	58	C-1000	14,24	58-59:160	
	59	C-1000	14,24	59-60:160	
	60	C-1000	16,21	60-61:160	
	61	C-500	14,67	61-62:74	
	62	C-2000	14,09		
Serie 11 ar=263 m	63	C-2000	14,09	62-63:263	1556,32
Serie 12 ar=173 m	64	C-2000	14,09	63-64:173	1443,24
Serie 13 ar=180 m	65	C-1000	16,21	64-65:129	1338,50
Serie 14 ar=180	66	C-2000	12,14	65-66:180	1456,40
Serie 15 ar=235 m	67	C-2000	14,09	66-67:235	1531,80

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 16 ar=163,64 m	68	C-500	14,67	67-68:124	1425,65
	69	C-1000	14,24	68-69:174	
	70	C-2000	12,14	69-70:177	
Serie 17 ar=202,89 m	71	C-1000	12,28	70-71:158	1497,12
	72	C-1000	14,24	71-72:236	
	73	C-1000	12,28	72-73:204	
	74	C-2000	12,14	73-74:190	
Serie 18 ar=157,89 m	75	C-1000	12,28	74-75:180	1414,83
	76	C-500	12,71	75-76:160	
	77	C-500	14,67	76-77:136	
	78	C-500	14,67	77-78:133	
	79	C-1000	12,28	78-79:140	
	80	C-1000	12,28	79-80:176	
	81	C-500	12,71	80-81:145	
	82	C-1000	12,28	81-82:153	
	83	C-2000	12,14	82-83:173	
	84	C-2000	14,09	83-84:282	
Serie 19 ar=282 m					

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 20 ar=161,73	85	C-500	14,67	84-85:171	1422,05
				85-86:135	
	86	C-1000	12,28	86-87:195	
	87	C-1000	12,28	87-88:156	
	88	C-500	12,71	88-89:115	
	89	C-2000	12,14		
Serie 21 ar=194,81 m	90	C-500	12,71	89-90:128	1484,25
				90-91:134	
	91	C-500	12,71	91-92:178	
	92	C-1000	12,28	92-93:242	
	93	C-1000	12,28	93-94:186	
	94	C-1000	12,28	94-95:219	
	95	C-2000	12,14		
Serie 22 ar=201,54 m	96	C-1000	12,28	95-96:138	1495,66
				96-97:205	
	97	C-1000	12,28	97-98:195	
	98	C-1000	12,28	98-99:211	
	99	C-1000	16,21	99-100:225	
	100	C-1000	12,28	100-101:203	
	101	C-2000	12,14		

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA			
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)					
Serie 23 ar=209,07 m	102	C-1000	12,28	101-102:257	1503,80			
	103	C-1000	14,24	102-103:134				
				103-104:175				
				104		C-1000	12,28	
Serie 24 ar=161,57 m	105	C-1000	12,28	104-105:160	1421,75			
	106	C-1000	12,28	105-106:188				
				106-107:128				
				107		C-500	12,71	107-108:153
				108		C-2000	12,14	
Serie 25 ar=114 m	109	C-1000	14,24	108-109:114	1282,40			
Serie 26 ar=206 m	110	C-2000	12,14	109-110:206	1456,65			
Serie 27 ar=180,13 m	111	C-1000	12,28	110-111:174	Serie 27 ar=180,13 m			
				111-112:167				
	112	C-1000	12,28	112-113:232				
				113		C-1000	14,24	113-114:146
	114	C-500	14,67	114-115:117				
						115	C-2000	12,14
Serie 28 ar=241 m	116	C-2000	12,14	115-116:241	1538,28			

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

SERIES	APOYOS			VANOS	PARÁMETRO PARÁBOLA
	Nº APOYO	TIPO	H libre (m)		
Serie 29 ar=154,55 m	117	C-500	14,67	116-117:104	1408,55
				117-118:176	
	118	C-1000	16,21	118-119:151	
	119	C-500	14,67	119-120:160	
	120	C-2000	12,14		
Serie 30 ar=169,34 m	121	C-1000	14,24	120-121:180	1436,36
				121-122:151	
	122	C-1000	14,24	122-123:173	
	123	C-500	12,28		

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

5.6) Tipo de apoyo. Selección amarre o suspensión

Los apoyos seleccionados para construir la línea eléctrica del presente documento son los correspondientes a la serie NORMA UNE 207017 TIPO “C”, con armados “B1”, “B2” y “B3”.

Cuando un apoyo está a inferior nivel que los apoyos adyacentes, podría producirse el denominado, volteo de cadenas o simplemente una desviación de las cadenas, que provoque un acercamiento excesivo de los conductores al apoyo o las crucetas, según los casos.

Con el fin de justificar la elección de apoyos con amarre o suspensión, se debe considerar lo siguiente:

- Los apoyos que sean: inicio o fin de línea y en Ángulo, serán **AMARRE**.
- En el resto de casos, estudiaremos el comportamiento del conductor, en la situación más desfavorable, y en función de los resultados se tomará la decisión pertinente.

1º) Calculamos la F_V a la que está sometida cada apoyo:

$$F_V = n \left(P \frac{a_1 + a_2}{2} + \left(\pm T_{h1} \frac{d_1}{a_1} \pm T_{h2} \frac{d_2}{a_2} \right) \right)$$

Siendo:

- P =peso propio + sobrecarga de hielo= $p_p + p_h$.
- T_{h1} y T_{h2} : Tense para el vano regulador en zona B o C según corresponda.
- d_1 y d_2 : cota con respecto al vano anterior y posterior respectivamente. Positiva si el apoyo anterior o posterior, en cada caso, está por debajo del que es objeto de estudio, negativa en caso contrario.
- a_1 y a_2 : Vano anterior y posterior

Si este valor de $F_V < 0$ **AMARRE**.

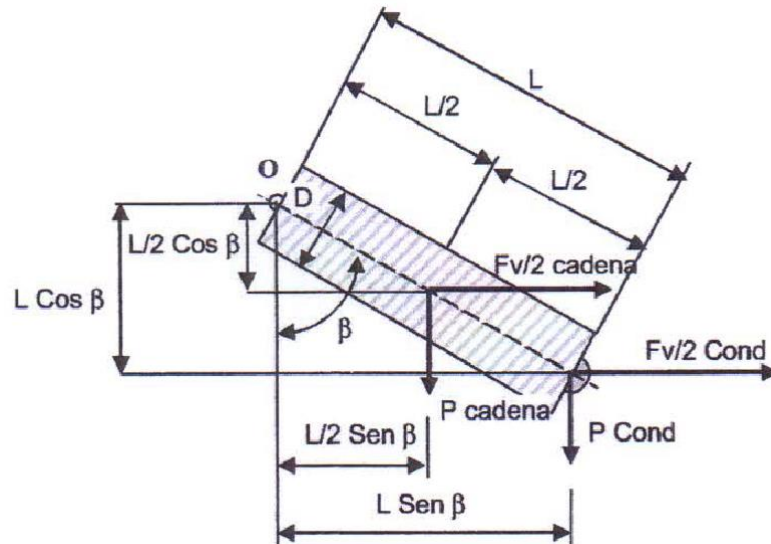
2º) Si $F_V > 0$

La distancia entre conductores y partes puestas a tierra, bajo una presión de viento mitad sobre conductores y cadenas de suspensión, no deberá ser inferior a **D_{el}** , **Tabla 15** del Apartado 5.4.2 de la ITC-LAT 07.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La tracción a aplicar en esta hipótesis será la del vano de regulación con presión mitad de viento a -5°C en zona A, -10°C en zona B y -15°C en zona C.



Se considera, que aisladores y herrajes están contenidos en un cilindro de longitud L y diámetro D .

De acuerdo con el esquema anterior de fuerzas, y tomando momentos respecto a O , que es el punto de giro de la cadena se tiene:

Cargas verticales (daN)

- Peso Cadena: P_{cad}
- Peso Conductor:

$$P_{cond} = P \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{T_{v/2} N}{P_{apv/2}} \right)$$

El momento de cargas verticales (daN.m), será:

$$M_{CV} = P_{cad} \frac{L}{2} \sen \beta + P_{cond} L \sen \beta = \left(\frac{P_{cad}}{2} + P_{cond} \right) L \sen \beta$$

Cargas horizontales (daN)

1. Fuerza de viento sobre cadena:

$$F_{cadv/2} = q_{aisv/2} A_i$$

2. Fuerza del viento sobre el conductor:

$$F_{condv/2} = q_{v/2} d \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cos^2 \left(\frac{\alpha}{2} \right) + 2T_{v/2} \sen \left(\frac{\alpha}{2} \right)$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

El momento de cargas horizontales (daN.m), será:

$$M_{CH} = F_{cadv/2} \frac{L}{2} \cos\beta + F_{condv/2} L \cos\beta = \left(\frac{F_{cadv/2}}{2} + F_{condv/2} \right) L \cos\beta$$

En el equilibrio, los momentos se igualarán y tendremos:

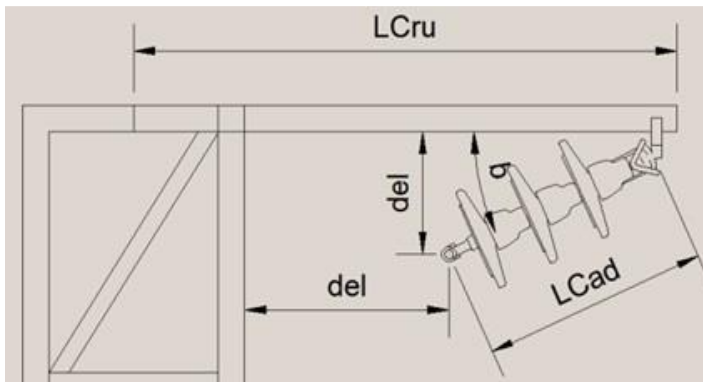
$$\left(\frac{P_{cad}}{2} + P_{cond} \right) L \sin\beta = \left(\frac{F_{cadv/2}}{2} + F_{condv/2} \right) L \cos\beta$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{\frac{F_{cadv/2}}{2} + F_{condv/2}}{\frac{P_{cad}}{2} + P_{cond}}$$

Por tanto, el ángulo práctico β , saldrá de despejar la ecuación anterior:

$$\beta_{pr\acute{a}ctico} = \arctan \left(\frac{\frac{F_{cadv/2}}{2} + F_{condv/2}}{\frac{P_{cad}}{2} + P_{cond}} \right) \quad [1]$$

Este ángulo debemos compararlo con el ángulo teórico, el cual se calcula:



$$\sin(\alpha) = \frac{D_{el}}{L_{cad}}$$

$$\beta_{teorico} = 90 - \alpha$$

En nuestro proyecto, $\beta_{teórico}$ toma el valor de:

$$\beta_{teorico} = 56.96^\circ$$

En las expresiones anteriores:

- P: Peso del conductor sin sobrecarga, $P=0.433 \text{ kg/m}$.
- a_1 : Vano anterior.
- a_2 : Vano posterior.
- $T_{v/2}$: Tracción del conductor con presión mitad de viento a -5, -10 o -15°C según zona A; B o C, respectivamente.
- $P_{apv/2}$: Peso aparente del conductor con viento mitad de presión.

$$P_{apv/2} = \sqrt{(q_{v/2} * d)^2 + P^2}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

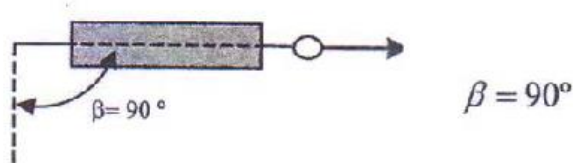
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- N: Pendiente.
- L: Longitud de la cadena.
- $F_{cadv/2}$: Fuerza de viento de presión mitad sobre la cadena de aislador.
- $q_{aisv/2}$: Presión mitad de viento, sobre aisladores, $q_{aisv/2}=35 \text{ daN/m}^2$.
- $F_{condv/2}$: Fuerza sobre conductores con presión mitad de viento a -5, -10 o -15°C según zona respectivamente.
- $q_{v/2}$: Presión de viento mitad sobre los conductores $q_{v/2}=30 \text{ daN/m}^2$.
- d: Diámetro del conductor (mm).
- α : Ángulo de desviación de la traza (°).

De acuerdo con la expresión [1], se pueden analizar los siguientes supuestos:

- Si $P_{COND} + \frac{P_{CAD}}{2} = 0$

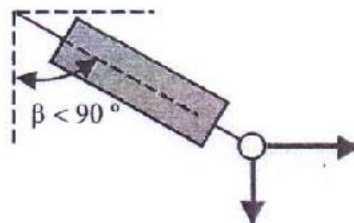
La suma de cargas verticales es cero: consecuentemente solo existen cargas horizontales y la cadena de aisladores quedará horizontal.



Cadena de aisladores en posición horizontal

- Si $P_{COND} + \frac{P_{CAD}}{2} > 0$ ó $P_{COND} > 0$

La suma de cargas verticales es mayor que cero y la cadena de aisladores quedará inclinada con un ángulo inferior a 90° , que se calcula según la expresión [1].



Inclinación de cadena de aisladores, $\beta < 90^\circ$

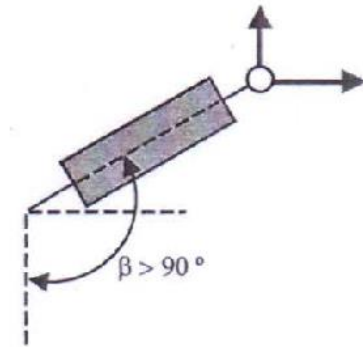
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Si $P_{COND} + \frac{P_{CAD}}{2} < 0$

La suma de cargas verticales es menor que cero y la cadena de aisladores se volteará ($\beta > 90^\circ$). Considerando que en el equilibrio la suma de momentos es nula, se comprobaría la siguiente expresión:

$$\beta_{pr\acute{a}ctico} = 90 + \arctan\left(\frac{|P_{cond}| - \frac{P_{cad}}{2}}{\frac{F_{cadv/2}}{2} + F_{condv/2}}\right)$$



Inclinación de cadena de aisladores, $\beta > 90^\circ$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Una vez expuestas todas las consideraciones necesarias para la justificación del amarre o la suspensión, se muestra a continuación una tabla en la que se analizan todos los apoyos presentes en la línea de alta tensión del proyecto:

Apoyo	Tipo de apoyo	a1 (m)	a2 (m)	d1 (m)	d2 (m)	α	Fv	Pcond	$\beta_{\text{práctico}}$	ELECCIÓN
1	Inicio línea	0	160	0,00	-12,50	0	52,49	4,75	73,26	AMARRE
2	Alineación	160	152	12,50	-4,00	0	659,14	87,37	36,15	SUSPENSIÓN
3	Alineación	152	170	4,00	11,50	0	790,71	105,66	32,21	SUSPENSIÓN
4	Ángulo	170	160	-11,50	-10,25	258	188,04	21,70	86,92	AMARRE
5	Alineación	160	168	10,25	17,50	0	1004,41	134,55	27,00	SUSPENSIÓN
6	Alineación	168	170	-17,50	4,50	0	348,54	43,83	55,87	SUSPENSIÓN
7	Alineación	170	170	-4,50	-2,50	0	451,72	58,06	49,12	SUSPENSIÓN
8	Alineación	170	170	2,50	-7,50	0	483,89	62,50	47,22	SUSPENSIÓN
9	Alineación	170	151	7,50	-3,00	0	599,09	78,66	39,62	SUSPENSIÓN
10	Alineación	151	150	3,00	2,25	0	594,93	78,34	38,00	SUSPENSIÓN
11	Alineación	150	200	-2,25	6,75	0	632,18	82,86	40,60	SUSPENSIÓN
12	Alineación	200	228	-6,75	-3,50	0	576,11	74,12	49,10	SUSPENSIÓN
13	Alineación	228	244	3,50	-13,25	0	676,89	87,48	47,42	SUSPENSIÓN
14	Alineación	244	178	13,25	-6,50	0	749,05	98,08	41,25	SUSPENSIÓN
15	Alineación	178	111	6,50	5,00	0	702,70	93,37	32,54	SUSPENSIÓN
16	Ángulo	111	194	-5,00	-11,00	280	227,96	27,66	87,07	AMARRE
17	Alineación	194	180	11,00	-0,30	0	771,28	101,73	37,02	SUSPENSIÓN
18	Alineación	180	180	0,30	-6,00	0	510,89	66,00	47,37	SUSPENSIÓN
19	Alineación	180	150	6,00	8,00	0	784,77	104,13	33,18	SUSPENSIÓN
20	Alineación	150	175	-8,00	-3,50	0	338,84	42,70	55,47	SUSPENSIÓN
21	Alineación	175	128	3,50	4,25	0	648,43	85,67	35,89	SUSPENSIÓN
22	Alineación	128	180	-4,25	7,00	0	526,75	68,83	41,99	SUSPENSIÓN
23	Alineación	180	170	-7,00	10,75	0	647,50	84,96	39,95	SUSPENSIÓN
24	Alineación	170	204	-10,75	-1,50	0	427,67	54,35	53,35	SUSPENSIÓN
25	Alineación	204	170	1,50	14,75	0	878,18	116,47	33,56	SUSPENSIÓN
26	Alineación	170	190	-14,75	7,50	0	468,16	60,10	49,79	SUSPENSIÓN
27	Alineación	190	196	-7,50	-2,85	0	492,92	63,20	50,40	SUSPENSIÓN
28	Alineación	196	197	2,85	-10,00	0	553,21	71,42	47,72	SUSPENSIÓN
29	Alineación	197	160	10,00	2,50	0	774,11	102,33	35,64	SUSPENSIÓN
30	Alineación	160	171	-2,50	7,00	0	618,61	81,21	39,62	SUSPENSIÓN
31	Alineación	171	210	-7,00	4,50	0	579,01	75,13	45,53	SUSPENSIÓN
32	Alineación	210	178	-4,50	11,00	0	754,40	99,23	38,65	SUSPENSIÓN
33	Alineación	178	230	-11,00	-16,00	0	317,87	38,79	63,06	AMARRE
34	Alineación	230	273	16,00	5,00	0	1075,22	142,05	36,19	SUSPENSIÓN
35	Alineación	273	190	-5,00	-10,50	0	567,21	72,49	51,82	SUSPENSIÓN

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Apoyo	Tipo de apoyo	a1 (m)	a2 (m)	d1 (m)	d2 (m)	α	Fv	Pcond	$\beta_{\text{práctico}}$	ELECCIÓN
36	Alineación	190	156	10,50	1,00	0	742,96	98,17	35,88	SUSPENSIÓN
37	Alineación	156	167	-1,00	5,75	0	612,74	80,50	39,19	SUSPENSIÓN
38	Alineación	167	213	-5,75	31,00	0	934,61	124,18	32,37	SUSPENSIÓN
39	Alineación	213	153	-31,00	23,50	0	629,50	82,28	42,01	SUSPENSIÓN
40	Alineación	153	179	-23,50	15,50	0	367,77	46,61	53,95	SUSPENSIÓN
41	Alineación	179	160	-15,50	8,00	0	462,57	59,59	48,37	SUSPENSIÓN
42	Alineación	160	160	-8,00	5,00	0	479,83	62,21	45,68	SUSPENSIÓN
43	Alineación	160	128	-5,00	-0,25	0	387,19	49,83	48,50	SUSPENSIÓN
44	Ángulo	128	183	0,25	2,50	208	558,89	73,22	59,13	AMARRE
45	Alineación	183	170	-2,50	-2,00	0	516,34	66,84	46,50	SUSPENSIÓN
46	Alineación	170	179	2,00	-29,00	0	168,28	18,90	71,75	AMARRE
47	Alineación	179	108	29,00	-34,50	0	45,72	2,76	81,91	AMARRE
48	Alineación	108	92	34,50	-18,75	0	648,26	86,91	25,72	SUSPENSIÓN
49	Alineación	92	179	18,75	7,00	0	1114,22	150,28	20,90	SUSPENSIÓN
50	Alineación	179	273	-7,00	12,50	0	768,48	100,38	42,53	SUSPENSIÓN
51	Alineación	273	95	-12,50	-25,00	0	-234,27	-36,84	110,92	AMARRE
52	Alineación	95	201	25,00	25,25	0	1554,71	210,70	16,68	SUSPENSIÓN
53	Alineación	201	161	-25,25	21,25	0	618,24	80,77	42,20	SUSPENSIÓN
54	Alineación	161	207	-21,25	-2,50	0	216,73	25,34	68,51	AMARRE
55	Alineación	207	178	2,50	-25,50	0	280,18	33,88	64,41	AMARRE
56	Alineación	178	206	25,50	-20,00	0	763,63	100,55	38,03	SUSPENSIÓN
57	Alineación	206	160	20,00	2,75	0	920,04	122,33	31,80	SUSPENSIÓN
58	Alineación	160	160	-2,75	27,25	0	949,96	127,03	27,73	SUSPENSIÓN
59	Alineación	160	160	-27,25	36,00	0	680,71	89,90	36,09	SUSPENSIÓN
60	Alineación	160	160	-36,00	48,75	0	749,09	99,33	33,57	SUSPENSIÓN
61	Alineación	160	74	-48,75	28,50	0	608,43	81,00	30,80	SUSPENSIÓN
62	Alineación	74	263	-28,50	9,00	0	-400,52	-59,38	125,83	AMARRE
63	Alineación	263	173	-9,00	-45,00	0	-81,44	-16,61	96,28	AMARRE
64	Alineación	173	129	45,00	-46,00	0	237,36	29,00	62,02	AMARRE
65	Ángulo	129	180	46,00	20,00	218	1792,41	242,55	40,56	AMARRE
66	Alineación	180	235	-20,00	-16,75	0	189,50	21,35	72,97	AMARRE
67	Alineación	235	124	16,75	-43,50	0	-169,38	-27,26	105,05	AMARRE
68	Alineación	124	174	43,50	-32,50	0	943,63	126,12	26,31	SUSPENSIÓN
69	Alineación	174	177	32,50	-4,50	0	1024,30	136,59	28,20	SUSPENSIÓN
70	Alineación	177	158	4,50	-19,00	0	296,41	36,91	59,50	AMARRE
71	Alineación	158	236	19,00	-34,00	0	588,75	76,36	46,03	SUSPENSIÓN
72	Alineación	236	204	34,00	-24,25	0	799,26	104,72	40,65	SUSPENSIÓN
73	Alineación	204	190	24,25	-17,50	0	1001,62	95,26	40,15	SUSPENSIÓN
74	Ángulo	190	180	17,50	-18,00	218	961,25	77,18	69,47	AMARRE

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Apoyo	Tipo de apoyo	a1 (m)	a2 (m)	d1 (m)	d2 (m)	α	Fv	Pcond	$\beta_{\text{práctico}}$	ELECCIÓN
75	Alineación	180	160	18,00	-9,50	0	1071,28	88,66	38,05	SUSPENSIÓN
76	Alineación	160	136	9,50	-1,25	0	992,27	82,67	36,18	SUSPENSIÓN
77	Alineación	136	133	1,25	13,25	0	1156,13	98,54	29,53	SUSPENSIÓN
78	Alineación	133	140	-13,25	22,50	0	974,75	81,73	34,39	SUSPENSIÓN
79	Alineación	140	176	-22,50	25,50	0	780,02	62,55	45,19	SUSPENSIÓN
80	Alineación	176	145	-25,50	26,75	0	1016,42	84,16	37,86	SUSPENSIÓN
81	Alineación	145	153	-26,75	30,50	0	296,87	70,15	40,59	SUSPENSIÓN
82	Alineación	153	173	-30,50	29,50	0	462,32	59,65	47,28	SUSPENSIÓN
83	Alineación	173	282	-29,50	-8,25	0	209,33	22,76	73,59	AMARRE
84	Alineación	282	171	8,25	-48,50	0	56,84	1,63	85,42	AMARRE
85	Alineación	171	135	48,50	-20,50	0	867,93	116,21	28,73	SUSPENSIÓN
86	Alineación	135	195	20,50	-32,25	0	510,74	66,31	44,85	SUSPENSIÓN
87	Alineación	195	156	32,25	-24,25	0	763,48	79,67	41,72	SUSPENSIÓN
88	Alineación	156	115	24,25	-8,75	0	1042,94	88,07	32,37	SUSPENSIÓN
89	Ángulo	115	128	8,75	4,25	227	1090,13	93,23	69,57	AMARRE
90	Alineación	128	134	-4,25	23,00	0	1262,92	108,18	26,84	SUSPENSIÓN
91	Alineación	134	178	-23,00	32,25	0	871,85	71,09	41,49	SUSPENSIÓN
92	Alineación	178	242	-32,25	28,50	0	282,06	67,07	51,17	SUSPENSIÓN
93	Alineación	242	186	-28,50	5,00	0	461,65	58,47	55,10	SUSPENSIÓN
94	Alineación	186	219	-5,00	11,75	0	745,46	97,75	40,21	SUSPENSIÓN
95	Alineación	219	138	-11,75	-16,25	0	123,46	12,80	76,27	AMARRE
96	Alineación	138	205	16,25	23,75	0	1208,58	162,15	23,98	SUSPENSIÓN
97	Alineación	205	195	-23,75	22,25	0	659,11	85,94	43,30	SUSPENSIÓN
98	Alineación	195	211	-22,25	11,50	0	510,76	65,48	50,87	SUSPENSIÓN
99	Alineación	211	225	-11,50	32,00	0	963,70	127,40	35,25	SUSPENSIÓN
100	Alineación	225	203	-32,00	21,00	0	604,26	78,07	47,73	SUSPENSIÓN
101	Alineación	203	257	-21,00	-11,25	0	360,59	44,20	63,12	AMARRE
102	Alineación	257	134	11,25	4,75	0	865,76	114,46	35,15	SUSPENSIÓN
103	Alineación	134	175	-4,75	21,25	0	748,16	99,25	32,72	SUSPENSIÓN
104	Alineación	175	160	-21,25	6,75	0	339,16	42,71	56,24	SUSPENSIÓN
105	Alineación	160	188	-6,75	3,50	0	513,09	66,47	46,25	SUSPENSIÓN
106	Alineación	188	128	-3,50	1,50	0	505,60	65,82	43,86	SUSPENSIÓN
107	Alineación	128	153	-1,50	-4,25	0	358,30	45,98	49,85	SUSPENSIÓN
108	Alineación	153	114	4,25	-13,50	0	195,10	23,70	63,08	AMARRE
109	Ángulo	114	206	13,50	20,00	205	1120,58	150,82	35,48	AMARRE
110	Alineación	206	174	-20,00	-3,75	0	306,41	37,38	62,19	AMARRE
111	Alineación	174	167	3,75	-1,00	0	608,52	79,72	40,91	SUSPENSIÓN
112	Alineación	167	232	1,00	-17,50	0	472,42	60,11	52,57	SUSPENSIÓN
113	Alineación	232	146	17,50	21,00	0	1226,75	164,80	25,68	SUSPENSIÓN

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Apoyo	Tipo de apoyo	a ₁ (m)	a ₂ (m)	d ₁ (m)	d ₂ (m)	α	F _v	P _{cond}	$\beta_{\text{práctico}}$	ELECCIÓN
114	Alineación	146	117	-21,00	36,75	0	901,94	121,36	24,48	SUSPENSIÓN
115	Alineación	117	241	-36,75	-3,00	0	-298,43	-46,05	117,04	AMARRE
116	Alineación	241	104	3,00	-28,25	0	-135,87	-23,37	102,84	AMARRE
117	Alineación	104	176	28,25	-26,00	0	803,43	107,50	28,47	SUSPENSIÓN
118	Alineación	176	151	26,00	30,00	0	1489,62	201,86	18,97	SUSPENSIÓN
119	Alineación	151	160	-30,00	37,00	0	605,22	79,66	38,44	SUSPENSIÓN
120	Alineación	160	180	-37,00	25,50	0	319,44	39,72	58,26	AMARRE
121	Alineación	180	151	-25,50	21,75	0	555,86	72,56	42,57	SUSPENSIÓN
122	Alineación	151	173	-21,75	35,00	0	697,04	92,19	35,77	SUSPENSIÓN
123	Fin de Línea	173	0	-35,00	0,00	0	-265,88	-39,09	130,00	AMARRE

6. AISLAMIENTO

6.1) Introducción

6.1.1) Condiciones generales

Los conductores empleados en líneas aéreas, en la mayor parte de los casos, son desnudos; por lo tanto, se necesita aislarlos de los soportes por medio de aisladores, fabricados generalmente de porcelana o vidrio. La sujeción del aislador al poste, se realiza por medio de herrajes. Pero además, un aislador debe tener las características mecánicas necesarias para soportar los esfuerzos a tracción o compresión a los que está sometido.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, las cualidades específicas que deben cumplir los aisladores son:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que la tensión de perforación sea lo más elevada posible. Esta rigidez depende de la calidad del vidrio o porcelana y del grueso del aislador. La tensión de perforación es la tensión con la cual se puede producir el arco a través de la masa del aislador.
- Disposición adecuada, de forma que la tensión de contorneamiento presente valores elevados y por consiguiente no se produzcan descargas de contorno entre los conductores y el apoyo, a través de los aisladores. La tensión de contorneamiento es la tensión con la cual se puede producir el arco a través

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

del aire, siguiendo la mínima distancia entre fase y tierra, es decir, el contorno del aislador. Esta distancia se llama línea de fuga.

- Resistencia mecánica adecuada para soportar los esfuerzos demandados por el conductor, por lo que la carga de rotura de un aislador debe ser por lo menos igual a la del conductor que tenga que soportar.
- Resistencia a las variaciones de temperatura.
- Ausencia de envejecimiento.

Los aisladores son, de todos los elementos de la línea, aquellos en los que se pondrá el máximo cuidado, tanto en su elección, como en su control de recepción, colocación y vigilancia en explotación. En efecto, frágiles por naturaleza, se ven sometidos a esfuerzos combinados, mecánicos, eléctricos y térmicos, colaborando todos ellos a su destrucción.

6.1.2) Materiales empleados en los aisladores

Históricamente se han utilizado distintos materiales, porcelana, vidrio, y actualmente materiales compuestos, y la evolución ha ocurrido en la búsqueda de mejores características y reducción de costos.

- Porcelana. Es una pasta de arcilla, caolín, cuarzo o alúmina se le da forma, y por horneado se obtiene una cerámica de uso eléctrico. Este material es particularmente resistente a compresión por lo que se han desarrollado especialmente diseños que tienden a solicitarlo de esa manera.
- Vidrio. Cristal templado que cumple la misma función de la porcelana, se trabaja por moldeado colándolo, debiendo ser en general de menos costo.

Se puede afirmar que en general la calidad de la porcelana puede ser más controlada que la del vidrio, esta situación es evidenciada por una menor dispersión de los resultados de los ensayos de rotura.

- Materiales compuestos: Fibras de vidrio y resina en el núcleo, y distintas "gomos" en la parte externa, con formas adecuadas, han introducido en los años más recientes la tecnología del aislador compuesto.

Estas modernas soluciones con ciertas formas y usos ponen en evidencia sus ventajas sobre porcelana y vidrio.

6.1.3) Tipos de aisladores

-Aisladores fijos

Están unidos al soporte por un herraje fijo y no pueden, por consiguiente, cambiar normalmente de posición después de su montaje. Su forma general es la de una campana que lleva en su parte superior una garganta sobre la que se fija el conductor por una ligadura (de hilo de cobre recocido para conductores de cobre o de hilo de aluminio para conductores a base de aluminio). Este aislador es el más simple y pertenece a las líneas de baja tensión.

-Aisladores en cadena o suspendidos

Están constituidos por un número variable de elementos según la tensión de servicio; estas cadenas son móviles alrededor de su punto de unión al soporte, y además, las articulaciones entre elementos deben tener bastante libertad para que los esfuerzos de flexión queden amortiguados; estas articulaciones suelen ser de rótula.

Este tipo de aislador es el más empleado en media y en alta tensión, ya que presenta las siguientes ventajas:

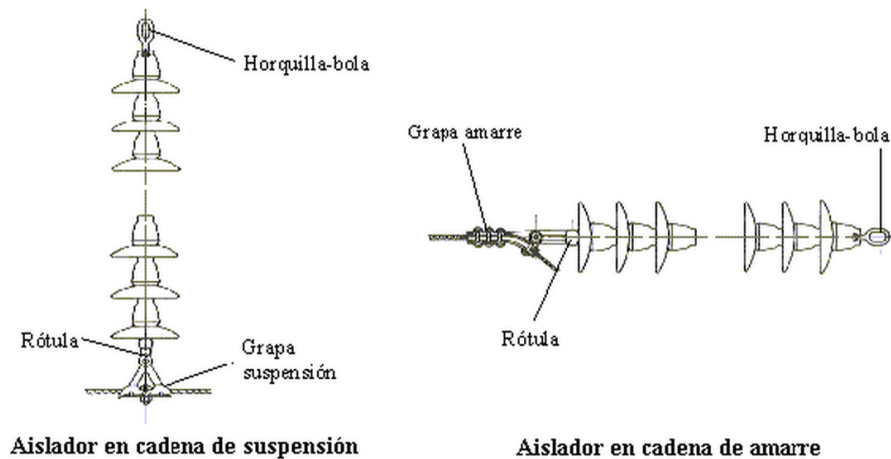
- Permite elevar la tensión de funcionamiento con sólo aumentar la longitud de la cadena, es decir, colocando más elementos.
- No se interrumpe el servicio por rotura de un aislador, ya que la cadena sigue sustentando al conductor.
- Presenta una gran economía en la reparación de las cadenas, pues solamente es necesario cambiar el elemento averiado.

Existen diversos tipos de aisladores de cadena, que a continuación se detallan:

- *Caperuza-vástago*, este aislador se compone de una campana de porcelana o vidrio templado, en forma de disco y que lleva en su parte inferior algunas ondulaciones. En la parte superior de la campana está empotrada una caperuza de fundición o acero, y en su parte inferior en un hueco bastante reducido, lleva un vástago sellado al aislador.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



- *Campana (discos)*, este elemento está constituido por un núcleo cilíndrico de porcelana de diámetro comprendido entre 60 y 85 mm., y provisto de dos faldas anchas. La unión de los aisladores campana entre sí se hace con un pequeño vástago cilíndrico terminado en dos rótulas. La diferencia esencial entre el aislador campana y el elemento caperuza-vástago, reside en el hecho de que el primero es rigurosamente imperforable en servicio, mientras que el segundo puede, en ciertas circunstancias, perforarse antes de ser contorneado, especialmente por la acción simultánea de esfuerzos mecánicos y acciones eléctricas.
- *Langstab*, este modelo es un mejoramiento del aislador Motor y se denomina Langstab (larga línea de fuga). Está constituido por un largo cilindro de porcelana de 80 a 100 cm., con ondulaciones bastante profundas y terminado en dos caperuzas.

-Aisladores especiales

- *Antiniebla*, su principal característica consiste en tener ondulaciones más profundas que permitan una mayor tensión de contorneamiento.
- *De costa*, la campana exterior es más ancha y alta, de forma que protege completamente contra el rocío a las faldas interiores. Los depósitos de humedad (niebla, rocío, condensación de origen variable) lo mismo que el depósito de cuerpos conductores extraños (humos industriales) reducen considerablemente la tensión de contorneamiento de los aisladores. La

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

protección más difícil de realizar es la de líneas en regiones industriales, pues los materiales contaminantes se introducen en todas las ranuras del aislador.

6.2) Coordinación del aislamiento

En función de lo indicado en el Apartado 4.4 de la ITC-LAT 07 del RLAT, la coordinación de aislamiento comprende la selección de la rigidez dieléctrica de los materiales, en función de las tensiones que pueden aparecer en la red a la cual estos materiales están destinados y teniendo en cuenta las condiciones ambientales y las características de los dispositivos de protección disponibles.

La rigidez dieléctrica de los materiales se considera aquí en el sentido de nivel de aislamiento normalizado.

Los principios y reglas de la coordinación de aislamiento son descritos en las normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2. El procedimiento para la coordinación de aislamiento consiste en la selección de un conjunto de tensiones soportadas normalizadas, las cuales caracterizan el nivel aislamiento.

Los niveles de aislamiento normalizados mínimos correspondientes a la tensión más elevada de la línea, correspondiéndole a la línea analizada de 30 kV, según lo indicado en el Apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 la tensión más elevada de $U_m = 36$ kV, serán los reflejados en las tablas que se mostrarán más adelante.

Estas tablas especifican las tensiones soportadas normalizadas U_w para las gamas I y II. En ambas tablas, las tensiones soportadas normalizadas están agrupadas en niveles de aislamiento normalizados asociados a los valores de la tensión más elevada del material U_m .

En la gama I, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada de corta duración a frecuencia industrial y la tensión soportada a impulso tipo rayo. En la gama II, las tensiones soportadas normalizadas incluyen la tensión soportada a impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo (esta última tabla no se considera debido a que no se requiere dadas las características de la línea).

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla se seguirá lo indicado en las Normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2. En el caso de proyectarse líneas a una tensión superior a las incluidas en esta tabla, para la fijación de los niveles de aislamiento se deberá seguir lo indicado en las normas UNE-EN 60071-1 Y UNE-EN 60071-2.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La tensión permanente a frecuencia industrial y las sobretensiones temporales determinan la longitud mínima necesaria de la cadena de aisladores. La forma de los aisladores se seleccionará en función del grado de polución en la zona por donde discurre la línea.

Tensión más elevada para el material U_m kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial kV (valor eficaz)	Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo kV (valor de cresta)
3.6	10	20
		40
7.2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17.5	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52	95	250
72.5	140	325

Tabla 12. Niveles de aislamiento normalizados para la gama I ($1 \text{ kV} < U_m < 245 \text{ kV}$)

Por tanto los valores obtenidos de la tabla son:

- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 70 kV “eficaces”.
- Tensión de ensayo al choque: 170 kV “cresta”.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

6.3) Cálculo eléctrico. Grado de aislamiento

El grado de aislamiento es la relación entre la longitud de la línea de fuga de un aislador (o la total de la cadena) y la tensión entre fases de línea. La longitud de la línea de fuga de un aislador se mide sobre la superficie del mismo. La de una cadena de aisladores es la de un solo aislador multiplicada por el número de los que la componen. Como tensión entre fases de línea se tomará el valor de la "tensión más elevada" de la tabla del apartado 1.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT, para la línea analizada en el presente proyecto:

- Tensión nominal = 30 kV.
- Tensión más elevada $U_m = 36$ kV.

Grado de aislamiento recomendado según las zonas que atraviesa la línea

ZONAS	GA (cm/kV)
Forestales y agrícolas	1.7-2
Industriales y próximas al mar	2.2-2.5
Fábricas de productos químicos	2.6-3.2
Centrales térmicas	>3.2

El grado de aislamiento viene dado por la expresión:

$$GA = \frac{n * LF}{E}$$

Dónde:

- GA=Grado de aislamiento.
- LF= línea de fuga (cm).
- E= tensión compuesta más elevada.
- n= número de aisladores de la cadena.

La línea eléctrica que se estudia en el presente proyecto, atraviesa zonas forestales y agrícolas, por lo que su $GA=1.7$ cm/kV.

El aislador que se utilizará será el, E-70 BS, el cual tiene las siguientes características:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Material: Vidrio templado.
- Carga de rotura: 7000 daN.
- Diámetro nominal máximo de la parte aislante: 254 mm.
- Paso nominal: 127 mm.
- Línea de fuga: 292 mm.
- Diámetro del vástago: 16.5 mm.

Por tanto:

$$n = \frac{GA * U_m}{LF} = \frac{1.7 * 36}{29.2} = 2.095 \text{ aisladores}$$

Como el número de aisladores, debe de ser un número entero, cogemos el inmediatamente superior, es decir, las cadenas estarán formadas por 2 aisladores E-70 BS. Con este número de aisladores, conseguimos un grado de aislamiento:

$$GA = \frac{n * U_m}{LF} = \frac{3 * 36}{29.2} = 3.7 \frac{cm}{kV}$$

En vista de los resultados, se detalla a continuación la composición de las distintas estructuras. Los componentes serán utilizados por la empresa INAEL, de cuyo catálogo se obtienen las características que a continuación se muestran.

Cadena de amarre para el conductor

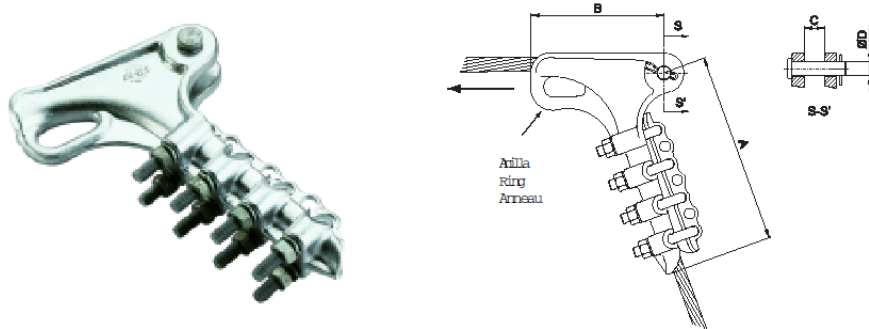
Elementos que la conforman:

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (kg)	TIPO
Grapa de amarre	1	1.10	GA 2
Aislador	3	3.5	U-70 BS
Horquilla de bola	1	0.75	HB 16
Rotula larga	1	0.64	R16P

Los elementos se han seleccionado, para el conductor LA-110, y para que se acoplen entre ellos sin ningún tipo de problema. A continuación, se muestran las características de cada elemento que el catálogo de INADEL no ofrece, están sacadas a modo de fotos, y subrayado el elemento escogido.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

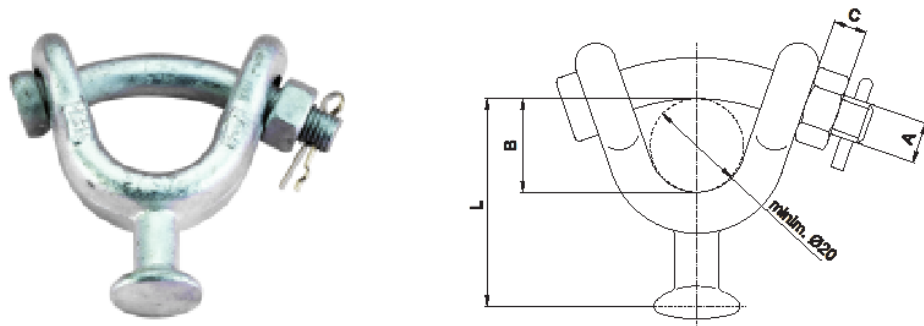
Grapas de amarre GA
 Strain Clamps GA
 Pincas d'ancrage GA



Tipo, Dimensiones y pesos
 Types, dimensions and weights
 Type, dimensions et poids

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm				Nº abarcones Nº U-bolts Nº d'étriers	Par de apriete Torque of press Couple de serrage daN.m	Ø Conductor Ø wire Ø Conducteur mm		Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Carga de rotura de la anilla UTS the ring Charge de rupture de l'anneau kN	Peso aprox. Approx. weight Poids approx. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	D			Min.	Max.				
GA 1	100	78	18,5	16	2xM10	2	5	10	35	14,4	0,45	50
GA1/1	110	124	20	16	2xM12	2	5	12	35	14,4	0,65	30
GA 2	165	140	20	16	3xM12	3,5	10	16	60	22,7	1,10	30
GA 3	240	170	22	16	4xM12	4,5	16	20	80	31	1,80	15

Horquilla bola HB
 Ball Clevis HB
 Oeillet à rotule HB

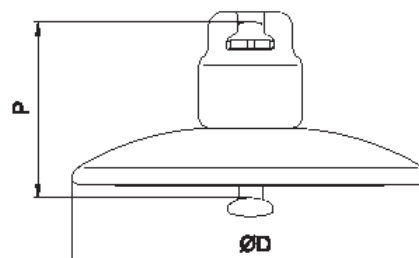


Características
 Characteristics
 Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm				Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60120	Carga rotura UTS Charge de rupture kN	Peso Weight Poids approx. kg	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	C	L				
HB 11	M12	30	11	60	11	75	0,245	100
HB 16	M16	40	15	82	16	100	0,750	25
HB 16 (Ø1 60170)	M16	40	15	82	16	160	0,750	25

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Aisladores de vidrio
 Glass Insulators
 Isolateur en verre



Características
 Characteristics
 Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm		Línea de fuga Creepage distance Ligne de fuite mm	Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso Weight Roids Kg.	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	P	D					
U 40 A	110	175	190	11	40	1,7	9
U 70 BS	127	255	295	16	70	3,5	7
U 70 BL	146	255	295	16	70	3,5	7
U 100 BS	127	255	295	16	100	3,7	7
U 120 B	146	255	295	16	120	3,8	7

Alojamiento de rótula R
 Socket eye R
 Logement de rotule R

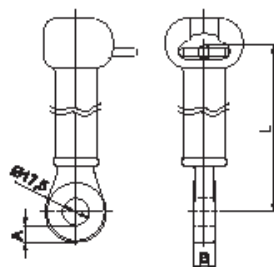


Fig. 5

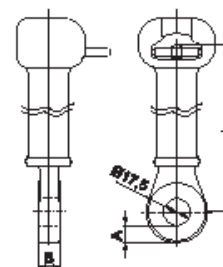


Fig. 6

En la fabricación de nuestros herrajes se utilizan aceros no aleados según UNE-EN 10083-1 galvanizados en caliente. Los herrajes INVEL están fabricados de acuerdo a las normas, RU6617C, CEI60120 y UNE 21009.

For the manufacture of all our fittings, we use unalloyed steel, according to UNE-EN 10083-1 hot dip galvanized. The INVEL's fittings are manufactured according to RU6617C, IEC60120 and UNE 21009.

Dans la fabrication de nos accessoires on utilise des aciers non alliés suivant la norme UNE-EN 10083-1 galvaniser à chaud. Les accessoires INVEL sont fabriqués selon les normes, RU6617C, IEC60120 et UNE 21009.

Características
 Characteristics
 Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm			Norma de acoplamiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga de rotura U.T.S. Charge de rupture kN	Peso aprox. Approx. weight Roids approx. kg	H _g	Uds/Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	L					
R11	7	16	41,5	11	70	0,180	5	100
R11P	7	16	117	11	75	0,270	5	50
R16	11	15	50,5	16 A	110	0,510	6	50
R16P	11	15	110,5	16 A	110	0,640	5	25
R16A	11	15	50,5	16 A	140	0,510	6	50
R16AP	11	15	133	16 A	160	0,64	5	25

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

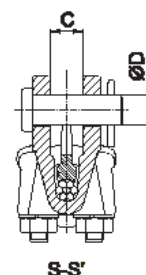
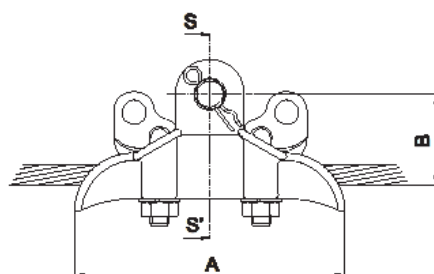
Cadena de suspensión para el conductor

Elementos que la conforman:

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (kg)	TIPO
Grapa de suspensión	1	1.10	GS 2
Aislador	3	3.5	U-70 BS
Horquilla de bola	1	0.75	HB 16
Rotula corta	1	0.64	R16

A continuación, al igual que antes, se han escogido los elementos de sujeción de acuerdo a las características del conductor LA-110. A continuación, se muestran las características de cada elemento que el catálogo de INADEL no ofrece, están sacadas a modo de fotos, y subrayado el elemento escogido.

Grapas de suspensión GS
Suspension clamps GS
Pincas de suspension GS

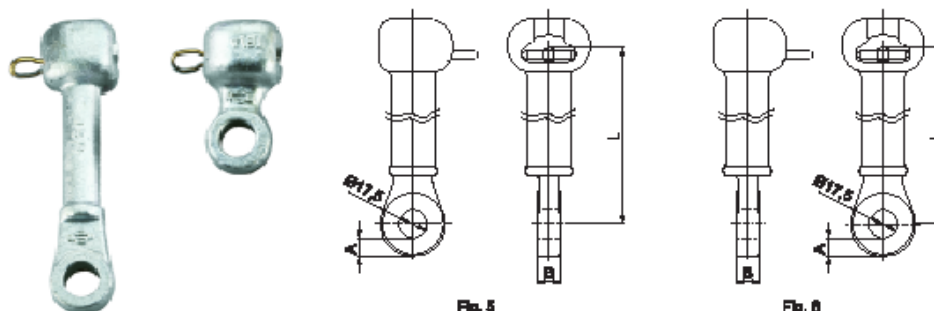


Tipo, Dimensiones y pesos
Types, dimensions and weights
Type, dimensions et poids

Tipo Type	Dimensiones. Dimensions. Dimensions				Nº alarcones Nº U-bolts. Nº d'étriers	Par de apriete Torque of press Couple de serrage (daN.m)	ø Conductor ø wire ø Conducteur mm		Carga rotura. UTS. Charge de rupture kN	Peso aprox. Approx. weight Poids approx. kg	Unids/Caja Units/box Unités/Carton
	A	B	C	D			Mín.	Max.			
GS1	144	50	18	16	2xM10	1.5	5	12	28	0.50	40
GS2	173	58	18	16	2xM12	3	12	17	48	0.88	30
GS3	210	71.5	27	16	2xM12	4	17	23	70	1.18	30

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Alojamiento de rótula R
 Socket eye R
 Logement de rotule R



En la fabricación de nuestros herrajes se utilizan aceros no aleados según UNE-EN 10083-1 galvanizados en caliente. Los herrajes INVEL están fabricados de acuerdo a las normas, RU6617C, CEI60120 y UNE 21009.

For the manufacture of all our fittings, we use unalloyed steel, according to UNE-EN 10083-1 hot dip galvanized. The INVEL's fittings are manufactured according to RU6617C, IEC60120 and UNE 21009.

Dans la fabrication de nos accessoires on utilise des aciers non alliés suivant la norme UNE-EN 10083-1 galvaniser à chaud. Les accessoires INVEL sont fabriqués selon les normes, RU6617C, IEC60120 et UNE 21009.

Características
 Characteristics
 Caractéristiques

Tipo Type	Dimensiones Dimensions mm			Norma de cumplimiento Standard coupling Norme d'assemblage CEI 60 120	Carga de rotura UTS Charge de rupture kN	Peso aprox. Approx. weight Poids approx. kg	Fig.	Unid./Caja Units/Box Unités/Carton
	A	B	L					
R11	7	16	41,5	11	70	0,180	5	100
R11P	7	16	117	11	75	0,220	5	50
R16	11	15	50,5	16 A	110	0,510	6	50
R16P	11	15	133,5	16 A	110	0,640	5	25
R16A	11	15	50,5	16 A	140	0,510	6	50
R16AP	11	16	133	16 A	160	0,64	5	25

Tanto el aislador como la horquilla de bola, es el mismo elemento en ambas cadenas.

A partir de los datos anteriormente expuestos, es posible determinar los pesos y longitudes de las cadenas de amarre y suspensión, por tanto:

Cadena de amarre:

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (kg)	PESO (kg)
Grapa de amarre	1	1.10	1.10
Aislador	3	3.5	10.5
Horquilla de bola	1	0.75	0.75
Rotula larga	1	0.64	0.64

Peso cadena de amarre: 13 kg.

Longitud cadena de amarre: 713.5 mm.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Cadena de suspensión:

DESIGNACIÓN	UNIDAD	PESO UD (kg)	PESO (kg)
Grapa de suspensión	1	1.10	0.88
Aislador	3	3.5	10.5
Horquilla de bola	1	0.75	0.75
Rotula corta	1	0.64	0.51

Peso cadena de suspensión: 12.64 kg

Longitud cadena de suspensión: 713.5 mm

6.4) Cálculo mecánico

En el apartado 3.4 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T, se indican las consideraciones para el cálculo mecánico de los aislantes.

El criterio de fallo será la rotura i pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y sollicitación mecánica del tipo al que realmente vayan a encontrarse sometidos.

La característica resistente básica de los aisladores será la carga electromecánica mínima garantizada, cuya probabilidad de que aparezcan casos menores es inferior al 2%, valor medio de la distribución menos veces la desviación típica.

El coeficiente de seguridad mecánica no será inferior a 3.

Si la carga de rotura electromecánica mínima garantiza se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2.5.

$$\frac{CR}{P_T} \geq 3$$

Siendo:

- CR: Carga de rotura.
- P_T: Suma de sollicitaciones mecánica.

Situándonos en el caso más desfavorable, el vano más largo, por tanto, más peso de conductor que soportar, obtenemos los siguientes resultados:

- Longitud del vano más largo: 282 m.
- Peso de una fase para la cadena:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$P = p_p * L = 122.106 \text{ kg}$$

- Peso de la cadena: 13 kg.
- Esfuerzo total:

$$P_T = 122.106 + 13 \text{ kg} = 135.106 \text{ kg}$$

Por tanto:

$$\frac{CR}{P_T} = \frac{4398}{135.106} = 32.55 \geq 3$$

Se observa que el coeficiente de seguridad es superior a 3, por tanto, se cumplen las indicaciones del R.L.A.T.

7. CÁLCULO MECÁNICO EN LOS APOYOS

7.1) Introducción al cálculo mecánico en los apoyos

Para analizar los esfuerzos que soportan los apoyos, se tendrán en cuenta las indicaciones de cálculo que la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. se indica en el apartado 3.5.

Tal y como se indica en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 se deben tener en cuenta, en función del tipo de apoyo y de la zona en la que se encuentre, las siguientes hipótesis:

- 1ª hipótesis: Viento.
- 2ª hipótesis: Hielo.
- 3ª hipótesis: Desequilibrio de tracciones.
- 4ª hipótesis: Rotura de conductores.

Para realizar los cálculos se deben considerar los tenses de los vanos reguladores, dado que al ser éstos los empleados para el tendido éstos serán los sufridos por los apoyos.

A continuación se muestran las tablas presentes en el apartado 3.5.3. de la ITC-LAT 07 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión que recogen los cálculos requeridos en función la hipótesis analizada para cada tipo de apoyo y zona:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tabla 7. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (I)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	2.ª HIPÓTESIS		3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación Suspensión de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.				Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)
Amarre de Alineación Amarre de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.				Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará: 1.ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C. Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.						

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tabla 8. Apoyos de líneas situadas en zonas B y C (II)

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)	2.ª HIPÓTESIS		3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
			(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Anclaje de Alineación o Anclaje de Ángulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.).	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	
	L	No aplica.			Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)
Fin de línea	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	No aplica.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.		No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).			Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)
Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará: 1.ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C. Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.						

V = Esfuerzo vertical

L = Esfuerzo longitudinal

T = Esfuerzo transversal

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

7.2) Apoyos situados en Zona B y C

La línea comienza transcurriendo por zona B (altitud comprendida entre 500 y 1000 metros sobre el nivel del mar) a lo largo de 12623 metros (apoyos del 1 al 72) distancia a la que pasa a situarse en zona C (situada a más de mil metros de altitud sobre el nivel del mar) a lo largo de 1260 metros (apoyos del 73 al 80) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona B a lo largo de 1109 metros (apoyos del 81 al 86) distancia a la que pasa a situarse de nuevo en zona C a lo largo de 711 metros (apoyos del 87 al 91) distancia a la que pasa a situarse en zona B, hasta el final de la línea.

A continuación se realiza el cálculo mecánico de los apoyos en función del tipo de apoyo.

7.2.1) Cálculo mecánico de apoyos en alineación

En las líneas de tensión nominal hasta 66 kV, en los apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de aislamiento de suspensión y amarre con conductores de carga mínima de rotura inferior a 6600 daN, la línea que ocupa este proyecto cumple ambas condiciones (tensión nominal: 30 kV y carga de rotura: 4398 daN), se puede prescindir de la consideración de la cuarta hipótesis, cuando en la línea se verifiquen simultáneamente las siguientes condiciones:

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

1ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al viento

- a) Cargas verticales (permanentes)

Peso del conductor:

$$P_{cond} = n * p_p \left(\frac{a_1 + a_2}{2} + \left(\pm \frac{T_{v1} d_1}{p * a_1} \pm \frac{T_{v2} d_2}{p * a_2} \right) \right)$$

Siendo:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- n: número de fases.
- p_p : peso propio del conductor (daN/m).
- p: peso aparente

$$p = \sqrt{p_p^2 + p_v^2} \text{ con } p_v = 60 \text{ daN/m}^2$$

- a_1 y a_2 vano anterior y posterior.
- d_1 y d_2 : desniveles del vano anterior y posterior respectivamente, con su signo según si está por debajo del apoyo de estudios (positivo) o por encima (negativo)
- T_{v1} y T_{v2} : Tensiones horizontales en el conductor a -10 °C o -15 °C, según zona B o C respectivamente, con viento reglamentario 120 km/h.

Peso cadena (aisladores + herrajes)

Peso de la cruceta

$$\text{Total de cargas verticales: } F_v = P_{cond} + P_{cad} + P_{cruc}$$

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

$$F_T = n \frac{a_1 + a_2}{2} * P_v * d$$

Siendo:

- P_v : presión reglamentaria de viento (60 daN/m² para $d \leq 16$ mm)
- n: número de fases.
- d: diámetro del conductor.
- a_1 y a_2 vano anterior y posterior.

c) Cargas horizontales longitudinales:

En esta hipótesis no se consideran.

2ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al hielo

a) Cargas verticales (permanentes)

Peso del conductor:

$$P_{cond} = n \left(\frac{a_1 + a_2}{2} p + \left(\pm \frac{T_{h1} d_1}{a_1} \pm \frac{T_{h2} d_2}{a_2} \right) \right)$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Siendo:

- n: número de fases.
- p_p : peso propio del conductor (daN/m).
- p: peso aparente

$$p = p_p + p_{hB} \text{ con } p_{hB} = 0.18\sqrt{d} \text{ Zona B}$$

$$p = p_p + p_{hC} \text{ con } p_{hC} = 0.36\sqrt{d} \text{ Zona C}$$

- a_1 y a_2 vano anterior y posterior.
- d_1 y d_2 : desniveles del vano anterior y posterior respectivamente, con su signo según si está por debajo del apoyo de estudios (positivo) o por encima (negativo)
- T_{h1} y T_{h2} : Tensiones horizontales en el conductor a -15 °C o -20 °C, según zona B o C respectivamente, con sobrecarga de hielo según la zona.

Peso cadena (aisladores + herrajes)

Peso de la cruceta

$$\text{Total de cargas verticales: } F_V = P_{cond} + P_{cad} + P_{cruc}$$

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas horizontales longitudinales:

En esta hipótesis no se consideran.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

a) Cargas verticales (permanentes)

Se corresponden con las de la 1ª o 2ª hipótesis según este el apoyo en zona A, B o C

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas horizontales longitudinales:

En los apoyos de alineación con cadenas de suspensión, se considera el 8% de las tracciones longitudinales de todos los conductores:

$$F_L = n * 8\% * T_{m\acute{a}x-5+v} \text{ para zona A}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

$$F_L = n * 8\% * T_{m\acute{a}x-15+h} \text{ para zona B}$$

$$F_L = n * 8\% * T_{m\acute{a}x-20+h} \text{ para zona C}$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

No es de aplicación al cumplirse en la línea lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07.

7.2.2) Cálculo mecánico de apoyos en ángulo

Según lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07 del RLAT, al igual que para el apoyo en alineación, se puede prescindir del cálculo de la 4ª hipótesis.

1ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al viento

a) Cargas verticales (permanentes)

Igual que en apoyos de alineación para hipótesis de viento.

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

En los apoyos en ángulo, la resultante transversal, es la debida al viento sobre los conductores en los vanos anterior y posterior más las tensiones que ejercen los propios conductores, ya que al estar situados en ángulo, la resultante no es cero.

Esfuerzo por cambio de alineación

$$F_{CA} = n(T_{v1} + T_{v2})\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Esfuerzo de viento

$$F_v = n \frac{a_1 + a_2}{2} \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Resultante

$$F_A = F_{CA} + F_v = n(T_{v1} + T_{v2})\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) + n \frac{a_1 + a_2}{2} \cos^2\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Siendo:

- n: número de fases.
- T_{v1} y T_{v2} : Tensiones horizontales en el conductor a -10 °C o -15 °C, según zona B o C respectivamente, con viento reglamentario 120 km/h.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- α : ángulo de desviación de traza.
- a_1 y a_2 vano anterior y posterior.
- c) Cargas horizontales longitudinales:
En esta hipótesis no se consideran.

2ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al hielo

- a) Cargas verticales (permanentes)
Igual que en apoyos de alineación para hipótesis de hielo
- b) Cargas transversales por viento sobre conductor

$$F_A = n(T_{h1} + T_{h2})\text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

- n : número de fases.
- T_{h1} y T_{h2} : Tensiones horizontales en el conductor a -15 °C o -20 °C, según zona B o C respectivamente, con sobrecarga de hielo según la zona.
- c) Cargas horizontales longitudinales:
En esta hipótesis no se consideran.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

- a) Cargas verticales (permanentes)
Se corresponden con las de la 1ª o 2ª hipótesis según este el apoyo en zona A, B o C
- b) Cargas transversales y longitudinales por desequilibrio de tracciones
En los apoyos en ángulo con cadenas de amarre en líneas de $U \leq 66\text{kV}$, se considera un desequilibrio del 15% de las tracciones unilaterales, de todos los conductores. Este desequilibrio produce los esfuerzos transversales y longitudinales siguientes:

$$\text{Transversales: } F_T = n * 1.85 * T_{\text{máx}} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$\text{Longitudinales: } F_L = n * 0.15 * T_{\text{máx}} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Siendo $T_{\text{máx}}$:

- T_{-15+h} para zona B
- T_{-20+h} para zona C

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

No es de aplicación al cumplirse en la línea lo establecido en el apartado 3.5.3 de la ITC-LAT 07.

7.2.3) Cálculo mecánico de apoyos en anclaje

1ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al viento

Igual que en los apoyos de alineación.

2ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al hielo

Igual que en los apoyos de alineación.

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

a) Cargas verticales (permanentes)

Se corresponden con las de la 1ª o 2ª hipótesis según este el apoyo en zona A, B o C

b) Cargas transversales

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas longitudinales por desequilibrio de tensiones

En los apoyos de anclaje se considera el 50% de las tracciones unilaterales de todos los conductores. El esfuerzo resultante se podrá considerar distribuido en el eje del apoyo a la altura de la fijación de los conductores.

$$F_L = \frac{50nT_{m\acute{a}x}}{100}$$

Siendo $T_{m\acute{a}x}$:

- T_{-15+h} para zona B
- T_{-20+h} para zona C

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

a) Cargas verticales (permanentes)

Al tratarse de un apoyo en anclaje, dicho apoyo pertenece a dos cantones diferentes. Los conductores pertenecientes a estos dos cantones están tendidos normalmente con tracciones diferentes.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para calcular los esfuerzos sobre el apoyo se debe de considerar que se rompe el conductor que disponga de menor tracción, ya que así se genera mayor desequilibrio en el apoyo.

Dentro de esta hipótesis, al calcular las cargas permanentes sobre el apoyo y por tanto, la debida al peso de los conductores, se calculará el peso total de los conductores descontando el peso del conductor que se rompe.

EL cálculo se hace igual que para los apoyos de alineación teniendo en cuenta la zona A, B o C y multiplicando por (n-1) fases para el P_{cond} y añadiendo P_{cad} y P_{cruz}

b) Cargas transversales

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas longitudinales por rotura de conductores

$$M_T = T_{m\acute{a}x} * brazo$$

Siendo $T_{m\acute{a}x}$:

- T_{-15+h} para zona B
- T_{-20+h} para zona C
- brazo: la distancia del centro del apoyo al conductor más alejado, para así obtener el mayor valor del momento.

7.2.4) Cálculo mecánico de apoyos principio y final de línea

1ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al viento

a) Cargas verticales (permanentes)

Peso del conductor:

$$P_{cond} = n * p_p \left(\frac{a}{2} + \left(\pm \frac{T_v d}{p * a} \right) \right)$$

Siendo:

- n: número de fases.
- p_p : peso propio del conductor (daN/m).

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- p: peso aparente

$$p = \sqrt{p_p^2 + p_v^2} \text{ con } p_v = 60 \text{ daN/m}^2$$

- a: vano anterior o posterior.
- d: desnivel del vano anterior o posterior respectivamente, con su signo según si está por debajo del apoyo de estudios (positivo) o por encima (negativo)
- T_v : Tensión horizontal en el conductor a -10 °C o -15 °C, según zona B o C respectivamente, con viento reglamentario 120 km/h.

Peso cadena (aisladores + herrajes)

Peso de la cruceta

$$\textbf{Total de cargas verticales: } F_v = P_{cond} + P_{cad} + P_{cruc}$$

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

$$F_T = n \frac{a}{2} * P_v * d$$

Siendo:

- P_v : presión reglamentaria de viento (60 daN/m² para $d \leq 16$ mm)
- n: número de fases.
- d: diámetro del conductor.
- a: vano anterior y posterior.

c) Cargas horizontales longitudinales:

En los apoyos fin y principio de línea se considera el 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores.

$$F_L = nT_v$$

Siendo

- T_v : Tensión horizontal en el conductor a -10 °C o -15 °C, según zona B o C respectivamente, con viento reglamentario 120 km/h.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2ª Hipótesis: Esfuerzos en los apoyos debido al hielo

a) Cargas verticales (permanentes)

Peso del conductor:

$$P_{cond} = n * p_p \left(\frac{a}{2} p + \left(\pm \frac{T_h d}{a} \right) \right)$$

Siendo:

- n: número de fases.
- p_p : peso propio del conductor (daN/m).
- p: peso aparente

$$p = p_p + p_{hB} \text{ con } p_{hB} = 0.18\sqrt{d} \text{ Zona B}$$

$$p = p_p + p_{hC} \text{ con } p_{hC} = 0.36\sqrt{d} \text{ Zona C}$$

- a: vano anterior o posterior.
- d: desnivel del vano anterior posterior respectivamente, con su signo según si está por debajo del apoyo de estudios (positivo) o por encima (negativo)
- T_h : Tensión horizontal en el conductor a -15 °C o -20 °C, según zona B o C respectivamente, con sobrecarga de hielo según la zona.

Peso cadena (aisladores + herrajes)

Peso de la cruceta

$$\text{Total de cargas verticales: } F_V = P_{cond} + P_{cad} + P_{cruc}$$

b) Cargas transversales por viento sobre conductor

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas horizontales longitudinales:

En los apoyos fin de línea se considera el 100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores

$$F_L = nT_h$$

Siendo

- T_h : Tensión horizontal en el conductor a -15 °C o -20 °C, según zona B o C respectivamente, con viento reglamentario 120 km/h.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3ª Hipótesis: Desequilibrio de tracciones

Esta hipótesis no se aplica en los principios y finales de línea.

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

a) Cargas verticales (permanentes)

Dentro de esta hipótesis, al calcular las cargas permanentes sobre el apoyo y por tanto, la debida al peso de los conductores, se calculará el peso total de los conductores descontando el peso del conductor que se rompe.

EL cálculo se hace igual que para los apoyos de alineación teniendo en cuenta la zona A, B o C y multiplicando por (n-1) fases para el P_{cond} y añadiendo P_{cad} y P_{cruz}

b) Cargas transversales

En esta hipótesis no se consideran.

c) Cargas longitudinales por rotura de conductores

Se considera la rotura de un solo conductor, esto provoca sobre el apoyo un momento de torsión que viene dado por:

$$M_T = T_{m\acute{a}x} * brazo$$

Siendo $T_{m\acute{a}x}$:

- T_{-15+h} para zona B
- T_{-20+h} para zona C
- brazo: la distancia del centro del apoyo al conductor más alejado, para así obtener el mayor valor del momento.

7.3) Resultado del cálculo mecánico

Una vez calculado los esfuerzos generados por el conductor se debe analizar el apoyo y el armado seleccionado para saber si es correcto o se debe de modificar.

Del catálogo de IMEDEXSA obtenemos los esfuerzos que soporta cada armado, en cada apoyo, por fase, por tanto, compararemos los esfuerzos de cada hipótesis con este valor del fabricante y escogeremos el apoyo necesario para el armado seleccionado.

Los valores del fabricante se exponen en las siguientes tablas:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Esfuerzos transversales por fase para la 1ª y 2ª Hipótesis respectivamente

Apoyo	1º Hipótesis		
	B1	B2	B3
C-500	132	120	120
C-1000	265	247	242
C-2000	529	493	485
C-3000	794	740	725
C-4500	1192	1110	1092

Apoyo	2º Hipótesis		
	B1	B2	B3
C-500	165	153	150
C-1000	300	280	276
C-2000	568	529	520
C-3000	834	776	764
C-4500	1232	1148	1129

Esfuerzos longitudinales y de torsión para la 3ª y 4ª hipótesis respectivamente

Apoyo	3º Hipótesis		
	B1	B2	B3
C-500	206	192	188
C-1000	376	351	345
C-2000	711	662	651
C-3000	1043	971	955
C-4500	1541	1436	1412

Apoyo	4º Hipótesis		
	B1	B2	B3
C-500	530	460	450
C-1000	715	550	470
C-2000	1430	1090	940
C-3000	1435	1110	960
C-4500	1435	1110	960

A continuación se muestran en una tabla los valores de comparación y el tipo de apoyo seleccionado para soportar esfuerzos a los que se ve sometido:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	1	Principio línea (AMARRE)	201,60	237,96	-	243,76	-	1363,68	C-500	12,71
	2	Alineación (SUSPENSIÓN)	393,12	431,87	-	756,22	218,19	-	C-500	12,71
	3	Alineación (SUSPENSIÓN)	405,72	469,25	-	811,14	218,19	-	C-1000	14,24
	4	Ángulo (AMARRE)	415,80	346,99	2385,90	656,38	368,97	-	C-3000	13,86
	5	Alineación (SUSPENSIÓN)	413,28	525,98	-	889,01	218,76	-	C-1000	14,24
	6	Alineación (SUSPENSIÓN)	425,88	354,61	-	681,45	218,76	-	C-1000	12,28
	7	Alineación (SUSPENSIÓN)	428,40	382,32	-	718,06	218,76	-	C-1000	12,28
	8	Alineación (SUSPENSIÓN)	428,40	390,83	-	728,78	218,76	-	C-1000	12,28
	9	Alineación (SUSPENSIÓN)	404,46	417,30	-	746,16	218,76	-	C-1000	12,28
	10	Alineación (SUSPENSIÓN)	379,26	411,99	-	722,64	218,76	-	C-500	12,71
	11	Alineación (SUSPENSIÓN)	441,00	432,16	-	789,28	218,76	-	C-1000	12,28

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	12	Alineación (SUSPENSIÓN)	539,28	487,75	-	910,89	218,76	-	C-1000	12,28
	13	Alineación (SUSPENSIÓN)	594,72	523,67	-	993,17	218,76	-	C-1000	12,28
	14	Alineación (SUSPENSIÓN)	531,72	532,23	-	961,90	218,76	-	C-1000	14,24
	15	Alineación (SUSPENSIÓN)	364,14	437,97	-	745,28	218,76	-	C-500	14,67
	16	Ángulo (AMARRE)	384,30	352,98	3213,97	642,05	331,83	-	C-4500	15,52
	17	Alineación (SUSPENSIÓN)	471,24	528,06	-	916,17	218,68	-	C-1000	12,28
	18	Alineación (SUSPENSIÓN)	453,60	456,15	-	813,93	218,68	-	C-1000	12,28
	19	Alineación (SUSPENSIÓN)	415,80	468,41	-	817,96	218,68	-	C-1000	14,24
	20	Alineación (SUSPENSIÓN)	409,50	349,23	-	663,87	218,68	-	C-1000	12,28
	21	Alineación (SUSPENSIÓN)	381,78	426,62	-	742,65	218,68	-	C-500	12,71
	22	Alineación (SUSPENSIÓN)	388,08	395,44	-	707,66	218,68	-	C-500	12,71

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	23	Alineación (SUSPENSIÓN)	441,00	490,24	-	848,37	218,68	-	C-1000	12,28
	24	Alineación (SUSPENSIÓN)	471,24	383,04	-	747,70	218,68	-	C-1000	12,28
	25	Alineación (SUSPENSIÓN)	471,24	556,38	-	951,78	218,68	-	C-1000	12,28
	26	Alineación (SUSPENSIÓN)	453,60	390,83	-	745,69	218,68	-	C-1000	12,28
	27	Alineación (SUSPENSIÓN)	486,36	456,84	-	836,72	218,68	-	C-1000	12,28
	28	Alineación (SUSPENSIÓN)	495,18	420,28	-	810,55	218,68	-	C-1000	12,28
	29	Alineación (SUSPENSIÓN)	449,82	525,25	-	898,29	218,68	-	C-1000	12,28
	30	Alineación (SUSPENSIÓN)	417,06	424,60	-	763,71	218,68	-	C-1000	12,28
	31	Alineación (SUSPENSIÓN)	480,06	424,60	-	805,86	218,68	-	C-1000	14,24
	32	Alineación (SUSPENSIÓN)	488,88	526,53	-	926,04	218,68	-	C-1000	12,28
	33	Alineación (AMARRE)	514,08	452,76	-	839,94	1368,88	1825,18	C-2000	12,14

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	34	Alineación (SUSPENSIÓN)	633,78	635,15	-	1160,33	219,02	-	C-1000	14,24
	35	Alineación (SUSPENSIÓN)	583,38	526,10	-	979,59	219,02	-	C-1000	14,24
	36	Alineación (SUSPENSIÓN)	435,96	460,34	-	821,83	219,02	-	C-1000	14,24
	37	Alineación (SUSPENSIÓN)	406,98	421,21	-	752,95	219,02	-	C-1000	14,24
	38	Alineación (SUSPENSIÓN)	478,80	571,96	-	977,38	219,02	-	C-1000	14,24
	39	Alineación (SUSPENSIÓN)	461,16	488,78	-	860,09	219,02	-	C-1000	14,24
	40	Alineación (SUSPENSIÓN)	418,32	358,74	-	681,17	219,02	-	C-1000	12,28
	41	Alineación (SUSPENSIÓN)	427,14	439,15	-	774,54	219,02	-	C-1000	12,28
	42	Alineación (SUSPENSIÓN)	403,20	385,64	-	705,28	219,02	-	C-1000	12,28
	43	Alineación (SUSPENSIÓN)	362,88	354,46	-	638,98	219,02	-	C-500	12,71
	44	Ángulo (AMARRE)	391,86	441,87	338,31	758,95	409,88	-	C-500	12,71

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	45	Alineación (SUSPENSIÓN)	444,78	456,08	-	808,01	218,56	-	C-1000	12,28
	46	Alineación (AMARRE)	439,74	400,22	-	724,94	1366,35	1821,80	C-2000	12,14
	47	Alineación (AMARRE)	361,62	303,82	-	560,67	1370,19	1370,19	C-2000	14,09
	48	Alineación (SUSPENSIÓN)	252,00	403,96	-	628,86	219,23	-	C-500	14,67
	49	Alineación (SUSPENSIÓN)	341,46	541,18	-	862,96	219,23	-	C-500	12,71
	50	Alineación (SUSPENSIÓN)	569,52	543,63	-	1001,58	219,23	-	C-1000	14,24
	51	Alineación (AMARRE)	463,68	329,88	-	645,05	1370,19	2283,65	C-2000	14,09
	52	Alineación (SUSPENSIÓN)	372,96	667,05	-	1036,34	218,39	-	C-500	14,67
	53	Alineación (SUSPENSIÓN)	456,12	485,04	-	851,90	218,39	-	C-1000	12,28
	54	Alineación (AMARRE)	463,68	362,66	-	708,20	1370,13	1370,13	C-2000	14,09
	55	Alineación (AMARRE)	485,10	436,72	-	802,24	1370,13	1826,84	C-2000	14,09

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	56	Alineación (SUSPENSIÓN)	483,84	528,37	-	924,63	218,36	-	C-1000	12,28
	57	Alineación (SUSPENSIÓN)	461,16	512,38	-	902,72	218,36	-	C-1000	12,28
	58	Alineación (SUSPENSIÓN)	403,20	510,85	-	861,71	218,36	-	C-1000	14,24
	59	Alineación (SUSPENSIÓN)	403,20	439,02	-	772,15	218,36	-	C-1000	14,24
	60	Alineación (SUSPENSIÓN)	403,20	457,26	-	794,90	218,36	-	C-1000	16,21
	61	Alineación (SUSPENSIÓN)	294,84	401,96	-	652,85	218,36	-	C-500	14,67
	62	Alineación (AMARRE)	424,62	244,57	-	522,84	1375,17	1833,56	C-2000	14,09
	63	Alineación (AMARRE)	549,36	385,20	-	771,04	1375,17	2291,95	C-2000	14,09
	64	Alineación (AMARRE)	380,52	345,81	-	643,94	1365,45	1365,45	C-2000	14,09
	65	Ángulo (AMARRE)	389,34	778,06	762,46	1165,28	405,91	-	C-1000	16,21
	66	Alineación (AMARRE)	522,90	420,85	-	804,90	1372,65	1830,20	C-2000	12,14

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	67	Alineación (AMARRE)	452,34	309,72	-	624,61	1372,65	1830,20	C-2000	14,09
	68	Alineación (SUSPENSIÓN)	375,48	504,83	-	835,04	218,25	-	C-500	14,67
	69	Alineación (SUSPENSIÓN)	442,26	591,30	-	974,58	218,25	-	C-1000	14,24
	70	Alineación (AMARRE)	422,10	378,54	-	697,87	1369,76	1369,76	C-2000	12,14
	71	Alineación (SUSPENSIÓN)	496,44	484,11	-	877,47	219,16	-	C-1000	12,28
	72	Alineación (SUSPENSIÓN)	554,40	549,11	-	998,57	219,16	-	C-1000	14,24
Zona C	73	Alineación (SUSPENSIÓN)	496,44	520,74	-	1279,90	328,06	-	C-1000	12,28
	74	Ángulo (AMARRE)	466,20	517,93	1122,13	1264,31	609,12	-	C-2000	12,14
	75	Alineación (SUSPENSIÓN)	428,40	440,78	-	1152,71	316,89	-	C-1000	12,28
	76	Alineación (SUSPENSIÓN)	372,96	418,94	-	1047,85	316,89	-	C-500	12,71
	77	Alineación (SUSPENSIÓN)	338,94	442,78	-	1053,18	316,89	-	C-500	14,67

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona C	78	Alineación (SUSPENSIÓN)	343,98	411,70	-	1000,84	316,89	-	C-500	14,67
	79	Alineación (SUSPENSIÓN)	398,16	385,35	-	1014,09	316,89	-	C-1000	12,28
	80	Alineación (SUSPENSIÓN)	404,46	481,71	-	1154,62	316,89	-	C-1000	12,28
Zona B	81	Alineación (SUSPENSIÓN)	375,48	400,93	-	623,46	316,89	-	C-500	12,71
	82	Alineación (SUSPENSIÓN)	410,76	381,86	-	706,16	218,11	-	C-1000	12,28
	83	Alineación (AMARRE)	573,30	432,32	-	855,91	1376,88	1835,84	C-2000	12,14
	84	Alineación (AMARRE)	570,78	422,66	-	836,40	1376,88	2294,80	C-2000	14,09
	85	Alineación (SUSPENSIÓN)	385,56	486,53	-	818,96	218,20	-	C-500	14,67
	86	Alineación (SUSPENSIÓN)	415,80	395,70	-	726,69	218,20	-	C-1000	12,28
Zona C	87	Alineación (SUSPENSIÓN)	442,26	484,56	-	1126,93	317,86	-	C-1000	12,28
	88	Alineación (SUSPENSIÓN)	341,46	423,35	-	1019,95	317,86	-	C-500	12,71

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	89	Ángulo (AMARRE)	306,18	463,78	1674,27	1023,27	598,40	-	C-2000	12,14
	90	Alineación (SUSPENSIÓN)	330,12	460,05	-	1079,02	326,28	-	C-500	12,71
	91	Alineación (SUSPENSIÓN)	393,12	400,71	-	1037,28	326,28	-	C-500	12,71
Zona B	92	Alineación (SUSPENSIÓN)	529,20	473,73	-	803,52	326,28	-	C-1000	12,28
	93	Alineación (SUSPENSIÓN)	539,28	457,88	-	872,71	219,00	-	C-1000	12,28
	94	Alineación (SUSPENSIÓN)	510,30	527,58	-	941,90	219,00	-	C-1000	12,28
	95	Alineación (AMARRE)	449,82	391,40	-	718,60	1369,64	1826,18	C-2000	12,14
	96	Alineación (SUSPENSIÓN)	432,18	581,55	-	973,87	219,14	-	C-1000	12,28
	97	Alineación (SUSPENSIÓN)	504,00	503,82	-	907,58	219,14	-	C-1000	12,28
	98	Alineación (SUSPENSIÓN)	511,56	466,24	-	864,71	219,14	-	C-1000	12,28
	99	Alineación (SUSPENSIÓN)	549,36	591,35	-	1049,02	219,14	-	C-1000	16,21

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	100	Alineación (SUSPENSIÓN)	539,28	495,46	-	920,24	219,14	-	C-1000	12,28
	101	Alineación (AMARRE)	579,60	475,82	-	911,59	1370,32	1827,09	C-2000	12,14
	102	Alineación (SUSPENSIÓN)	492,66	588,92	-	999,61	219,25	-	C-1000	12,28
	103	Alineación (SUSPENSIÓN)	389,34	507,50	-	836,68	219,25	-	C-1000	14,24
	104	Alineación (SUSPENSIÓN)	422,10	352,86	-	674,72	219,25	-	C-1000	12,28
	105	Alineación (SUSPENSIÓN)	438,48	454,04	-	801,44	218,20	-	C-1000	12,28
	106	Alineación (SUSPENSIÓN)	398,16	391,46	-	709,48	218,20	-	C-1000	12,28
	107	Alineación (SUSPENSIÓN)	354,06	344,86	-	621,76	218,20	-	C-500	12,71
	108	Alineación (AMARRE)	336,42	331,39	-	590,16	1363,74	1363,74	C-2000	12,14
	109	Ángulo (AMARRE)	403,20	596,84	216,78	955,14	410,69	-	C-1000	14,24
	110	Alineación (AMARRE)	478,80	444,20	-	804,94	1370,04	1826,72	C-2000	12,14

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	111	Alineación (SUSPENSIÓN)	429,66	424,04	-	771,43	218,64	-	C-1000	12,28
	112	Alineación (SUSPENSIÓN)	502,74	454,07	-	844,25	218,64	-	C-1000	12,28
	113	Alineación (SUSPENSIÓN)	476,28	649,78	-	1072,41	218,64	-	C-1000	14,24
	114	Alineación (SUSPENSIÓN)	331,38	485,56	-	782,90	218,64	-	C-500	14,67
	115	Alineación (AMARRE)	451,08	278,47	-	579,19	1373,19	1830,92	C-2000	12,14
	116	Alineación (AMARRE)	434,70	315,75	-	619,79	1373,19	1830,92	C-2000	12,14
	117	Alineación (SUSPENSIÓN)	352,80	464,23	-	768,57	218,03	-	C-500	14,67
	118	Alineación (SUSPENSIÓN)	412,02	712,34	-	1102,70	218,03	-	C-1000	16,21
	119	Alineación (SUSPENSIÓN)	391,86	417,22	-	737,05	218,03	-	C-500	14,67
	120	Alineación (AMARRE)	428,40	436,69	-	765,69	1364,90	1819,87	C-2000	12,14
	121	Alineación (SUSPENSIÓN)	417,06	407,99	-	742,81	218,38	-	C-1000	14,24

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ZONA	APOYO		1º HIPÓTESIS		2º HIPÓTESIS		3º HIPÓTESIS	4º HIPÓTESIS	Apoyo Seleccionado	
	Número	Denominación	Resultante horizontal	Resultante Vertical	Resultante horizontal	Resultante Vertical	D _t	Momento	Tipo	H libre (m)
Zona B	122	Alineación (SUSPENSIÓN)	408,24	444,22	-	782,06	218,38	-	C-1000	14,24
	123	Fin de Línea (AMARRE)	217,98	156,07	-	-73,86	-	1364,90	C-500	12,71

8. CIMENTACIONES

8.1) Introducción al cálculo de cimentaciones

La manera más usual de fijar los apoyos al suelo, es mediante macizos de hormigón. El macizo, que ha de sustentar el apoyo, transmite al terreno todas las solicitaciones que existen en su base como consecuencia de la actuación de los diferentes esfuerzos a los que está sometido

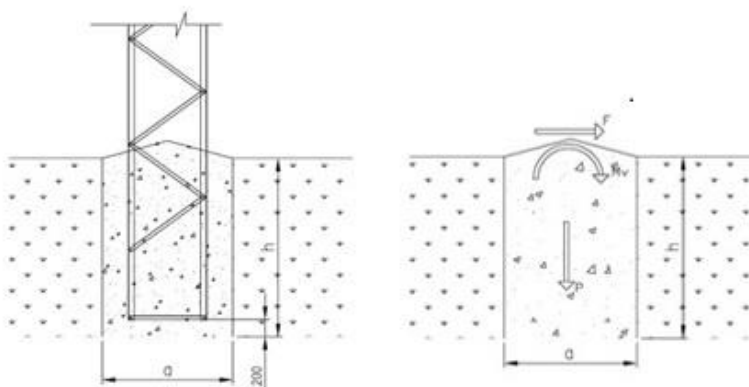
Las cimentaciones, en función de las dimensiones del apoyo se ejecutan, en forma de macizos monobloque (un solo macizo para todo el apoyo) o en forma de macizos independientes (patas separadas):

8.2) Cimentaciones monobloque

8.2.1) Características

Las cimentaciones monobloque poseen las siguientes características:

- Consisten en un macizo de hormigón en masa de forma prismática.
- Son utilizadas en esfuerzos de apoyos de bajo/medio esfuerzo nominal.
- Presentan la ventaja de la pequeña ocupación del terreno.
- Para las mismas solicitaciones, las cimentaciones monobloque, necesitan un volumen de hormigón mayor que las cimentaciones de patas separadas, ya que no utilizan tan favorablemente la acción estabilizadora del terreno. Es por esto que su empleo ha de evitarse en terrenos de poca consistencia.



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

8.2.2) Cálculo de las cimentaciones monobloque

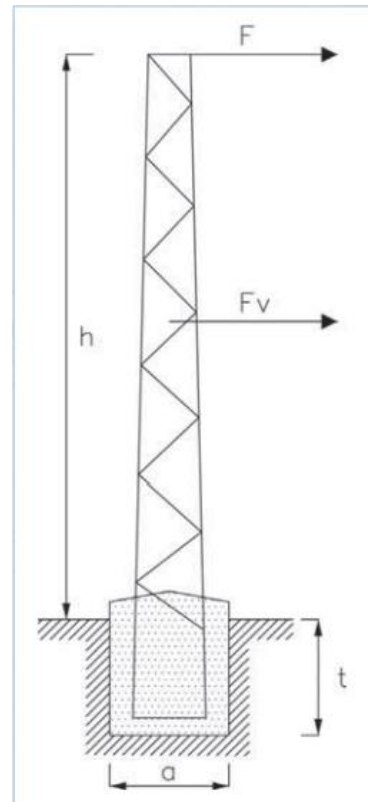
El cálculo de las cimentaciones se realiza partiendo de las hipótesis de cálculo planteadas por el ingeniero Sulzberger. Dichas hipótesis de cálculo se presentan a continuación:

- El macizo de hormigón puede girar, como máximo, un ángulo α , definido por la $\text{tg}\alpha=0.01$, independientemente de las características del terreno. Esta condición se exige en el apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07, donde nos dice:

“En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admitirá un ángulo de giro de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno”.

- El terreno se comporta como un cuerpo plástico y elástico, y por ello los desplazamientos del macizo dan origen a reacciones del terreno proporcionales a estos desplazamientos.
- La resistencia del terreno es nula en la superficie y crece proporcionalmente con la profundidad.
- No se toman en consideración las fuerzas de rozamiento.
- El tipo de terreno está caracterizado por esta resistencia a una profundidad de 2 metros: C_t
- El macizo de hormigón gira en un punto situado a $2/3$ partes de su altura.
- El momento estabilizador debe ser superior al momento al vuelco con el coeficiente de seguridad apropiado:
 - o 1,5 hipótesis normales
 - o 1,2 hipótesis anormales
- El momento al vuelco viene dado por:

$$M_v = F \left(h + \frac{2}{3}t \right) + F_v \left(\frac{h_t}{2} + \frac{2}{3}t \right), \text{ en daN.m [1]}$$



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- El momento resistente al vuelco tiene dos componentes:
 - Momento debido al empotramiento lateral del terreno:

$$M_1 = 139Ka^3t \quad [2]$$

- Momento debido a las cargas verticales

$$M_2 = 880a^3t + 0.4pa \quad [3]$$

Dónde:

K= Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 metros de profundidad (kg/cm²xcm)

F: Esfuerzo nominal del apoyo (kg).

h: Altura de aplicación del esfuerzo nominal (m).

F_v: Esfuerzo de viento sobre la estructura (kg)

h_t: Altura total del apoyo (m)

a: Anchura de la cimentación (m).

t: Profundidad libre del apoyo (m).

p= Peso torre y herrajes (kg)

Estas cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terrenos, por lo que teniendo en cuenta el punto 3.6.1 de la ITC-LAT 07, debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

Cuando las reacciones laterales del terreno sean más débiles que las verticales, $M_1 < M_2$, el RLAT en el Apartado 3.6.1 de la ITC-LAT 07, indica que se debe considerar un coeficiente de seguridad.

En las cimentaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones verticales del terreno, se comprobará el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como las reacciones y empujes pasivos del terreno), respecto a la arista más cargada de la cimentación y el momento volcador máximo motivado por las acciones externas.

El coeficiente de seguridad no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normales: 1.5
- Hipótesis anormales: 1.20

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

8.3) Cimentaciones en los apoyos presentes en el proyecto

Los apoyos tipo “ACACIA” poseen una cimentación monobloque constituida por perfiles angulares de alas iguales totalmente atornillados, de cuerpo formado por secciones troncopiramidales cuadradas y cabezas prismáticas. La celosía del apoyo es sencilla, siendo las cuatro caras iguales. Los tramos de fuste se unen entre sí de manera telescópica.

Los fabricantes de apoyos, en colaboración con las compañías eléctricas, ofrecen en sus catálogos las dimensiones de las cimentaciones requeridas en función el tipo de apoyo seleccionado basándose en los cálculos expuestos en los apartados anteriores.

A continuación se analizan dos casos, un apoyo en ángulo y el apoyo final de línea, para comprobar, que las cimentaciones dadas por el fabricante son adecuadas.

Apoyo 65

$$F = 762.46 \text{ kg}$$

$$F_v = 389.34 \text{ kg}$$

Calculamos el momento al vuelco, aplicando la fórmula [1],

$$M_v = 17238.02 \text{ kg.m}$$

Calculamos el momento resistente aplicando las formulas [2] y [3]:

$$M_1 + M_2 = 22446.32 \text{ kg.m}$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad de la cimentación es:

$$CS = \frac{M_1 + M_2}{M_v} = 1.3$$

La cimentación proporcionada cumple la normativa del ITC-LAT 07 del R.L.A.T.

Apoyo 123

$$F = 217.98 \text{ kg}$$

$$F_v = 1364.90 \text{ kg}$$

Calculamos el momento al vuelco, aplicando la fórmula [1],

$$M_v = 20173.08 \text{ kg.m}$$

Calculamos el momento resistente aplicando las formulas [2] y [3]:

$$M_1 + M_2 = 26225 \text{ kg.m}$$

Por lo tanto, el coeficiente de seguridad de la cimentación es:

$$CS = \frac{M_1 + M_2}{M_v} = 1.3$$

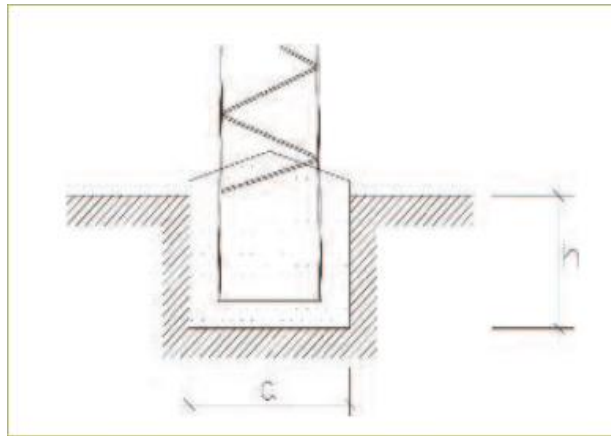
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tras consultar dichas tablas de dimensionamiento de cimentaciones y contrastar los valores con los obtenidos mediante el empleo de las ecuaciones propuestas para dicho fin, se puede garantizar la validez de estos datos y proceder a su uso en el presente proyecto.

El fabricante IMEDEXSA ofrece en su catálogo de productos, en función de la serie y clase de apoyo, el siguiente cuadro que indica las dimensiones y volúmenes aproximados de excavación de este tipo de apoyos.

Las cimentaciones se han calculado con la fórmula de Sulzberger para tres tipos diferentes de terrenos con coeficientes de compresibilidad de 8, 12 y 16 kg/cm²xcm.



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

		K = 8						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,55	1,80	2,11	2,32	2,54	...	...
	V	1,15	1,30	1,71	1,92	2,15	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,60	1,86	2,16	2,39	2,62	2,84	2,84
	V	1,38	1,57	2,03	2,30	2,57	5,25	5,25
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,64	1,90	2,22	2,43	2,67	2,68	2,84
	V	1,67	1,94	2,45	2,73	3,17	6,44	7,09
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,68	1,95	2,26	2,47	2,72	2,68	2,85
	V	1,96	2,23	2,89	3,32	3,66	8,30	8,93

		K = 12						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,40	1,63	1,91	2,10	2,30	...	...
	V	1,04	1,18	1,55	1,74	1,95	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,45	1,69	1,96	2,16	2,37	2,42	2,58
	V	1,25	1,43	1,84	2,07	2,32	4,48	4,77
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,49	1,72	2,01	2,20	2,41	2,43	2,58
	V	1,52	1,75	2,22	2,47	2,86	5,84	6,44
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,53	1,76	2,05	2,24	2,47	2,43	2,58
	V	1,78	2,02	2,62	3,01	3,32	7,53	8,08

		K = 16						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,31	1,52	1,78	1,96	2,14	...	...
	V	0,97	1,10	1,44	1,62	1,81	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,35	1,57	1,83	2,02	2,21	2,27	2,40
	V	1,17	1,33	1,72	1,94	2,17	4,20	4,44
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,39	1,61	1,88	2,05	2,25	2,31	2,40
	V	1,42	1,64	2,07	2,30	2,67	5,55	5,99
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,42	1,72	1,91	2,08	2,35	2,31	2,41
	V	1,66	1,97	2,44	2,80	3,16	7,16	7,55

ANEXO III:

PUESTAS A TIERRA

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”**

ANEXO III: PUESTAS A TIERRA

Índice

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PUESTAS A TIERRA EN LOS APOYOS	1
3. PARTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA EN UN APOYO 3	
4. CIRCULACIÓN DE CORRIENTES POR EL TERRENO.....	4
5. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO	5
5.1) Valores admisibles de tensión de paso y contacto	7
5.1.1) Tensión de contacto admisible (U_{ca}).....	7
5.1.2) Tensión de paso admisible (U_{pa}).....	8
5.2) Valores máximos de la tensión de paso y contacto.....	8
5.2.1) Tensión de contacto máxima (U_c).....	8
5.2.2) Tensión de paso máxima (U_p).....	10
6. MEDICIONES	11
6.1) Mediciones de resistividad del terreno.....	11
6.1.1) Características del suelo y resistividad	11
6.2) Consideraciones para la medición de la resistencia de puesta a tierra.....	12
6.3) Medición de las tensiones de paso y contacto.....	13
7. VIGILANCIA PERIÓDICA	13
8. DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA	14
8.1) Consideraciones previas.....	14
8.2) Selección del número de picas y disposición óptima.....	14
8.3) Validación de la puesta a tierra seleccionada.....	14

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

1. INTRODUCCIÓN

Un circuito de puesta a tierra consiste en la unión mediante conductores de todas las partes metálicas de una instalación de alta tensión no destinadas a la conducción de la corriente eléctrica, con unos conductores desnudos o electrodos que se entierran en el terreno.

La finalidad de la puesta a tierra es prevenir la aparición de diferencias de potencial excesivas entre estructuras metálicas y tierra, bien sea durante la aparición de un defecto, o en condiciones normales de servicio, pretendiendo facilitar un camino de baja impedancia a las corrientes de defecto, y favoreciendo, en consecuencia, un funcionamiento rápido de los dispositivos de protección. También es de utilidad como camino de evacuación de descargas atmosféricas.

Los criterios de diseño para garantizar la seguridad de las personas no indican un valor máximo admisible de resistencia de puesta a tierra (una baja resistencia de puesta a tierra no garantiza la seguridad), sino que establecen que las tensiones de paso y contacto que puedan ser puenteadas por una persona en caso de defecto a tierra sean menores que unos valores máximos admisibles.

Los parámetros más importantes del diseño sobre los que se puede actuar para conseguir valores de tensiones de paso y contacto admisibles son:

- La intensidad de defecto a tierra.
- El tiempo de actuación de las protecciones.
- La resistividad del terreno.
- La geometría y las dimensiones de la instalación de puesta a tierra.

2. PUESTAS A TIERRA EN LOS APOYOS

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

En el reglamento se clasifican los apoyos en dos grupos según su ubicación, con exigencias de la puesta a tierra específicas para cada uno:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

- *Apoyos frecuentados:*

Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espera que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que solamente se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aíslen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas.

A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

- *Apoyos frecuentados con calzado.* Se considerará como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado, R_{a1} , y la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2} . Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1000Ω .

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1000 + 1.5\rho_s$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

Estos apoyos serán los situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.

- *Apoyos frecuentados sin calzado.* Se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2} . La resistencia adicional del calzado, R_{a1} , será nula.

$$R_a = R_{a2} = 1.5\rho_s$$

Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra para los apoyos frecuentados no debe ser superior a 10Ω .

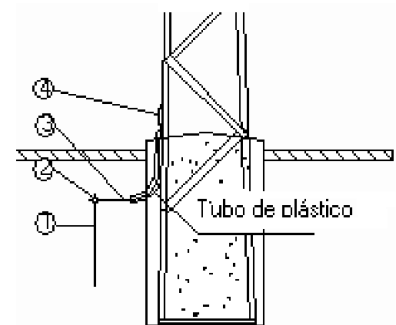
- *Apoyos no frecuentados:*

Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente. El valor de la resistencia de puesta a tierra para los apoyos no frecuentados no debe ser superior a 20Ω .

3. PARTES DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA EN UN APOYO

A continuación se representan las distintas partes que componen el circuito de puesta a tierra de un apoyo:

- 1) Electrodo de tierra formado por la combinación de una pica cilíndrica de acero-cobre de 1.5 metros de longitud y 14.6 mm de diámetro, con un conductor de 50 mm² de cobre formando un anillo perimetral alrededor del poste.
- 2) Grapa de conexión entre la pica cilíndrica y el cable de 50 mm² de cobre.
- 3) Línea de tierra con conductor de 50 mm² de cobre, solo la parte aislada del terreno se denomina línea de tierra, el resto es el electrodo.

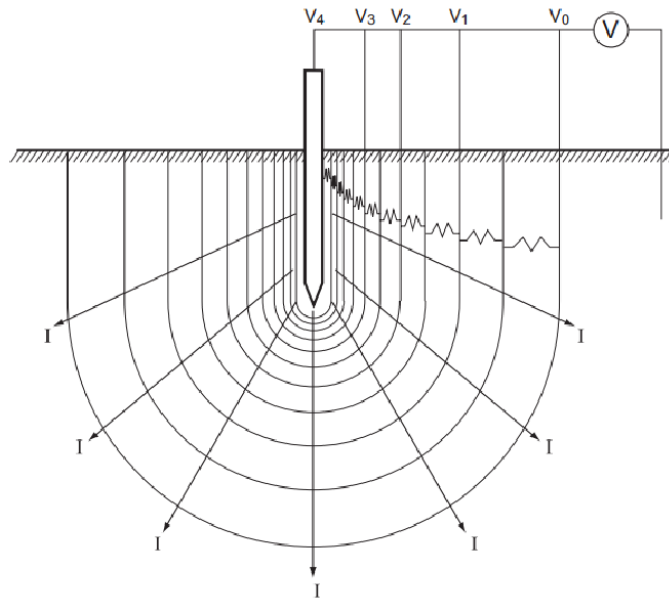


E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

- 4) Punto de puesta a tierra con grapa de conexión tipo paralelo para el cable de cobre.

4. CIRCULACIÓN DE CORRIENTES POR EL TERRENO

Una corriente de defecto pasa al terreno repartiéndose por todos los puntos de la superficie del electrodo en contacto con la tierra, por tanto, en todas las direcciones a partir del mismo. En la figura mostrada más abajo se representa este paso, en el caso de una pica vertical.



Una vez ya en el terreno, la corriente se va difundiendo por el mismo. Con terrenos de resistividad ρ_t homogénea, puede idealizarse este paso suponiendo el terreno formado por capas concéntricas alrededor del electrodo, todas del mismo espesor L . La corriente va pasando sucesivamente de una capa a la siguiente. Véase que cada vez la superficie de paso es mayor, y por tanto la resistencia R de cada capa va siendo cada vez menor, hasta llegar a ser despreciable.

La resistencia de cada capa es:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Estas resistencias se suman, pues están puestas en serie:

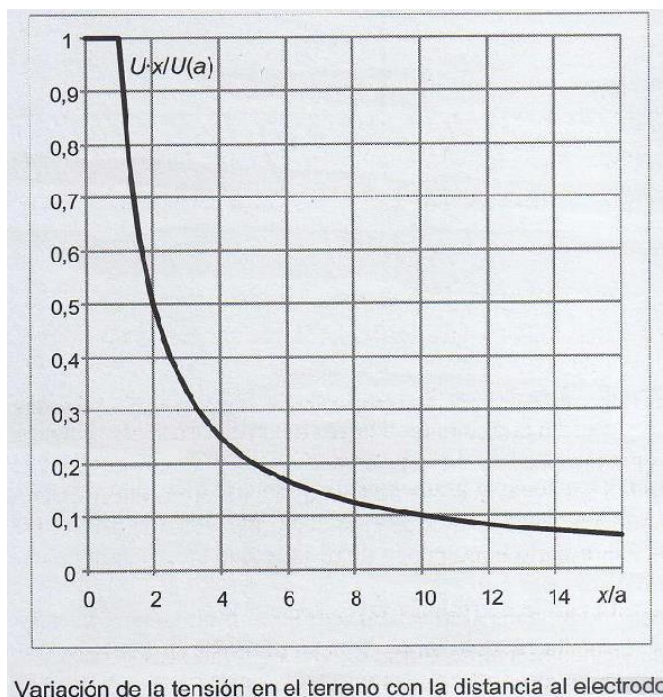
$$R = \rho_t \left(\frac{L}{S_1} + \frac{L}{S_2} + \frac{L}{S_3} + \dots + \frac{L}{S_n} \right)$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

Si se multiplican estas resistencias por el valor de la corriente “I”, se tendrá la caída de tensión en cada una de las sucesivas capas concéntricas. Al ser la resistencia R cada vez menos, también lo será la caída de tensión, hasta hacerse despreciable.

En consecuencia, el valor de la tensión U en cada punto del terreno, en función de su distancia del electrodo, será según la curva representada en la siguiente figura:



Esta curva es válida para todas las direcciones con origen en el electrodo. Geométricamente se trata del corte de una figura de revolución cuyo eje es el electrodo. Entre dos puntos de la superficie del terreno, habrá pues una diferencia de tensión función de la distancia entre ellos y al electrodo.

5. TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

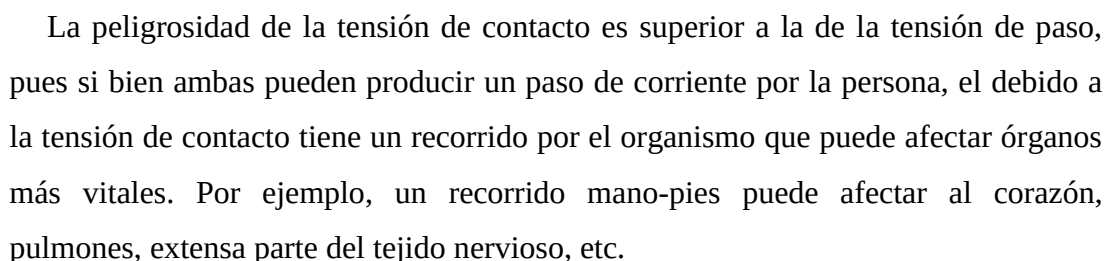
Cuando se produce un defecto se provoca una elevación del potencial del apoyo de la línea y de la instalación de la puesta a tierra que canaliza la corriente de defecto hacia el terreno.

Como consecuencia de la disipación de corriente de defecto por tierra aparecerán en el terreno, tal y como vimos en el apartado anterior, gradientes o diferencias de tensión potencialmente peligrosas para una persona que toque un apoyo justo cuando se produce el defecto, o que se encontrara caminando, en ese instante, en las proximidades del apoyo en defecto. Cuanto más separados estén los pies de la

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

La tensión que adquiere el apoyo respecto a un punto del terreno suficientemente alejado para considerar su potencial nulo, es la tensión de puesta a tierra U_E , igual al producto de la resistencia de la puesta a tierra del apoyo por la intensidad de puesta a tierra que se difunde al terreno a través de los electrodos conectados al apoyo:

La tensión de contacto U'_c es la diferencia entre la tensión que adquiere el apoyo y un punto del terreno a una distancia de un metro del apoyo. La tensión de paso U_p , es la diferencia de tensión entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por un metro. Lógicamente, para garantizar la seguridad, las tensiones de paso y contacto que aparecen en la instalación de alta tensión en caso de defecto deben ser menores que unos valores admisibles.



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

5.1) Valores admisibles de tensión de paso y contacto

5.1.1) Tensión de contacto admisible (U_{ca})

Los valores admisibles de la tensión de contacto a la que puede estar sometido un cuerpo humano entre la mano y los pies, en función de la duración de la corriente de falta, en función de lo establecido en la norma UNE-IEC/TS 60479-1 que versa sobre los efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo humano en función de su magnitud y duración.

Duración de la corriente de falta t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible U_{CA} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
>10.00	50

Tabla 18 Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{CA} en función de la duración de la corriente de falta

Esta curva ha sido determinada considerando las siguientes hipótesis:

- a) La corriente circula entre la mano y los pies.
- b) Únicamente se ha considerado la propia impedancia del cuerpo humano, no considerándose resistencias adicionales como la resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, la resistencia del calzado o la presencia de empuñaduras aislantes, etc.
- c) La impedancia del cuerpo humano utilizada tiene un 50% de probabilidades de que su valor sea menos o igual al considerado.
- d) Una probabilidad de fibrilación ventricular del 5%.

5.1.2) Tensión de paso admisible (U_{pa})

Como ya se indicó anteriormente se consideran mucho más peligrosos los efectos de la tensión de contacto que los de paso, por ello, la tensión de paso admisible aplicada entre los pies de una persona, considerando únicamente la propia impedancia del cuerpo humano, se define como diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada:

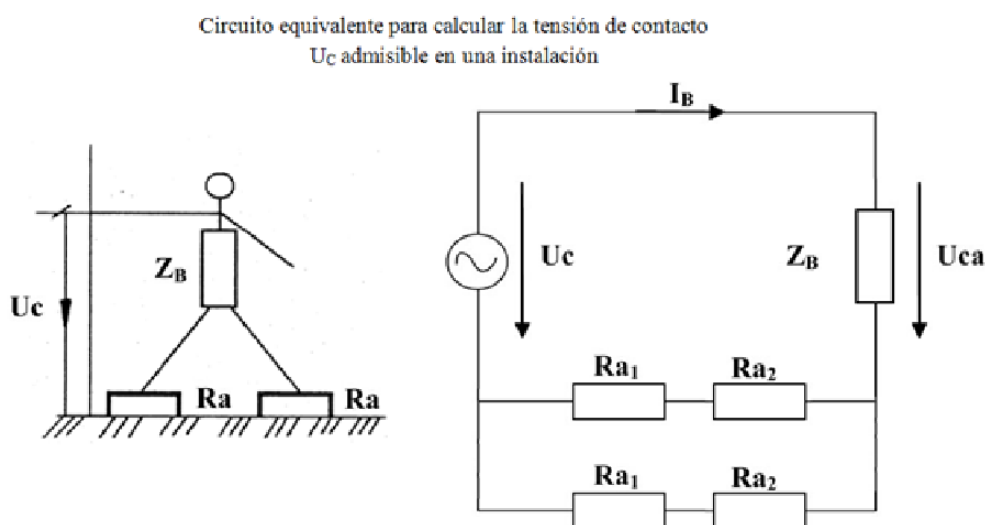
$$U_{pa} = 10U_{ca}$$

5.2) Valores máximos de la tensión de paso y contacto

Una vez determinados los valores admisibles de tensión es posible obtener los valores máximos de tensiones de paso y contacto en una instalación considerando todas las resistencias que intervienen.

5.2.1) Tensión de contacto máxima (U_c)

En la siguiente figura, se muestra el circuito equivalente para calcular la tensión de contacto máxima admisible de una instalación.



La corriente equivalente que circula por el circuito resulta:

$$I_B = \frac{U_{ca}}{Z_B} = \frac{U_c}{Z_B + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2}}$$

Siendo:

- U_{ca} ; Tensión de contacto admisible que puede soportar el cuerpo humano entre una mano y los pies.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

- Z_B : Impedancia del cuerpo humano. Se considera un valor resistivo de 1000Ω .
- U_c : Tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.
- R_a : Resistencia adicional total suma de las resistencias adicionales individuales.
- R_{a1} : Resistencia que simula la resistencia del calzado, empleando un valor de 2000Ω . Se considerará nula esta resistencia en los lugares en los que las personas puedan ir descalzas.
- R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto de un pie con el terreno. $R_{a2}=3\rho_s$, siendo ρ_s la resistividad del suelo cerca de la superficie.

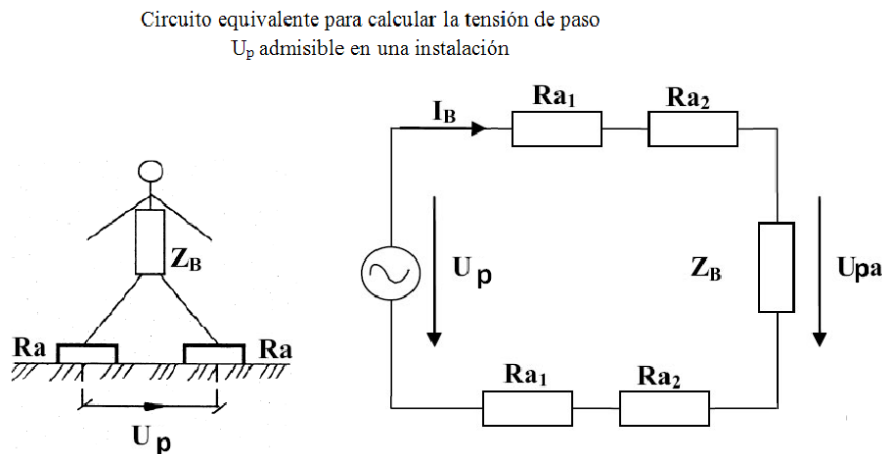
Por tanto, la ecuación que determina la tensión máxima admisible en la instalación es:

$$U_{ca} = \frac{U_c}{\left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B}\right)}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

5.2.2) Tensión de paso máxima (U_p)

El circuito equivalente que permite calcular la tensión de paso máxima admisible en una instalación es el siguiente:



La corriente equivalente que circula por el circuito resulta:

$$I_B = \frac{U_{pa}}{Z_B} = \frac{U_p}{Z_B + 2(R_{a1} + R_{a2})}$$

Siendo:

- U_{pa} : Tensión de paso admisible que puede soportar el cuerpo humano entre los pies ($U_{pa}=10U_{ca}$).
- Z_B : Impedancia del cuerpo humano. Se considera un valor resistivo de 1000Ω .
- U_p : Tensión de paso máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.
- R_a : Resistencia adicional total suma de las resistencias adicionales individuales.
- R_{a1} : Resistencia que simula la resistencia del calzado, empleando un valor de 2000Ω . Se considerará nula esta resistencia en los lugares en los que las personas puedan ir descalzas.
- R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto de un pie con el terreno. $R_{a2}=3\rho_s$, siendo ρ_s la resistividad del suelo cerca de la superficie.

Por tanto, la ecuación que determina la tensión máxima admisible en la instalación es:

$$U_{pa} = \frac{U_p}{1 + \frac{2(R_{a1} + R_{a2})}{Z_B}}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

6. MEDICIONES

6.1) Mediciones de resistividad del terreno

Conocer la resistividad del terreno es especialmente necesario para determinar el diseño de la conexión a tierra de instalaciones nuevas para poder satisfacer las necesidades de resistencia de tierra. Lo ideal sería que encontrase un lugar con la menor resistencia posible. No obstante, las malas condiciones del terreno pueden superarse con sistemas de conexión a tierra más elaborados.

6.1.1) Características del suelo y resistividad

Los principales factores que determinan la resistividad del suelo son:

- Tipo de suelo.
- Composición química y concentración de sales contenidas en el suelo.
- Humedad del suelo.
- Granulometría del material que compone el suelo y su distribución.
- Compactación del suelo
- Homogeneidad del suelo.

El tipo de suelo es muy importante en la determinación del valor de la resistividad, pero el valor de ésta para los diversos tipos de suelo no es tan claramente definido. A continuación se presentan unos valores orientativos de resistividad del suelo citados en la **Tabla 1** del Apartado 4 de la instrucción MIE-RAT 13.

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS*METRO
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS*METRO
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1.500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1.500 a 10.000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2.000 a 3.000
Balasto o grava	3.000 a 5.000

La resistividad del suelo resulta muy influenciada por la presencia de agua. El contenido en humedad cambia según la estación del año, varía en función de la naturaleza de las subcapas de la tierra y la profundidad del nivel de agua subterránea permanente. Dado que el terreno y el agua generalmente son más estables en estratos más profundos, se recomienda que las varillas de toma de tierra se coloquen lo más profundo posible en la tierra, en el nivel de agua subterránea si fuera posible.

Asimismo, las varillas de toma de tierra se deben instalar en un lugar donde haya temperatura estable, por ejemplo, por debajo de la profundidad de la helada.

6.2) Consideraciones para la medición de la resistencia de puesta a tierra

Para obtener la resistencia de la puesta a tierra con mayor precisión es necesario tener en cuenta la influencia del valor de la propia resistencia del cable de tierra y la resistencia de tierra de los electrodos auxiliares de inyección y medida que, aunque no influye en la medición de la resistencia a tierra, si pueden afectar a la sensibilidad del instrumento de medida.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

Para evitar esta última circunstancia, será suficiente que estos electrodos sean redondos de acero, con unas dimensiones de 400 mm de longitud y 14 mm de diámetro.

En función del tipo de puesta a tierra efectuada se llevan a cabo unos determinados métodos para tener en cuenta los efectos antes mencionados y, de este modo, obtener una correcta interpretación de los resultados de las mediciones.

6.3) Medición de las tensiones de paso y contacto

En el Apartado 8.1 de la Instrucción MIE-RAT 13 se establece que el Director de Obra deberá verificar que las tensiones de paso y contacto aplicadas están dentro de los límites admitidos con un voltímetro de resistencia interna de mil ohmios.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener una superficie de 200 cm² cada uno y deberán ejercer sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N cada uno.

Se emplearan fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular el defecto, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes vagabundas o parásitas circulantes por el terreno. Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes parásitas, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurara que la intensidad inyectada sea del orden del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 amperios para centrales y subestaciones y 5 amperios para centros de transformación.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones posibles máximas.

7. VIGILANCIA PERIÓDICA

Como se indica en la instrucción MIE-RAT 13, la instalación de puesta a tierra deberá ser comprobada en el momento de su establecimiento y revisada, al menos, cada seis años.

La vigilancia periódica de las líneas aéreas permitirá detectar modificaciones sustanciales de sus condiciones de diseño que justifiquen la verificación de la medida de la tensión de contacto aplicada. Por ejemplo, cuando un apoyo no frecuentado

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

adquiera la condición de frecuentado debido a desarrollos urbanísticos o nuevas infraestructuras, o aquellos casos en los que el terreno donde se sitúa un apoyo frecuentado cambia sustancialmente su resistividad, debido por ejemplo a su asfaltado o ajardinamiento.

8. DISEÑO DE LA PUESTA A TIERRA

8.1) Consideraciones previas

En la actualidad se presentan multitud de disposiciones diferentes para la implementación de la puesta a tierra en los apoyos de una línea eléctrica de alta tensión:

- Con anillo difusor y electrodos de pica.
- Con electrodos oblicuos.
- Colocación de un anillo de cobre.
- Empleo de un anillo de cobre y picas.
- Colocación de picas en hilera unidas por un conductor horizontal.

La determinación de una disposición u otra, y el empleo de una única pica o de varias, se basará en el cumplimiento de la normativa vigente incurriendo en unos costes mínimos.

8.2) Selección del número de picas y disposición óptima

Para el sistema de puesta a tierra del presente proyecto se procederá a la colocación de las picas en hilera unidas por un conductor horizontal, la pica empleada será cobre-acero de 1.5 metros de longitud y 14.6mm de diámetro y un conductor de cobre de 50 mm² de sección.

8.3) Validación de la puesta a tierra seleccionada

Datos de la red de distribución:

- Tensión nominal: $U_n=30 \text{ kV}$
- Intensidad máxima de falta a tierra: $I_{1F}=2435 \text{ A}$
- Resistividad el terreno: $\rho=450 \text{ } \Omega$
- Características de actuación de las protecciones:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

- Para apoyos no frecuentados:

$$t = \frac{13.5}{\frac{I'_{1F}}{30} - 1} \cdot 0.3$$

- Para apoyos frecuentados

$$I'_{1F} \cdot t = 400$$

Se diseña, con los datos anteriores, la puesta a tierra para un apoyo cuya cimentación es de 1,2 m x 1,2 m.

a) Apoyo no frecuentado:

- Resistencia de tierra medida para un determinado electrodo de puesta a tierra: 230 Ω .
- Reactancia equivalente de la subestación es: $X_{LTH} = 6.1 \Omega$.
- Cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1.1 U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_t^2}} = \frac{1.1 \cdot 30000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{6.1^2 + 230^2}} = \mathbf{82.8 A}$$

Para un valor de la intensidad de defecto de 82.8 A, el tiempo de actuación de la protección será:

$$t = \frac{13.5}{\frac{I'_{1F}}{30} - 1} \cdot 0.3 = \frac{13.5}{\frac{82.8}{30} - 1} \cdot 0.3 = \mathbf{2.3 s}$$

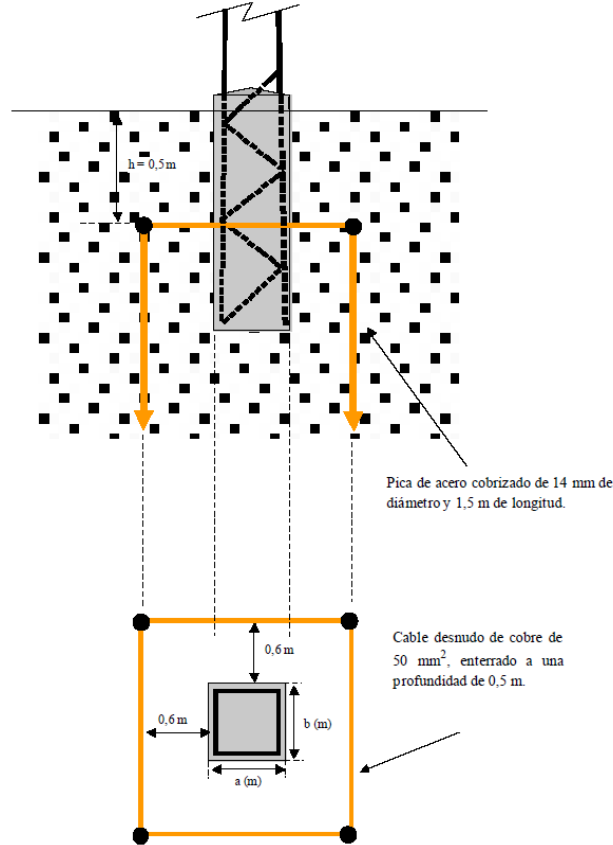
Al tratarse de apoyo no frecuentado, la única condición del sistema de puesta a tierra es garantizar la actuación de las protecciones. Se considera que un tiempo inferior a 10 s, constituye una seguridad suficiente al ser extremadamente improbable que un apoyo no frecuentado pueda tocarse en ese breve espacio de tiempo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

b) Apoyo frecuentado con calzado

Electrodo utilizado: **CPT-LA-26/0.5**, con la configuración mostrada en la siguiente figura:



Configuración Electrodo CPT-LA-26/0.5

$$K_r = 0.128 \frac{\Omega}{\Omega m} \quad ; \quad K_c = 0.036 \frac{V}{A(\Omega m)}$$

Resistencia a tierra

$$R_t = K_r \cdot \rho = 0.128 \cdot 450 = 57.6 \Omega$$

Reactancia equivalente de la subestación:

$$X_{LTH} = 6.1 \Omega.$$

Cálculo de la intensidad de la corriente de puesta a tierra en el apoyo:

$$I'_{1F} = \frac{1.1 U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_{LTH}^2 + R_t^2}} = \frac{1.1 \cdot 30000}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{6.1^2 + 57.6^2}} = 329 A$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

El tiempo de actuación de la protección es:

$$t = \frac{400}{I'_{1F}} = \frac{400}{329} = 1.22 \text{ s}$$

Para este tiempo de actuación de las protecciones, obtenemos de la **Tabla 18** de la ITC-LAT 07, el valor de la tensión de contacto aplicada U_{ca} .

$$U_{ca} = 102 \text{ V}$$

Cálculo de la máxima tensión de contacto admisible en la instalación:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2Z_B}\right) = 102 \cdot \left(1 + \frac{2000 + 3 \cdot 450}{2 \cdot 1000}\right) = 272.85 \text{ V}$$

Por otro lado, la tensión de contacto máxima para este electrodo tipo normalizado es:

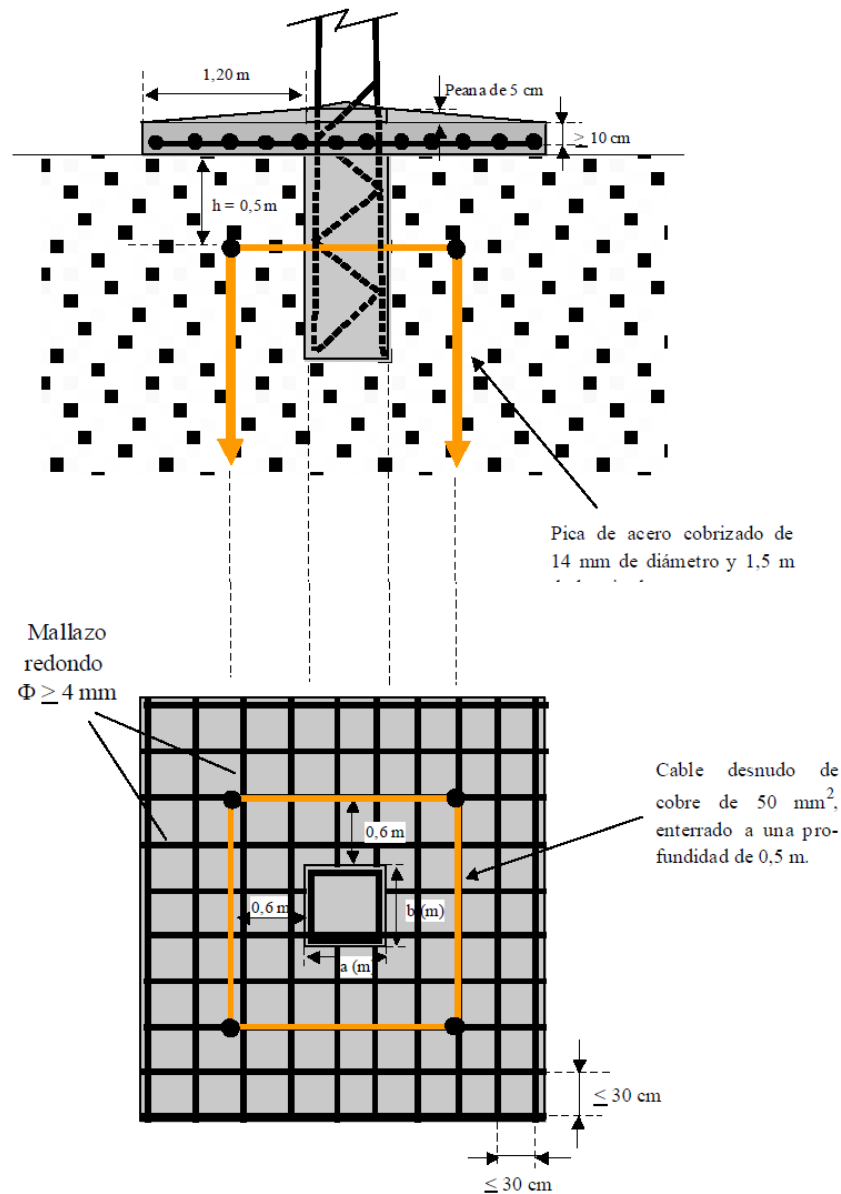
$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 5054 \text{ V}$$

Por tanto, no se cumple la condición de que: $U'_c < U_c$

Utilizando unos electrodos de mayores dimensiones, tampoco se llega a cumplir las condiciones reglamentarias, por lo que se adoptan medidas adicionales para que la tensión de contacto aplicada sea cero y se verifica el cumplimiento de la tensión de paso, según RCE.

Con objeto de que la tensión de contacto sea cero, se emplaza una acera perimetral de hormigón a 1.2 m de la cimentación del apoyo. Embebido en el interior de dicho hormigón se instalará un mallado electrosoldado con redondo de diámetro no inferior a 4 mm, formando una retícula no superior a 0.3 x 0.3 m, a una profundidad de al menos 0.1 m. Este mallado se conectará a un punto a la puesta a tierra de protección del C.T. El esquema indicado se representa en la siguiente figura:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”



Configuración Electrodo CPT-LA-26/0.5 adoptada la medida adicional

La tensión de paso aplicada admisible se obtiene de multiplicar por 10 la tensión de contacto aplicada admisible, es decir:

$$U_{pa} = 10U_{ca} = 1020 \text{ V}$$

La tensión de paso admisible en el terreno será:

$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{Z_B} \right) = 1020 \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 450}{1000} \right) = 7854 \text{ V}$$

La tensión de paso de acceso admisible será:

$$U_{p,acceso} = 10U_{ca} \left(1 + \frac{2R_{a1} + 3\rho_s + 3\rho_s^*}{Z_B} \right) = 15657 \text{ V}$$

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

Cuando los dos pies están pisando el terreno (fuera de la superficie equipotencial, la acera perimetral), la máxima tensión de paso unitaria encontrada por la superficie del terreno se denomina, k_{p1} cuyos valores los obtenemos de la Tabla 11 del Manual Técnico de Iberdrola. Cuando al acceder a la plataforma de hormigón sobre la que se sitúa el apoyo, un pie pisa el terreno y el otro, la acera perimetral, la máxima tensión de paso unitaria encontrada se denomina k_{p2} , cuyos valores los tenemos en la Tabla 13 del Manual Técnico de Iberdrola.

$$k_{p1} = 0.028 \frac{\Omega}{\Omega m} \quad ; \quad k_{p2} = 0.076 \frac{V}{A(\Omega m)}$$

Se pueden calcular las máximas tensiones de paso que aparecen en la instalación como:

$$U'_{p1} = k_{p1} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 4145.4 V$$

$$U'_{p2} = k_{p2} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = 11251.8 V$$

Se comprueba, que:

$$U'_{p1} < U_p$$

$$U'_{p2} < U_{p,acceso}$$

c) Apoyo frecuentado sin calzado

Al utilizarse las medidas adicionales de seguridad (acera perimetral), la tensión de contacto presente en la instalación se considera cero, y sólo hay que comprobar la tensión de paso admisible, tanto en el terreno como de acceso, considerando ahora una resistencia adicional nula.

La tensión de paso admisible en el terreno sin calzado será:

$$U_p = U_{pa} \left(1 + \frac{6\rho_s}{Z_B} \right) = 1020 \left(1 + \frac{6 \cdot 450}{1000} \right) = 3774 V$$

La tensión de paso de acceso admisible será:

$$U_{p,acceso} = 10U_{ca} \left(1 + \frac{3\rho_s + 3\rho_s^*}{Z_B} \right) = 13260 V$$

Cuando los dos pies, sin calzado, están pisando el terreno (fuera de la superficie equipotencial, la acera perimetral), la máxima tensión de paso unitaria encontrada por la superficie del terreno se denomina, k_{p1} cuyos valores los obtenemos de la Tabla 12 del Manual Técnico de Iberdrola. Cuando al acceder a la plataforma de hormigón sobre la que se sitúa el apoyo, un pie pisa el terreno y el otro, la acera

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”

perimetral, la máxima tensión de paso unitaria encontrada se denomina k_{p2} , cuyos valores los tenemos en la Tabla 14 del Manual Técnico de Iberdrola.

$$k_{p1} = 0.017 \frac{\Omega}{\Omega m} \quad ; \quad k_{p2} = 0.071 \frac{V}{A(\Omega m)}$$

Se pueden calcular las máximas tensiones de paso que aparecen en la instalación como:

$$U'_{p1} = k_{p1} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = \mathbf{2516.85 \text{ V}}$$

$$U'_{p2} = k_{p2} \cdot \rho \cdot I'_{1F} = \mathbf{10511.55 \text{ V}}$$

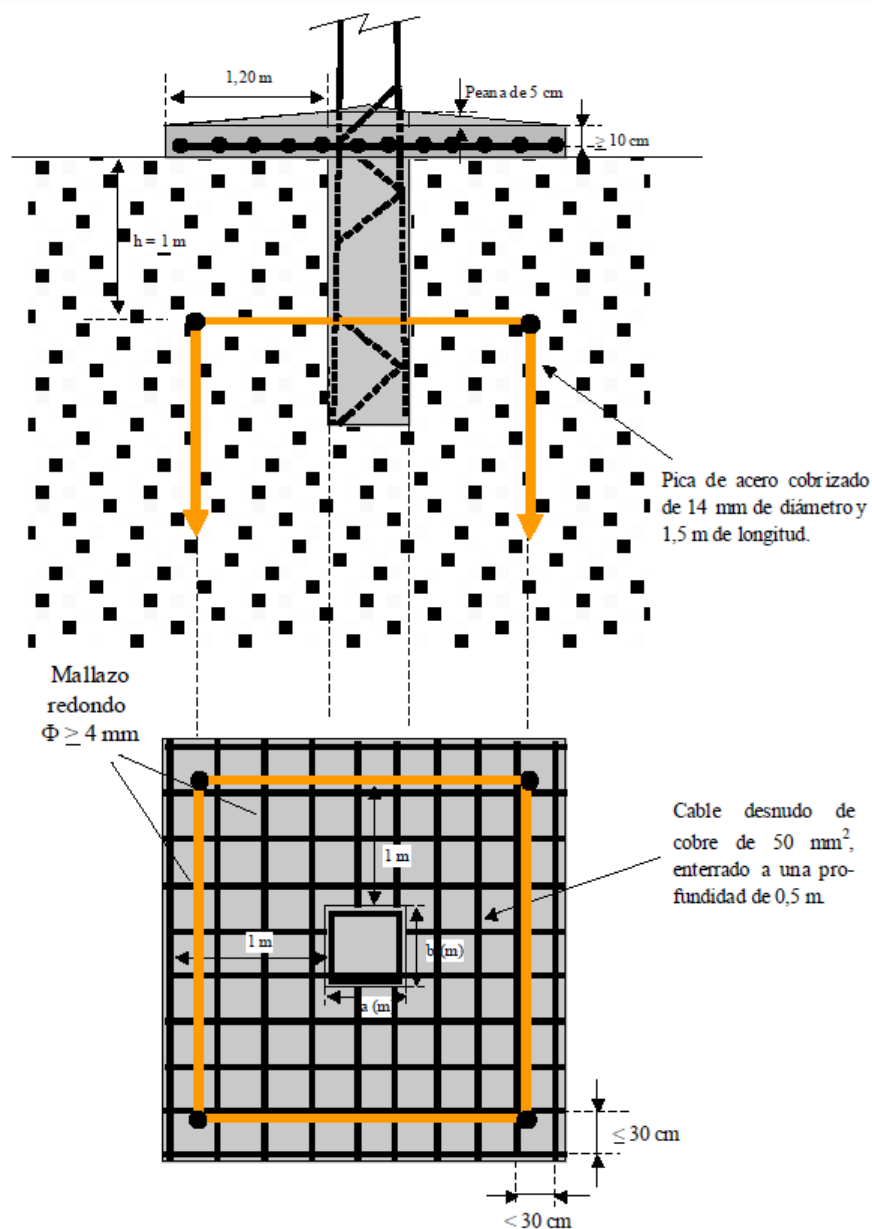
Se comprueba, que:

$$U'_{p1} < U_p$$

$$U'_{p2} < U_{p,acceso}$$

La configuración elegida para la puesta a tierra de los apoyos frecuentados sin calzado se muestra en la siguiente figura:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes”



Configuración Electrodo CPT-LA-26/1 adoptada la medida adicional

ANEXO IV:

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

ANEXO IV: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Índice

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1) Objetivos generales del estudio de seguridad e higiene en el trabajo	1
1.2) Consulta y participación de los trabajadores delegados de prevención	1
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	2
2.1) Descripción de la obra.....	2
2.2) Riesgos de los trabajos	3
3. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	3
3.1) Equipamiento general.....	3
3.2) Equipamiento para trabajos eléctricos.....	4
Casco protector.....	4
Guantes protectores	4
Calzado protector	5
Taburetes y alfombras aislantes	5
4. HERRAMIENTAS MANUALES	5
4.1) Prescripciones generales sobre el uso de herramientas	5
4.2) Para trabajos eléctricos.....	6
5. MANIPULACIÓN DE MATERIALES Y TRANSPORTE.....	6
5.1) Manipulación de cargas mediante maquinas.....	6
5.2) Manipulación de cargas manuales.....	8
5.2.1) Características de la carga.....	8
5.2.2) Esfuerzo físico necesario	8
5.2.3) Características del medio de trabajo	9
5.2.4) Exigencias de la actividad.....	9
5.2.5) Factores individuales de riesgo	9
5.2.6) Instrucciones operativas	10
6. ESCALERAS Y ANDAMIOS	15

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

6.1) Escaleras	15
6.2) Andamios.....	16
7. LOCALES Y ZONAS DE TRABAJO.....	17
7.1) Generales	17
7.2) Para trabajos eléctricos.....	18
8. PELIGRO INCENDIOS	18
9. APARATOS DE SOLDADURA Y CORTE	20
10. MANEJO DE LOS GASES Y AIRE COMPRIMIDO	21
11. SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS.....	22
11.1) Operaciones previas al trabajo	22
11.2) Instalaciones de alta tensión	23
11.2.1) Prescripciones generales	23
11.2.2) Aparatos de corte	23
11.2.3) Transformadores	24
11.3) Trabajos en las proximidades de instalaciones de alta tensión en servicio	24
11.4.) Reposición del servicio	25
11.5) Trabajos en redes subterráneas.....	25
11.6) Puestas a tierra temporales	26
12. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	27
12.1) Botiquines.....	27
12.2) Asistencia a accidentados.....	27
12.3) Reconocimiento médico	27
13. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL	27
14. VALORACIÓN ECONÓMICA SEGURIDAD Y SALUD	28

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. INTRODUCCIÓN

1.1) Objetivos generales del estudio de seguridad e higiene en el trabajo

Este estudio tiene por objeto definir y desarrollar las líneas de actuación en seguridad e higiene del trabajo efectuado por todas las empresas y trabajadores que intervengan a lo largo del desarrollo de la presente obra, cualquiera que sea su carácter o participación, estableciendo consecuentemente las medidas oportunas para la vigilancia de su funcionamiento y control de los resultados.

Este estudio pretende conseguir los siguientes objetivos:

- Atender a las necesidades de los trabajadores en orden a la protección de su integridad física durante la ejecución de los trabajos.
- Organizar conjunta, homogénea y racionalmente todas las actividades preventivas de tal forma que la acción resulte técnicamente idónea y económicamente rentable, tanto para las empresas participantes como para la propiedad.
- Cumplir las disposiciones legales vigentes relativas a la seguridad e higiene en el trabajo, procurando la mayor eficacia en la aplicación de las diferentes medidas preceptivas. En el presente documento se exponen las prescripciones de seguridad para la realización de los trabajos propios de una empresa eléctrica y que están de acuerdo con las medidas de seguridad establecidas en la vigente Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.). Las prescripciones de la citada ordenanza son generales, es decir, válidas para todo tipo de trabajos, dedicándose los artículos 51 a 70 exclusivamente a medidas de seguridad contra los riesgos eléctricos, prestándose en este documento una mayor atención a lo referido a los citados riesgos.

1.2) Consulta y participación de los trabajadores delegados de prevención

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo. Los Delegados de Prevención serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas a que

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

se refiere el artículo 34 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, con arreglo a la siguiente escala:

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

- De 50 a 100 trabajadores 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores 7 Delegados de Prevención.
- De 4000 en adelante 8 Delegados de Prevención.

En todo caso, la designación de Delegados de Prevención será siempre facultativa de los propios trabajadores, nunca podrá ser una imposición.

Las competencias de los Delegados de Prevención son:

- a) Colaborar con la dirección de la empresa en la mejora de la acción preventiva.
- b) Promover y fomentar la cooperación de los trabajadores en la ejecución de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.
- c) Ser consultados por el empresario, con carácter previo a su ejecución.
- d) Ejercer una labor de vigilancia y control sobre el cumplimiento de la normativa de prevención de riesgos laborales.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

2.1) Descripción de la obra

El estudio de este proyecto tiene como objeto la construcción de una línea aérea de alta tensión de 30 kV, con el fin de conectar la subestación de Mataporquera, con la subestación de Polientes.

La construcción de esta línea constará de tres fases:

- 1º. Se realizarán las cimentaciones necesarias.
- 2º. Se procederá al armado e izado de los apoyos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3º. Se concluirá la obra con el tendido de los conductores y cables de tierra.

2.2) Riesgos de los trabajos

Atendiendo a las características de los trabajos a realizar para la ejecución de las obras diseñadas en el presente proyecto se determina la existencia de los siguientes riesgos:

- Riesgos producidos por agentes atmosféricos adversos.
- Riesgo por tráfico de vehículos.
- Riesgos por trabajos de altura.
- Riesgos en excavaciones.
- Riesgos eléctricos de media tensión.
- Riesgos de manutención mecánica.

3. EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

3.1) Equipamiento general

Se tiene en cuenta las siguientes prescripciones en lo referido al equipamiento general de protección personal:

- Se utiliza el equipo de seguridad que la empresa ponga a disposición del operario.
- El casco de seguridad se utiliza en todos los trabajos en que exista riesgo de lesiones la cabeza y de forma general en los trabajos a distinto nivel del suelo o cuando existan trabajos a nivel superior.
- Se emplean gafas de protección cuando se produzca cualquier condición peligrosa para los ojos como proyección de partículas sólidas o líquidas, deslumbramiento, etc.
- Se utilizan mascarillas, caretas, filtros o equipos respiratorios en los trabajos que exista riesgo de aspirar sustancias o materiales nocivos.
- Se utilizan guantes en todos los trabajos que puedan producir lesiones en las manos. Para B.T. y maniobras en A.T. se recomienda usar guantes especiales.
- En los trabajos con riesgo de producirse lesiones en los pies se emplean botas o zapatos de seguridad.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Las ropas de trabajo deben ajustarse bien, no debiendo de poseer partes rotas o sueltas.
- El operario debe mantener su equipo en perfecto estado, comunicando cualquier deficiencia y cambiarlo cuando este deteriorado.

3.2) Equipamiento para trabajos eléctricos

Para la selección del equipo individual apropiado, es necesario el estudio de las operaciones que se van a realizar. De manera general la elección depende de:

- Los riesgos posibles.
- Las condiciones de trabajo.
- La parte del cuerpo a proteger.

Por otro lado se tiene en cuenta que el equipo debe de proteger, pero también evitar condiciones de trabajo incómodas o desagradables, teniendo en cuenta además:

- Por razones de higiene, el equipo debe ser personal.
- Se debe dar a los trabajadores normas para su utilización.

A continuación se exponen los componentes del equipo de protección personal para electricistas:

Casco protector

Para la protección de la cabeza se emplean cascos protectores ligeros, debiendo ser garantía contra un riesgo determinado y adaptarse perfectamente a la cabeza pero permitiendo la circulación del aire para la ventilación de la cabeza. El casco protector está prescrito en la O.G.S.H.T. en los artículos 68 y 143, y para los electricistas debe ser un casco de material aislante para evitar los posibles contactos con partes bajo tensión.

Guantes protectores

Los guantes protectores están prescritos en los artículos 63, 67 y 149 de la O.G.S.H.T. y para los electricistas se emplean sobre todo guantes de cinco dedos prolongados con manoplas, más o menos largas, que protegen el antebrazo. El material es principalmente, de caucho con tramado interior de algodón para B.T. y de

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

caucho puro para A.T., debiéndose emplear siempre asociados con uno o varios elementos de protección.

Calzado protector

El calzado protector será de material aislante y para evitar perforaciones a causa de objetos punzantes dispondrá de plantillas imperforables en el interior constituidas por chapa de acero inoxidable e imperforable recubierta por dos capas de yute trenzado, inamovible e higiénico. Es inadecuado su uso como único aislamiento eléctrico por lo que su uso estará asociado a otro u otros elementos de protección.

Taburetes y alfombras aislantes

Los taburetes aislantes están prescritos en la O.G.S.H.T. tanto para A.T. (art.63) como para B.T. (art. 67). De forma general están formados por una plataforma de 60 x 60 cm de madera, con patas inclinadas para evitar el vuelco y provistas de campanas para evitar, en caso de lluvia, la formación de una película continua de agua.

Las alfombrillas aislantes tienen idéntica misión y están constituidas por una capa de 3 mm de caucho de alto poder dieléctrico.

4. HERRAMIENTAS MANUALES

4.1) Prescripciones generales sobre el uso de herramientas

En la O.G.S.H.T. se exponen una serie de prescripciones para el adecuado empleo y manejo de las herramientas manuales las cuales se resumen a continuación:

- Se usan para fines específicos, debiendo ser inspeccionadas periódicamente.
- Las defectuosas se retiran del uso.
- Los mangos adaptables a las mismas están firmemente sujetos.
- Para los trabajos eléctricos se emplean herramientas aisladas.
- No se depositan sobre las maquinas, excepto en lugares destinados para ello no durante la revisión de las mismas.
- No se llevan en los bolsillos salvo que estos estén adaptados para ellos o que la herramienta este prevista para llevarla en el mismo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Las brocas, cinceles, barrenas, etc., se deben mantener afilados y las herramientas de percusión sin rebabas.
- Las cortantes o punzantes se deben dejar en lugares que no den lugar a accidentes o bien se dispondrá de fundas para filos y puntas.
- No se deben emplear limas sin mango, debiendo conservarse limpias, secas y separadas de las demás herramientas.
- Las llaves deben ser del tamaño adecuado al trabajo que se realice, recomendándose el uso de llaves fijas.
- No se deben golpear ni se deben emplear tubos de acoplamiento sobre el mango de las llaves salvo si estas han sido previstas para ello.
- En alturas se deben pasar por una cuerda o bolsa portaherramientas.
- No se deben golpear superficies con martillos del mismo material sino que deben ser de un metal más blando o cuero.
- En atmósfera donde existan gases inflamables, líquidos altamente volátiles o sustancias explosivas las herramientas que se deben utilizar serán de material antichispas.

4.2) Para trabajos eléctricos

Como se ha especificado en el apartado anterior, para los trabajos eléctricos se emplean herramientas manuales aisladas, estando prescritas por la O.G.S.H.T.

5. MANIPULACIÓN DE MATERIALES Y TRANSPORTE

5.1) Manipulación de cargas mediante maquinas

A la hora de utilizar máquinas de elevación con el fin de mover o desplazar cualquier material se tendrán en cuenta las siguientes medidas:

- Será de obligado cumplimiento la normativa legal de Seguridad vigente, además de las Instrucciones Específicas de Seguridad de la Empresa.
- Previamente al izado de cargas el operador deberá:
- Tensar los cables una vez enganchada la carga.
- Elevar ligeramente, para permitir que la carga adquiera su posición de equilibrio.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Asegúrese de que los cables no patinan y de que los ramales están tendidos por igual.
- Si la carga está mal amarrada o mal equilibrada deposítese sobre el suelo y vuélvase a amarrar bien. Sí el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, no insistir en ello.
- La carga puede engancharse en algún posible obstáculo, y es necesario desengancharla antes.
- No sujetar nunca los cables en el momento de ponerlos en tensión, con el fin de evitar que las manos queden cogidas entre la carga y los cables.
- El movimiento de izado debe realizarse solo y evitando todo balanceo de la carga al despegarse del suelo y sin efectuar tiros sesgados de la misma.
- Para el desplazamiento de la carga deberán tenerse presentes las siguientes recomendaciones:
- Debe realizarse el desplazamiento cuando la carga se encuentre lo bastante alta para no encontrar obstáculos.
- Si el recorrido es bastante grande, debe realizarse el transporte a poca altura y a marcha moderada.
- Debe procederse al desplazamiento de la carga teniendo ante la vista al operador del aparato de izar.
- En planta estará acotada al paso la zona situada en la vertical de la carga.
- Para la colocación de las cargas se tendrá presente:
- No dejarlas suspendidas encima de un paso.
- No ordenar el descenso sino cuando la carga ha quedado inmovilizado.
- No balancear las cargas para depositarlas más lejos.
- Procúrese no depositar las cargas en pasillos de circulación.
- Deposítese la carga sobre calzos.
- Deposítese las cargas en lugares sólidos y evítese las tapas de bocas subterráneas o de alcantarillas.
- No aprisionar los cables al depositar la carga.
- Comprobar la estabilidad de la carga en el suelo, aflojando un poco los cables.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Realizadas las maniobras se volverán a colocar las eslingas en sus soportes y si se dejan en el gancho de la grúa, reunirla en varios tramos y elevar el gancho lo más alto posible.
- El operador o responsable del estrobo, si aprecian cualquier anomalía en los aparatos de izar y medios auxiliares conexos, interrumpirán la operación depositando la carga en lugar estable y poniendo al corriente de la anomalía al mando directo.

5.2) Manipulación de cargas manuales

Se entenderá por manipulación manual de cargas cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, así como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, particular dorso-lumbares, para los trabajadores.

5.2.1) Características de la carga

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorso-lumbar, en los casos siguientes:

- Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.
- Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.
- Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.
- Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.
- Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

5.2.2) Esfuerzo físico necesario

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorso-lumbar, en los casos siguientes:

- Cuando es demasiado importante.
- Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.
- Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.
- Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

5.2.3) Características del medio de trabajo

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorso-lumbar en los casos siguientes:

- Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.
- Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.
- Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.
- Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.
- Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.
- Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.
- Cuando la iluminación no sea adecuada.
- Cuando exista exposición a vibraciones.

5.2.4) Exigencias de la actividad

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorso-lumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

- Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.
- Período insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.
- Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.
- Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

5.2.5) Factores individuales de riesgo

Constituyen factores individuales de riesgo:

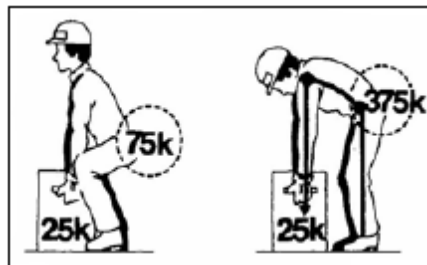
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.
- La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.
- La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.
- La existencia previa de patología dorso-lumbar.

5.2.6) Instrucciones operativas

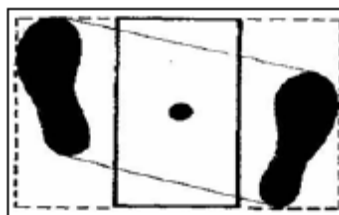
Para levantar una carga hay que aproximarse a ella. El centro de gravedad del hombre debe estar lo más próximo que sea posible y por encima del centro de gravedad de la carga.



El equilibrio imprescindible para levantar una carga correctamente, sólo se consigue si los pies están bien situados:

- Enmarcando la carga.
- Ligeramente separados.
- Ligeramente adelantado uno respecto del otro.

Para levantar una carga, el centro de gravedad del operario debe situarse siempre dentro del polígono de sustentación.



Técnica segura del levantamiento:

- Sitúe el peso cerca del cuerpo.
- Mantenga la espalda plana.
- No doble la espalda mientras levanta la caja
- Use los músculos más fuertes, como son los de los brazos, piernas y muslos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Asir mal un objeto para levantarlo provoca una contracción involuntaria de los músculos de todo el cuerpo. Para mejor sentir un objeto al cogerlo, lo correcto es hacerlo con la palma de la mano y la base de los dedos. Para cumplir este principio y tratándose de objetos pesados, se puede, antes de asirlos, prepararlos sobre calzos para facilitar la tarea de meter las manos y situarlas correctamente.

Las cargas deben levantarse manteniendo la columna vertebral recta y alineada.

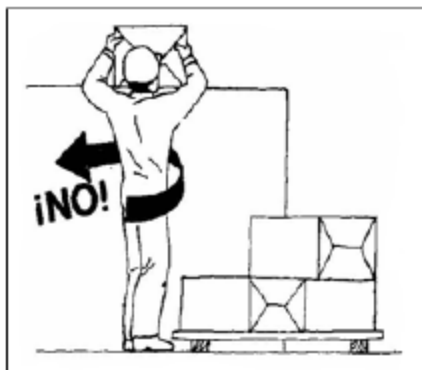


Para mantener la espalda recta se deben “meter” ligeramente los riñones y bajar ligeramente la cabeza.

El arquear la espalda entraña riesgo de lesión en la columna, aunque la carga no sea demasiado pesada.



La torsión del tronco, sobre todo si se realiza mientras se levanta la carga, puede igualmente producir lesiones.



E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

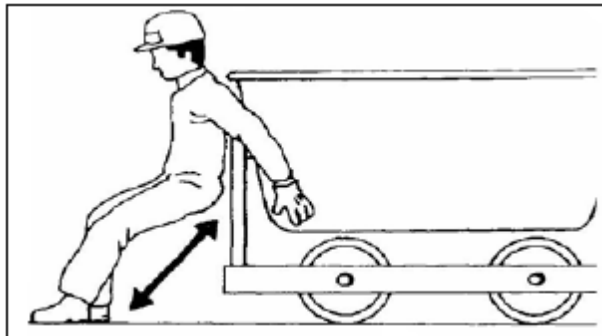
En este caso, es preciso descomponer el movimiento en dos tiempos: primero levantar la carga y luego girar todo el cuerpo moviendo los pies a base de pequeños desplazamientos.

O bien, antes de elevar la carga, orientarse correctamente en la dirección de marcha que luego tomaremos, para no tener que girar el cuerpo.

Utilizaremos los músculos de las piernas para dar el primer impulso a la carga que vamos a levantar. Para ello flexionaremos las piernas, doblando las rodillas, sin llegar a sentarnos en los talones, pues entonces resulta difícil levantarse (el muslo y la pantorrilla deben formar un ángulo de más de 90°).



Los músculos de las piernas deben utilizarse también para empujar un vehículo, un objeto, etc.



En la medida de lo posible, los brazos deben trabajar a tracción simple, es decir, estirados. Los brazos deben mantener suspendida la carga, pero no elevarla.



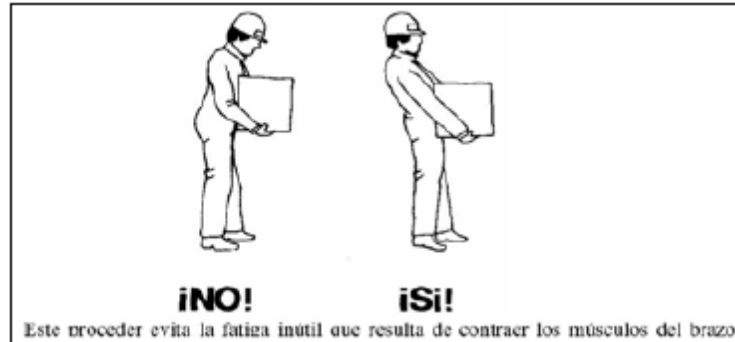
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La carga se llevará de forma que no impida ver lo que tenemos delante de nosotros y que estorbe lo menos posible al andar natural.

En el caso de levantamiento de un bidón o una caja, se conservará un pie separado hacia atrás, con el fin de poderse retirar rápidamente en caso de que la carga bascule.

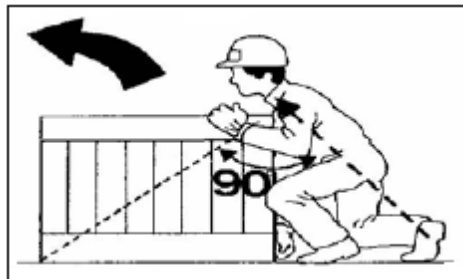
Para transportar una carga, ésta debe mantenerse pegada al cuerpo, sujetándola con los brazos extendidos, no flexionado.



Este proceder evita la fatiga inútil que resulta de contraer los músculos del brazo, que obliga a los bíceps a realizar un esfuerzo de quince veces el peso que se levanta.

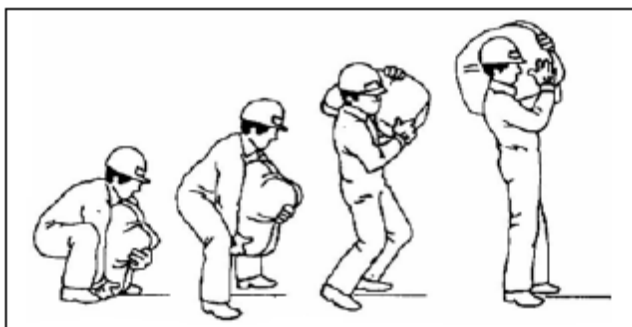
La utilización del peso de nuestro propio cuerpo para realizar tareas de manutención manual permite reducir considerablemente el esfuerzo a realizar con las piernas y brazos.

Para levantar una caja grande del suelo, el empuje debe aplicarse perpendicularmente a la diagonal mayor, para que la caja pivote sobre su arista.



Para levantar una carga que luego va a ser depositada sobre el hombro, deben encadenarse las operaciones, sin pararse, para aprovechar el impulso que hemos dado a la carga para despegarla del suelo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



Las operaciones de manutención en las que intervengan varias personas deben excluir la improvisación, ya que una falsa maniobra de uno de los portadores puede lesionar a varios.

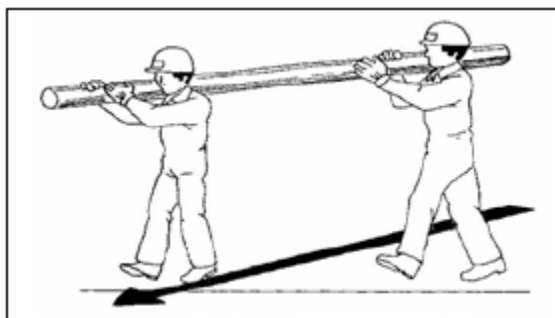
Debe designarse un jefe de equipo que dirigirá el trabajo y que deberá atender a:

- La evaluación del peso de la carga a levantar para determinar el número de portadores precisos, el sentido del desplazamiento, el recorrido a cubrir y las dificultades que puedan surgir.
- La determinación de las fases y movimientos de que se compondrá la maniobra.
- La explicación a los portadores de los detalles de la operación (ademanos a realizar, posición de los pies, posición de las manos, agarre, hombro a cargar, cómo pasar bajo la carga, etc.)
- La situación de los portadores en la posición de trabajo correcta, reparto de la carga entre las personas según su talla (los más bajos delante en el sentido de la marcha).

Durante el transporte se deben seguir las siguientes pautas:

- Estando el porteador de detrás ligeramente desplazado del de delante, para facilitar la visibilidad de aquél.
- A contrapié, (con el paso desfasado), para evitar las sacudidas de la carga.
- Asegurando el mando de la maniobra; será una sola persona (el jefe de la operación), quién dé las órdenes preparatorias, de elevación y transporte.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”



- Se mantendrán libres de obstáculos y paquetes los espacios en los que se realiza la toma de cargas.
- Los recorridos, una vez cogida la carga, serán lo más cortos posibles.
- Nunca deben tomarse las cajas o paquetes estando en situación inestable o desequilibrada.
- Conviene preparar la carga antes de cogerla.
- Aspirar en el momento de iniciar el esfuerzo.
- El suelo se mantendrá limpio para evitar cualquier resbalón.
- Si los paquetes o cargas pesan más de 50 Kg., aproximadamente, la operación de movimiento manual se realizará por dos operarios.
- Se utilizarán guantes y calzado para proteger las manos y pies de la caída de objetos.
- En cada hora de trabajo deberá tomarse algún descanso o pausa.
- Cualquier malestar o dolor debe ser comunicado a efectos de la correspondiente intervención del servicio médico.

6. ESCALERAS Y ANDAMIOS

Para evitar los accidentes provocados por el empleo inadecuado de estos elementos se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

6.1) Escaleras

- Antes de su uso comprobará que está en buen estado.
- No se deben utilizar escaleras empalmadas unas a otras salvo que estén preparadas para ello.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Cuando se emplee una escalera en las proximidades de zonas con tensión, su manejo será vigilado directamente por el Jefe de Trabajo delimitándose la zona de trabajo e indicando la prohibición de desplazar la escalera.
- Cuando no se empleen se resguardarán del sol y la lluvia y no se deben dejar nunca en el suelo.
- No se deben emplear para otro fin que no sea el que han sido diseñadas.
- Cuando se trabaje sobre ellas se deben tomar las precauciones propias de trabajos en alturas.
- No se deben subir cargas de más de 300 kg sobre escaleras no reforzadas. Las de madera no se deben cargar con más de 100 kg.
- Para evitar que se resbale se deben inmovilizar por su parte superior o por su base.
- El pie de la escalera se sitúa como mínimo a $\frac{1}{4}$ de la longitud de la escalera respecto a la pared de apoyo. No se coloca delante de las puertas que abran hacia ellas a menos que se bloqueen estando abiertas o se cierran con llave.
- Deben sobrepasar por lo menos en un metro al lugar más alto a que deban subir quienes las utilicen.
- Para trabajar sobre ella, el extremo superior de la misma, debe quedar a la altura de la cintura del operario cuando este se encuentre en su posición más elevada.
- Los peldaños se limpian de toda materia deslizante.
- Se asciende y desciende con las manos libres y dando frente a la escalera.

No se emplean cajas, sillas, etc., en sustitución de las escaleras o como complemento de estas.

6.2) Andamios

- Se construyen de madera sólida, provistos de barandillas y rodapiés.
- Cuando se trabaje sobre un andamio o cualquier otro lugar elevado, a más de 3 metros de altura y que no posea una barandilla de más de 0,9 metros, el operario debe utilizar cinturón de seguridad.
- No se almacenan sobre el andamio más material que el necesario.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Los tablones se clavan o atan de forma que sea imposible su deslizamiento o basculamiento.
- No se maniobran andamios colgantes ni se prepara o colocan andamios sobre el personal. A su vez no se permanece debajo de los andamios durante su preparación, montaje o cuando se realicen trabajos por operarios situados sobre ellos.
- Todos los andamios, plataformas de trabajo y pasarelas deben tener por lo menos dos tablones de ancho no debiendo el personal trabajar nunca sobre un solo tablón.

7. LOCALES Y ZONAS DE TRABAJO

7.1) Generales

Se deben cumplir las siguientes prescripciones de carácter general:

- Debe existir, siempre, orden y limpieza de carácter general.
- Se limpian lo antes posible los charcos de aceite o grasa.
- Al recoger vidrios rotos, virutas, objetos cortantes, etc. se hace con medios adecuados y las manos protegidas.
- Los desperdicios se depositan en los recipientes dispuestos para ello y no se vierten sobre ellos líquidos inflamables.
- Como líquido de limpieza se usan preferentemente detergentes y casos imprescindibles se limpia o desengrasa con gasolina o producto inflamable.
- Las zonas de paseo señalización como peligrosas, se deben mantener libres de obstáculos.
- Los huecos se protegen con cuerdas, barandillas, etc., de una altura mínima de 0,9 metros y deben estar iluminados de forma que se vean claramente las protecciones.
- Se acotan y señalizan todos los lugares donde pueda existir peligro.
- No se almacenan materiales de forma que impidan el libre acceso a los extintores o salidas de emergencia.
- Las botellas que contengan gases se almacenan verticalmente asegurándolas contra las caídas y protegiéndolas de las variaciones notables de temperatura.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Todas las zonas de trabajo y tránsito deben tener, durante el tiempo de uso, una iluminación natural o artificial apropiada.
- Se debe mantener una ventilación eficiente, natural o artificial en las zonas de trabajo y en especial en los lugares cerrados donde se producen gases o vapores tóxicos, explosivos o inflamables.
- Las escaleras y pasos elevados deben disponer de barandillas fijas de construcción sólida.
- Está terminantemente prohibido fumar en los locales de almacenamiento de materiales combustibles.

7.2) Para trabajos eléctricos

En la O.G.S.H.T. (artículos 62, 65 y 69) se especifica que en todos los trabajos que se realicen en instalaciones de A.T. o en sus proximidades, se delimita la zona de trabajo colocándose las correspondientes señales de seguridad. Para ello se utilizan los siguientes dispositivos:

- Cintas de delimitación.
- Barreras extensibles.
- Banderolas, estandartes y colgaduras.

Además, y según los artículos 52, 67 y 69, se señalizan permanentemente las zonas en las que el peligro se presenta de forma continua (electrocución, incendio, explosión, etc.).

En estos casos se distinguen entre las señales que expresan una prohibición tajante, señales con disco circular rojo y figura o leyenda en blanco con orla blanca, y las que se limitan a advertir del peligro, forma triangular con fondo amarillo y figura o leyenda en negro con orla negra.

8. PELIGRO INCENDIOS

Para prevenir los incendios se toman las siguientes precauciones:

- Está prohibido encender fuego a menos de 6 metros de distancia de materiales inflamables ni debajo de conductores eléctricos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Los líquidos inflamables se guardan en envases apropiadas con identificación de su contenido y se almacenan en lugares destinados al efecto.
- Se prohíbe encender fuego o fumar en todas las zonas de almacenamiento o empleo de líquidos o gases inflamables.
- Los extintores situados en los locales de trabajo se colocan convenientemente y deben estar libres de toda clase de obstáculos que impidan el acceso.
- Los aparatos contra incendios se deben inspeccionar periódicamente.
- Si se produjese un incendio se debe cortar inmediatamente la corriente en la zona en que se ha declarado.
- Todo el personal de la instalación debe estar familiarizado con el empleo de los sistemas de extinción de la misma.
- En caso de incendio eléctrico se debe mantener el extremo más cercano del extintor a una distancia de la instalación de:
 - 1 metro para instalaciones hasta 15 kV.
 - 2 metros para instalaciones entre 15 kV y 60 kV.
 - 3 metros para el resto.
- En caso de incendio eléctrico el manejo del extintor se realiza con guantes aislantes.
- No se debe penetrar sin ventilación previa en un lugar cerrado en el cual ha funcionado una instalación de protección de CO₂.
- En caso de usar extintores de tetracloruro de carbono o de bromuro de metilo, u otros gases tóxicos no se debe permanecer largo tiempo, al menos que se usen caretas adecuadas, y una vez sofocado el fuego se ventile el local inmediatamente.
- Se prohíbe el uso de extintores de espuma química, soda-ácido o agua (excepto si esta está pulverizada y se emplea de acuerdo con las recomendaciones pertinentes) en incendios que afectan a instalaciones eléctricas con tensión, debiéndose emplear los polvos secos y bióxido de carbono, tetracloruro de carbono o bromuro de metilo o cualquier otro sistema equivalente.
- Como final, indicar que el éxito en la extinción de un fuego dependerá principalmente de la rapidez con que se acuda a sofocarlo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

9. APARATOS DE SOLDADURA Y CORTE

La negligencia o el descuido en el manejo de estos aparatos puede provocar graves accidentes laborales por lo que, para evitarlos, se deben tener en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se prohíben los trabajos de soldadura y corte en locales que contengan material combustible o en lugares donde exista riesgo de explosión.
- Los puestos de trabajo de soldadura y corte donde trabajen otras personas deben de tener resguardos de pantallas opacas.
- Se prohíbe realizar trabajos de soldadura o corte en recipientes que hayan contenido sustancias inflamables o explosivas sin haberlos limpiado correctamente y ventilado interiormente. Para su limpieza se empleará vapor de agua.
- Cuando se realicen trabajos de soldadura o corte se deben emplear los equipos de protección consistentes en:
 - Guantes de cuero.
 - Gafas.
 - Delantal de cuero.
 - Pantalla.
 - Calzado apropiado.
 - Polainas.
- Si el soldador trabaja con ayudante este debe usar las mismas protecciones.
- Cuando se trabaje e espacios reducidos se debe procurar una buena ventilación.
- Si el trabajo se realiza en posiciones elevadas se toman precauciones para que las chispas o metal caliente no caigan sobre personas o material inflamable.
- En los trabajos en locales húmedos o mojados o en el interior de recintos metálicos y cuando se empleen grupos de soldadura de una tensión en vacío superior a 24 V se aislará el puesto de trabajo.
- Siempre que el soldador abandone el tajo de soldadura debe desconectarse el grupo de soldadura.
- Cuando se cambien los electrodos se mantienen aislados del suelo o de objetos metálicos próximos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Si es necesario pasar los electrodos por un espacio reducido se abre anteriormente el interruptor principal.
- Al soldar en tubos o calderas, la máquina de soldar se situará fuera de ellos.
- No se conectan los cables de masa a elementos extraños a la obra en ejecución.
- No habrá menos de un metro de distancia del punto de soldadura a trapos, papeles, aceites o sustancias combustibles.
- Se prohíbe totalmente soldar a menos de 6 metros de distancia de líquidos inflamables y sustancias explosivas.

10. MANEJO DE LOS GASES Y AIRE COMPRIMIDO

Para evitar accidentes laborales por causa de una manipulación inadecuada de estos elementos se siguen las siguientes prescripciones:

- Las válvulas de la botella y la reductora de presión de las botellas de oxígeno se mantienen limpias de grasa o aceite.
- Las botellas se protegen convenientemente contra las variaciones excesivas de temperatura y los rayos directos del sol. También se protegen contra la humedad la válvula de la botella.
- Se aíslan las botellas de oxígeno de las de acetileno y las de hidrógeno.
- No se descongelan las válvulas con una llama, se realiza con vapor o agua caliente.
- No colocarse nunca frente a las válvulas sino a un lado de la botella.
- Las botellas de gases combustibles o comburentes se aíslan de cualquier contacto eléctrico.
- Antes de transportar cualquier botella se asegura que la válvula está cerrada.
- No se levantan las botellas cogiéndolas por las válvulas.
- Para transportar las botellas se emplean aparatos adecuados.
- No se emplean las botellas de oxígeno o acetileno para colgar el soplete.
- En el soplado de piezas con aire comprimido, el operario utiliza gafas de protección.
- En el almacenamiento de botellas de gases comprimidos se toman las siguientes precauciones:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Se emplazan en locales donde el riesgo de incendio sea mínimo.
- Se colocan convenientemente para evitar que vuelquen o rueden.
- No se emplean llama desnuda en los locales donde estén almacenadas botellas de acetileno.
- No se almacenan las botellas llenas junto con las vacías.
- Se prohíbe trabajo en todos los locales.
- No se realiza trabajo alguno en aparatos, tuberías o elementos que contengan aire a presión.
- En las uniones y conexiones de las mangueras flexibles de aire es obligatorio el empleo de racores de abrazaderas.
- No se dirige la manguera de aire comprimido hacia sí mismo o hacia otra persona.
- Las válvulas de seguridad y los separadores de aceite se deben limpiar frecuentemente.

11. SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS ELÉCTRICOS

11.1) Operaciones previas al trabajo

Solamente se inicia un trabajo en una instalación eléctrica cuando se hayan realizado todas las operaciones que se citan a continuación:

- Desconectar, con corte visible, todas las posibles fuentes de tensión.
- Enclavar o bloquear, si es posible, los aparatos de tensión.
- Hacer constar al jefe de trabajo tal situación, el cual se hará cargo de la misma.
- Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.
- Reconocer o comprobar la ausencia de tensión en el lugar de trabajo poner a tierra y en cortocircuito el propio lugar de trabajo.
- Colocar la señalización de seguridad adecuada en la zona de trabajo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

11.2) Instalaciones de alta tensión

11.2.1) Prescripciones generales

Para las instalaciones de A.T., tensiones nominales iguales o superiores a 1 kV, se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- Cada brigada dispondrá del material de seguridad correspondiente y un botiquín de urgencia para prestar los primeros auxilios en caso de accidente.
- Todo trabajo irá precedido de una solicitud de autorización para trabajar en las instalaciones en la que constará la identidad del solicitante.
- Antes de comenzar los trabajos se deben seguir las incidencias dadas en el apartado 11.1.
- Solamente se considera corte admisible el corte visible. Por otro lado, el corte con interruptor, no se admite nada más que cuando sean visibles las piezas de contacto y se tengan garantías de la imposibilidad de su cierre intempestivo. En el caso de los seccionadores, se asegurará que todas las cuchillas queden bien abiertas.
- Se prohíbe retirar los enrejados de protección de las celdas antes de dejarla sin tensión o dar tensión sin antes situar los enrejados de protección.
- Se prohíbe almacenar materiales en o junto las instalaciones permitiéndose solamente tener piezas de repuesto cuyas dimensiones no den origen a contactos peligrosos.

11.2.2) Aparatos de corte

En lo referente a seccionadores e interruptores, se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- Antes de abrir o cerrar un seccionador habrá que asegurarse de que posee la suficiente capacidad de corte.
- Para el aislamiento del personal en las operaciones de maniobra, los elementos de protección más usuales son:
 - Pértiga aislante.
 - Guantes aislantes.
 - Taburete o alfombra aislante

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Se utilizará, en todos los casos, dos de las protecciones señaladas anteriormente, siendo recomendable el empleo de las tres.
- Si su funcionamiento fuera por mando no manual se toman todas las precauciones para que bajo ninguna circunstancia se ponga en funcionamiento intempestivo.
- En todos los casos se colocará un letrero sobre el mando con una inscripción tal como “NO CONECTAR”, “TRABAJO”, etc., que debe quedar bien visible.

11.2.3) Transformadores

Para el caso de los transformadores se tienen en cuenta las siguientes prescripciones:

- La maniobra normal para dejar sin servicio un transformador es abrir la salida de B.T. y a continuación abrir el aparato de corte en la parte de A.T.
- Para poner en servicio un transformador se comenzará por cerrar el aparato de corte de A.T. un transformador A.T./B.T., desconectado de la A.T., es peligroso si existe la posibilidad de que reciba corriente por la B.T., observación igualmente válida para transformadores de tensión.
- El circuito secundario de un transformador de intensidad debe estar siempre cerrado.
- Es peligroso acercarse a las proximidades de los transformadores en aceite debido al riesgo de incendio.
- Cuando se realicen trabajos de manipulación de aceites, se tendrán a mano los elementos adecuados para extinción de incendios.

11.3) Trabajos en las proximidades de instalaciones de alta tensión en servicio

En el caso de necesidad de realizar el trabajo en las proximidades de conductores o aparatos de A.T. no protegidos, estos se realizarán bajo las siguientes condiciones:

- Se atenderán las instrucciones que para cada caso particular dé el Jefe de Trabajo.
- El trabajo se realizará bajo la vigilancia del Jefe de Trabajo o persona responsable por él nombrada, que se ocupará de que se mantengan las medidas de seguridad necesarias.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Si a pesar de las medidas de seguridad tomadas, el peligro no desapareciera, se tramitará una autorización de desconexión y se seguirán las indicaciones dadas en el apartado 11.1.

11.4.) Reposición del servicio

El servicio de una instalación se restablecerá cuando se tenga la seguridad de que no queda nadie trabajando en dicha instalación.

Las operaciones para la puesta en servicio se hacen en el siguiente orden:

- En el lugar de trabajo se retirarán las puestas a tierra y el material de protección y el Jefe de Trabajo, tras un último reconocimiento, avisará que el mismo ha terminado.
- En el origen de la alimentación, una vez recibida la comunicación de que se ha terminado el trabajo, se retirarán las puestas a tierra, el material de señalización y se desbloquearán los aparatos de corte y maniobra, con lo que quedará todo dispuesto para reponer el servicio.

11.5) Trabajos en redes subterráneas

En todos los trabajos que se realicen en redes subterráneas, se deben cumplir las especificaciones dadas en los apartados anteriores y además se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones especiales:

- Antes de iniciar cualquier trabajo en un cable subterráneo, se procederá a ponerlo en cortocircuito y a tierra en los terminales más próximos.
- Antes de realizar un corte en un cable subterráneo, se identificara y se comprobará la ausencia de tensión mediante aparatos adecuados.
- Las excavaciones y zanjas de alguna profundidad deben presentar un talud suficiente, teniendo en cuenta la naturaleza del terreno. Si no se cumple esto, se entibarán convenientemente sus paredes.
- Para realizar excavaciones por debajo o en las proximidades de construcciones existentes, carreteras o caminos y vías férreas, deberán apuntalarse adecuadamente.
- Cuando las zanjas se abran en aceras y zonas transitadas, se colocarán pasos para las personas, de suficiente amplitud y que no presenten riesgos de caída.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- En los trabajos de apertura de zanjas se dejarán, siempre que sea posible, un pasillo entre el borde de la zanja y el montón de tierra procedente de la misma.
- Para calentar o fundir materiales aislantes para el relleno de las cajas, terminales y empalmes, se usarán solamente recipientes destinados a tal fin y nunca más de 2/3 de su capacidad.
- No se añadirá nueva materia aislante sin antes aparatar el recipiente del fuego, añadiendo el aislante en trozos pequeños para evitar proyección.
- Para estos trabajos y para el manejo de los cables es obligatorio el uso de guantes adecuados.

11.6) Puestas a tierra temporales

Para poner a tierra una instalación se siguen las siguientes indicaciones:

- La instalación se realizará conectando primero los conductores de puesta a tierra a la toma de tierra y a continuación se conectarán, mediante pértigas especiales, a la instalación a proteger. Para quitar la tierra se procede a la inversa.
- Para que la puesta a tierra y en cortocircuito sea más efectiva, se realizará lo más cerca posible del lugar de trabajo y a ambas partes del mismo.
- Las tierras temporales tendrán un contacto eléctrico perfecto, tanto con las partes metálicas que se deseen poner a tierra como con el electrodo que constituye la toma de tierra.
- Si la puesta a tierra se realiza por medio de seccionadores de puesta a tierra, se asegurará que las cuchillas de estos queden todas en posición de cerrado.
- Cuando se trabaje en la red general de tierras de una instalación, se suspenderá el trabajo durante el tiempo de tormentas, pruebas de líneas, etc.
- Antes de efectuar cortes en circuitos de tierra en servicio, se colocará una pasta conductora en el lugar de corte y la persona que realice este trabajo estará perfectamente aislada eléctricamente.
- Se vigilará que, durante los trabajos, el personal no entre en contacto simultáneo con dos circuitos de tierra que no estén unidos eléctricamente, ya que estos pueden estar a potenciales diferentes.

12. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

12.1) Botiquines

Se debe disponer de un botiquín conteniendo el material específico en la ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

12.2) Asistencia a accidentados

Se debe informar a la Obra del emplazamiento de los diferentes centros médicos a donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

12.3) Reconocimiento médico

Todo el personal que empiece a trabajar en la Obra debe pasar un reconocimiento médico previo al trabajo y será repetido en el periodo de un año.

13. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL

Todos los participantes en la obra, antes del comienzo de sus actividades, deberán haber recibido la formación de prevención de riesgos laborales necesaria para la correcta y segura realización de sus trabajos.

Respecto a la información, cada trabajador deberá recibir por parte del responsable de su empresa:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo, tanto aquellos que afecten a la empresa en su conjunto como a cada tipo de puesto de trabajo o función.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos señalados en este documento.
- Normas de utilización y control de maquinaria, equipos, y equipos de protección individual
- Las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores a adoptar en posibles situaciones de emergencia.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

14. VALORACIÓN ECONÓMICA SEGURIDAD Y SALUD

A continuación se muestra una lista detallada del equipamiento y coste del mismo para garantizar la seguridad y salud en el trabajo:

Concepto	Total de unidades	Precio unidad (€)	Coste Total (€)
Casco de protección 	17	6,00	102,00
Gafas de protección 	34	10,00	340,00
Mascarilla 	34	0,86	29,24
Protector auditivo 	17	11,50	195,50
Guantes de trabajo 	17 pares	8,75	148,75
Botas de seguridad 	17 pares	45,00	765,00
Botas de agua 	17 pares	32,00	544,00
Ropa de trabajo 	34	31,50	1071,00

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Traje de agua 	34	41,00	1394,00
Cinta señalización 	1000	0,30	300,00
Arnés de seguridad 	17	150,00	2550,00
Dispositivo anti-caída cinturón 	17	100,00	1700,00
Cuerda dispositivo anti-caída 	300	4,25	1275,00
Verificador de tensión 	1	600,00	600,00
Equipo de PAT+Pértiga 	1	458,00	458,00

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Guante aislante para AT 	1	67,00	67,00
Extintor de 15 Kg de polvo 	1	236,00	236,00
Botiquín de primeros auxilios 	1	59,00	59,00
Camilla de evacuación 	1	252,00	252,00
		TOTAL	12086,49

ANEXO V:

IMPACTO

MEDIOAMBIENTAL

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

ANEXO V: IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Índice

	Página
1. OBJETIVO DEL PROYECTO Y LOCALIZACIÓN	1
2. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA Y SU ENTORNO	1
2.1) Características de la zona	1
2.1.1) Flora	2
2.1.2) Fauna	2
2.2) Valoración ambiental	3
2.2.1) Vegetación	3
2.2.2) Fauna	4
2.2.3) Paisaje	5
3. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS	5
3.1) Actividades implicadas en el desarrollo y puesta en servicio del proyecto .	5
3.1.1) Fase de construcción	5
3.1.2) Fase de explotación	7
3.2) Valoración de impactos	8
3.2.1) Método de valoración	8
3.2.2) Medida de los impactos ambientales	9
4. MEDIDAS PORTECTORAS Y CORRECTORAS	10
4.1) Medidas protectoras	10
4.1.1) Suelo	10
4.1.2) Agua	11
4.1.3) Aire	11
4.1.4) Vegetación	11
4.1.5) Fauna	12
4.1.6) Medio socioeconómico	12
4.1.7) Patrimonio Histórico-Artísticos	12
4.1.8) Paisaje	13

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4.2	Medidas correctoras	13
5.	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	14
5.1)	Fase de construcción	15
5.2)	Fase de funcionamiento	15

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. OBJETIVO DEL PROYECTO Y LOCALIZACIÓN

El objetivo del presente proyecto es la construcción de una línea aérea de media tensión, que conecta la subestación de Mataporquera con la subestación de Polientes, con el fin de mejorar y asegurar el servicio eléctrico en sus zonas de influencia.

Los objetivos del presente Estudio de Impacto Medioambiental son los siguientes:

- 1) Disponer de datos que permitan introducir en las decisiones empresariales los efectos del desarrollo del presente proyecto en el medio natural y social, siempre difíciles de cuantificar y evaluar.
- 2) Presentar información integrada sobre los impactos de nuestra actividad sobre el medio ambiente.
- 3) Integrar a los diversos organismos públicos y privados que tienen algún grado de responsabilidad sobre las decisiones que afectan al medio ambiente.

En definitiva, el principal objetivo de este estudio es el de indicar los elementos y características medioambientales susceptibles de ser afectados por la ejecución y puesta en servicio del presente proyecto, sobre los que se establecerán recomendaciones de acciones correctoras, temporales o permanentes, y la definición de los criterios generales y específicos de restauración y recuperación de terrenos o de otros usos alternativos de rehabilitación.

2. DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DE LA ZONA Y SU ENTORNO

2.1) Características de la zona

El proyecto se desarrolla entre las localidades de Mataporquera y Polientes, términos municipales de Valdeolea y Polientes.

Desde el punto de vista medioambiental la zona del proyecto, así como sus alrededores, se caracterizan por ser una zona mixta entre formaciones arbustivas y arbóreas de árboles autóctonos y de replantación y zonas de uso ganadero y comunal como zonas de pasto del ganado.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2.1.1) Flora

La vegetación de la zona en la que discurre realiza la línea aérea se compone principalmente por plantas características de praderas y pastizales, de monte bajo y por formaciones boscosas.

Con el fin de evitar las masas de arbolado de interés ambiental se procede a la realización de los pertinentes de cambios de dirección en el tendido de la línea. Con lo anterior se minimiza el daño ocasionado a la flora autóctona, afectándose únicamente en localizaciones puntuales y de manera reversible, evitando la necesidad de realizar talas o podas.

En lo referido a las características botánicas de la zona, predomina principalmente la vegetación de montaña y monte bajo así como masas de árboles autóctonos, masas arbóreas de repoblación y pastizales de montaña.

Las especies vegetales catalogadas en la zona de estudio son:

- Zarza (*Rubus Ulmifolius*).
- Helecho Común (*Pteridium aquilinum*).
- Tojo (*Genista hirsuta*).
- Enebro rastrero (*Juniperus communis*).
- Roble albar (*Quercus pétrea*).
- Haya (*Fagus sylvatica*).
- Pino (*Pinus nigra*)
- Pastizal de montaña (*Helianthemum urrilense*).

2.1.2) Fauna

En las zonas de suaves pendientes con pradera y pastos, la fauna predominante son los pequeños mamíferos, principalmente roedores.

- Rata (*Rattus norvégicus*).
- Ratones (*Mus musculus*).
- Topo (*Talpa europea*).

En esta misma zona y beneficiándose de las zonas abiertas para la caza existe una gran diversidad de rapaces:

- Cernícalos (*Falco tinnunculus*).

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Ratóneros (*Buteo buteo*).
- Milanos (*Milvus milvus*).

Los grandes mamíferos están localizados en los lugares donde la vegetación es de mayor envergadura, como los bosques o zonas de repoblación. En estas zonas podemos encontrar:

- Zorro común (*Vulpes vulpes*).
- Jabalí (*Sus scrofa*).
- Liebre (*Lepus castroviejoi*).

2.2) Valoración ambiental

A continuación se evalúa la calidad del medio natural en el que se va a desarrollar el proyecto, considerando la vegetación y fauna presente en la misma.

2.2.1) Vegetación

Para valorar la vegetación se realiza la siguiente clasificación del entorno.

- 1) *Especies protegidas*: presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- 2) *Especies singulares*: especies que presentan peculiaridades o características que les confieren un grado de diferenciación y singularidad que es necesario conservar.
- 3) *Vegetación natural*: presencia de formaciones vegetales desarrolladas ecológicamente, presentando un alto grado de madurez y diversidad.
- 4) *Pastos y cultivos*: presencia de especies vegetales características de estos sistemas, sometidas a la explotación humana y en general con una rotación temporal y espacial a lo largo del año.
- 5) *Ruderales*: especies presente en bordes de caminos, escombreras y zonas degradadas. No exigentes ecológicamente y con una facilidad para colonizar distintos nichos ecológicos.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TIPOS DE VEGETACIÓN	
Especies protegidas	Ausentes
Especies singulares	Presentes
Vegetación natural	Presentes
Pastos y cultivos	Presentes
Ruderales	Presentes

La superficie por la que discurre la línea tiene por tanto un grado de conservación medio-alto.

2.2.2) Fauna

De igual modo se evalúa el entorno en base a la fauna que alberga y según la siguiente clasificación.

- 1) *Especies protegidas*: presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- 2) *Especies singulares o características de un hábitat*: presencia de especies faunísticas que componen una estructura trófica y ecológica característica de un ecosistema o nicho ecológico maduro.
- 3) *Especies generalistas no representativas de un hábitat*: presencia de especies faunísticas que se encuentran repartidas en distintos nichos ecológicos a los que se adapta con facilidad, con una distribución más o menos extensa.
- 4) *Especies de interés económico*: especies introducidas por el hombre que ven favorecida su supervivencia por intervenciones directas sobre ellas o el hábitat. En general presentan un valor económico o estético.

FAUNA	
Especies protegidas	Ausentes
Especies singulares	Presentes
Especies generalistas	Presentes
Especies de interés económico	Presentes

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

En base al análisis anterior se concluye que la calidad de la fauna de la zona del proyecto es media.

2.2.3) Paisaje

Para evaluar la calidad del paisaje presente en la zona de estudio se analiza en función de los siguientes criterios:

- 1) *Naturalidad*: grado de transformación y alteración paisajística generado por la acción del hombre.
- 2) *Singularidad*: presencia de elementos tanto bióticos como abióticos, que confieren al paisaje una característica peculiar que lo revaloriza.
- 3) *Fragilidad*: capacidad de un paisaje para absorber la alteración generada por el proyecto, que depende principalmente de la estructura, topología y grado de alteración del paisaje de partida.

PAISAJE	
Naturalidad	Grado de alteración medio
Singularidad	No existen elementos singulares
Fragilidad	Capacidad de absorción media

Se concluye que la calidad del paisaje es media, sin afección a medios singulares y con capacidad para asumir las modificaciones ocasionadas por la ejecución del proyecto.

3. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

3.1) Actividades implicadas en el desarrollo y puesta en servicio del proyecto

A continuación se analizan todos los efectos que pueden provocar perturbaciones ambientales, tanto durante la fase de construcción del proyecto como durante las fases de explotación del mismo.

3.1.1) Fase de construcción

En la fase de construcción es posible diferenciar las siguientes actividades:

- *Construcción de pistas y accesos*

Para la realización del presente proyecto no es

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Desbroce y despeje de la base del apoyo

Esta tarea consiste en la eliminación mediante podas o métodos similares de la vegetación arbustiva que ocupe el lugar a ocupar por la base de los distintos apoyos que componen la línea. Analizando la flora del entorno en el que se emplazarán los apoyos constituyentes de la línea aérea se determina una escasa necesidad de desbroce y despeje, salvo en apoyos concretos.

- Excavación de la base

Es la completa eliminación de la cubierta vegetal de la futura base del apoyo y la excavación del lugar en el que irá cimentado. Esto genera escombros de piedras y tierra que deben ser depositados en vertederos controlados. Realizado un análisis de las características del terreno se determina una leve generación de escombros.

- Acopio de materiales

Transporte de componentes y materiales necesarios para la construcción de la línea hasta los lugares en los que se ubicarán los apoyos. Como se sindicó anteriormente los apoyos se localizan en puntos de fácil acceso que no requieren modificaciones.

- Hormigonado

Para realizar el hormigonado de los distintos apoyos se emplearán camiones cuba, minimizando con ello las posibles fugas. En el caso de producirse algún vertido no deseado de hormigón se procederá a retirarlo a un vertedero controlado.

- Armado e izado de los apoyos

Se procederá al izado de los apoyos y sus correspondientes armados mediante grúas o plumas en los puntos donde se encuentren sus bases previamente hormigonadas. El impacto ambiental que este proceso conlleva es muy reducido.

- Franja de seguridad

Consiste en una limpieza mediante podas y talas de vegetación arbórea y arbustiva a lo largo de la línea aérea para garantizar unas distancias de seguridad mínimas exigidas en el R.L.A.T. En el trazado de la línea del presente proyecto se ha tratado de evitar en lo posible el transcurso a través de las masas arbóreas presentes en la zona, garantizando de este modo minimizar un proceso que genera un importante impacto ambiental.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- *Tendido de la línea*

Consiste en la instalación y tendido del cable conductor. Esta fase se realiza con la maquinaria y mecanismos adecuados como cabrestantes, tambores de freno y el uso de un cable de acero que sirve de guía. Estos trabajos no afectarán significativamente a la vegetación de la zona ni provocan grandes impactos ambientales.

- *Ruidos*

Algunos de los procesos anteriormente señalados requieren del uso de maquinaria, compresores, martillos neumáticos, etc., que implican una inevitable generación de ruido. No obstante, estos trabajos se efectúan de manera puntual y con una generación de ruido que no altera significativamente los valores acústicos del entorno.

3.1.2) Fase de explotación

A continuación se describen las diversas implicaciones sobre el medioambiente que la línea eléctrica constituye durante su uso, una vez se ha terminado la fase de construcción.

- *Intrusión en el paisaje*

La presencia de la línea eléctrica en el paisaje genera una inevitable distorsión en el mismo. No obstante, para el diseño de la misma se han contemplado los diversos emplazamientos posibles y seleccionado aquel que logra minimizar este efecto.

- *Ruidos*

El ruido que genera el transporte de corriente eléctrica para este tipo de líneas es de muy baja intensidad y se produce de manera puntual, no contribuyendo a un aumento significativo de los valores acústicos del entorno.

- *Riesgo de incendio*

La línea eléctrica dispone de un sistema de puesta a tierra diseñado para minimizar el riesgo de incendios que pueda provocar una descarga eléctrica.

- *Colisiones y electrocución de aves*

La electrocución y la colisión en las estructuras de conducción eléctrica de la avifauna es una de las principales causas de mortalidad no natural. Por tanto, para el diseño de la línea eléctrica se consideran las medidas de seguridad impuestas por el reglamento en lo referente a este aspecto.

3.2) Valoración de impactos

3.2.1) Método de valoración

Con objeto de valorar las acciones del proyecto sobre la calidad ambiental de la zona en la que se va a desarrollar se empleará una matriz de impactos que nos permitirá indicar de manera cualitativa dichas acciones.

La valoración de los impactos se establece según la siguiente clasificación:

- *Signo*: El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
- *NULO (...)*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones no es relevante o su afección es inapreciable en el medio ambiente.
- *Impacto NO SIGNIFICATIVO*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es bajo no alterando de manera significativa en el medio ambiente.
- *Impacto COMAPTIBLE*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones es compatible, es decir, sus acciones no alteran de manera significativa en el medio ambiente, son asumibles por este.
- *Impacto MODERADO*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones producen una alteración moderada sobre el medio ambiente.
- *Impacto SEVERO*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del ambiente por el conjunto de las acciones genera una alteración importante sobre el medio ambiente.
- *Impacto CRÍTICO*: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes del ambiente o el impacto sobre uno de los componentes del

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

ambiente por el conjunto de las acciones es irrecuperable, alterando gravemente el medio ambiente.

Los impactos Severos y Críticos son susceptibles de reducir su intensidad mediante la aplicación de medidas correctoras que disminuyan o neutralicen la magnitud del impacto causado sobre los distintos factores ambientales.

3.2.2) Medida de los impactos ambientales

En la siguiente tabla, se resumen los distintos efectos generados por el Proyecto tanto en la fase de construcción como de explotación.

	FASE DE CONSTRUCCIÓN	FASE DE FUNCIONAMEINTO
GEOLOGÍA/GEOMORFOLOGÍA	C	...
EDAFOLOGÍA	C	NS
HIDROLOGÍA	C	NS
AIRE	NS-C	-
VEGETACIÓN	M	C
FAUNA	C	M
POBLACIÓN	+ / C	+ / C
SECTORES ECONÓMICOS	+ / C	+ / C
PATRIMONIO HISOTIRCO	-	-
ESPACIOS NATURALES	NS	...
SISTEMA TERRITORIAL	NS	...
INFRAESTRUCTURAS	C	...
PAISAJE	C	C

+/- Impacto Positivo/Negativo

... Impacto NULO

NS Impacto NO SIGNIFICATIVO

C Impacto COMPATIBLE

M Impacto MODERADO

S Impacto SEVERO

CR Impacto CRÍTICO

- No se considera el impacto

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4. MEDIDAS PORTECTORAS Y CORRECTORAS

A continuación se indican las medidas protectoras y correctoras definidas en el Estudio de Impacto Ambiental, con objeto de evitar y/o reducir los impactos ambientales derivados de la construcción y funcionamiento del Proyecto

4.1) Medidas protectoras

La mayor parte de los impactos se generan en la etapa de construcción o son debidos al diseño del trazado y de los elementos que componen la línea; por ello, la adopción de medidas protectoras con antelación al inicio de los trabajos es esencial para evitar que se provoquen la mayor parte de los efectos negativos.

La principal medida protectora considerada en el presente Estudio ha sido la relativa a la selección de un trazado que, siendo viable desde el punto de vista técnico y económico, lleve asociados los impactos de menor magnitud desde el punto de vista medioambiental.

A continuación se describen las principales medidas a adoptar durante la construcción de la línea, diferenciadas en función de los elementos del medio a los que aplican. No obstante, se considera imprescindible informar a los operarios, a pie de obra, de la necesidad de cumplir con los requisitos establecidos para el correcto desarrollo de las diferentes actividades.

4.1.1) Suelo

Durante la fase de instalación de la línea, se considera necesario tener en cuenta ciertos aspectos, entre los que se pueden citar los siguientes:

- Aprovechamiento al máximo de la red de caminos existente, evitándose en lo posible la creación de nuevos accesos.
- Evitar los daños a caminos existentes.
- Minimización de las zonas de acopio de materiales de montaje de la infraestructura o procedentes de la excavación.
- La maquinaria que se vaya a utilizar durante la ejecución de las obras será revisada, con objeto de evitar pérdidas de cualquier fluido contaminante, lubricantes, combustibles, etc. Los cambios de aceite, reparaciones y lavados de maquinaria, se llevarán acabo si fuera necesario en zonas destinadas a ese fin, donde el suelo no se verá expuesto a contaminación.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Retirar de forma adecuada los restos y desperdicios que se vayan generando.
- Evitar en lo posible todas aquellas prácticas que puedan suponer riesgo de vertidos y realizarlas en su caso en zonas específicas donde no haya riesgo de contaminación del suelo

4.1.2) Agua

Se evitará en la zona cualquier tipo de vertido, tales como aceites, grasas, hormigón, etc., que pueda llevar consigo la contaminación de las aguas subterráneas. En todo caso, los cambios de aceites y reparaciones de la maquinaria se llevarán a cabo en zonas establecidas para tal fin.

4.1.3) Aire

Con el fin de atenuar el ruido producido durante el período de construcción se procederá a la utilización de maquinaria que no genere elevados niveles de ruido, evitando, en la medida de lo posible, el funcionamiento simultáneo de maquinaria pesada, así como las operaciones bruscas de aceleración y retención. Igualmente, el ruido generado por la maquinaria se minimizará con el mantenimiento periódico de los vehículos.

4.1.4) Vegetación

Se considerarán las siguientes medidas:

- Aprovechamiento al máximo de la red de caminos existente.
- Minimización de las zonas de acopio de materiales de montaje de la infraestructura o procedentes de la excavación.
- Se señalizarán adecuadamente las zonas de paso de la maquinaria y de trabajo de la misma.
- Se preservará, siempre que sea posible y que exista, la vegetación herbácea y arbustiva que quede debajo de la línea con la finalidad de mantener en superficie una cubierta vegetal.
- El montaje de los apoyos ubicados junto a encinas y robles se realizará mediante pluma y el tendido se realizará manualmente.
- Se evaluará la conveniencia de elevar los apoyos o desplazarlos ligeramente para salvar la vegetación que se encuentre en mejor estado.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- En aquellos casos en los que se prevea afección a arbolado autóctono, se procederá a la poda, siempre que sea posible, en lugar de la tala.
- En el paso por zonas arboladas, el mantenimiento de la distancia de seguridad se realizará mediante podas y/o talas selectivas, evitándose la apertura de calle de anchura constante.
- Las actuaciones sobre la vegetación autóctona quedarán sujetas a las especificaciones contenidas en la Norma Foral sobre Régimen específico de diversas especies forestales autóctonas.

4.1.5) Fauna

Las medidas tomadas para preservar la vegetación, afectan positivamente sobre la fauna.

4.1.6) Medio socioeconómico

Para minimizar la alteración de la vida de las personas así como del gasto en la obra, se realizarán las siguientes medidas:

- Se realizarán las obras en el menor tiempo posible, con el fin de paliar las molestias a la población.
- Se señalizará de forma adecuada la obra.
- En relación con la seguridad vial de las carreteras que dan acceso a los caminos que conducen hasta la zona de instalación del tendido, será necesario señalizar los cruces advirtiendo de la salida y entrada de vehículos pesados.

4.1.7) Patrimonio Histórico-Artísticos

- Se realizará un reconocimiento de la zona de forma previa al inicio de las obras por parte de un arqueólogo. En caso de detectarse algún resto no catalogado, se propondrán las medidas protectoras a adoptar.
- Si en el transcurso de la obras se produjera algún hallazgo que suponga un indicio de carácter arqueológico, se informará inmediatamente al Departamento pertinente y se seguirán aquellas medidas que dicho organismo indique.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4.1.8) Paisaje

Muchas de las medidas cautelares de proyecto y construcción señaladas anteriormente repercuten de forma positiva en las posibles alteraciones que se podrían causar sobre el paisaje.

4.2 Medidas correctoras

Una vez terminadas las labores de construcción, la aplicación de medidas correctoras tendrá por objeto reducir los impactos residuales.

Las medidas correctoras a considerar una vez finalizadas las obras son las siguientes:

- Eliminación adecuada de los materiales sobrantes en las obras y de cualquier vertido accidental, una vez hayan finalizado los trabajos de instalación de los apoyos y tendido de conductores, restituyendo la forma y aspectos originales del terreno.
- Restitución de los caminos y de todas las zonas que ha sido necesario cruzar y/o utilizar y que hayan resultado dañadas. Limpieza del material acumulado, préstamos o desperdicios, efectuando dicha limpieza de forma inmediata en el caso de que el material impida el paso de vehículos o peatones, o pueda suponer cualquier tipo de peligro para la población.
- Si accidentalmente se produce algún vertido directo de materiales grasos procedentes de la maquinaria, se procederá a recoger éstos de manera adecuada, junto con la parte afectada de terreno, para su posterior tratamiento o eliminación en centros apropiados.
- Con el fin de evitar la electrocución de las aves se colocarán elementos disuasorios de posada. Son dispositivos colocados sobre los apoyos, que impiden la posada del ave o facilitan esta en una ubicación segura.
- Para minimizar la colisión de las aves con la línea eléctrica, en zonas de especial riesgo, se procederá a la señalización con espirales y cintas “salvapájaros”.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

5. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El plan de vigilancia ambiental representa un programa de seguimiento de los impactos residuales y constituye un sistema de control de la aplicación de las medidas correctoras y una comprobación de su eficacia.

Un aspecto importante a seguir en el plan de vigilancia es la evolución de la vegetación en los lugares que hayan sido repoblados, bien para proteger zonas inestables (taludes de los caminos de acceso, márgenes erosionables) o bien para camuflar las estructuras de la obra que pueden producir alteraciones paisajísticas desde los puntos de posible observación.

La frecuencia temporal de las labores que definen el plan de vigilancia se establece en función de las condiciones particulares.

En cualquier caso, es conveniente que el plan de vigilancia comience a actuar desde la elaboración del proyecto, incidiendo en aquellos aspectos que deben respetar ciertas normas vigentes en el territorio nacional o en las distintas Comunidades Autónomas.

Durante la fase de construcción de la línea eléctrica y hasta la finalización de la misma, el plan de vigilancia debe seguir y controlar la integración en las obras de las medidas correctoras que se adoptan en este estudio.

Al entrar en funcionamiento la instalación empieza a actuar un programa de seguimiento de la eficacia de las medidas correctoras adoptadas y de los impactos residuales.

Para dicho programa se establece un calendario adecuado, en el que se especifique la frecuencia de los muestreos, análisis y otras labores que son necesarias.

Las medidas de revegetación deben vigilarse hasta que se haya logrado el establecimiento de las plantas y se hayan cumplido los objetivos que determinaron la adopción de dichas medidas (estabilización de taludes y márgenes).

A continuación se especifican las medidas a adoptar en cada una de las dos grandes fases del presente proyecto:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

5.1) Fase de construcción

Durante esta fase se realizará un control permanente de la obra, de manera que se garantice que ésta se ejecuta de acuerdo con lo indicado en el apartado de medidas protectoras. En concreto, se vigilarán los siguientes aspectos:

- Se comprobará la señalización de los tajos de obra y las zonas de movimiento de la maquinaria.
- Supervisión del trazado de la línea: Se controlará a pie de obra que el trazado de la línea sobre el terreno discurre según lo establecido.
- Una vez finalizadas las obras se efectuará una revisión completa de la línea controlando la correcta limpieza de los restos de obra en los distintos tajos. Se señalarán posibles vertidos incontrolados de residuos sólidos y/o líquidos, o compactación y deterioro de suelos en zonas inicialmente no previstas, informando a los responsables de la instalación para que procedan a la retirada inmediata de estos vertidos (en el caso de que se hayan producido) y la restauración de los suelos compactados.

5.2) Fase de funcionamiento

En esta fase se efectuarán revisiones periódicas que verifiquen el buen estado del lugar, comprobando que no hayan aparecido nuevos impactos.

Una vez que la línea entre en servicio, en las revisiones que se efectúen, además de verificar el buen estado y funcionamiento de la línea, se controlará si en algún momento fuera necesario adoptar algún tipo de medida correctora.

Para poder llevar un control y seguimiento del presente Programa de Vigilancia se realizará un informe final de seguimiento de las obras y otro al año de funcionamiento de la instalación.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Santander, a Septiembre 2015

Fdo: Luis Madinabeitia García-Capelo

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

PLANOS

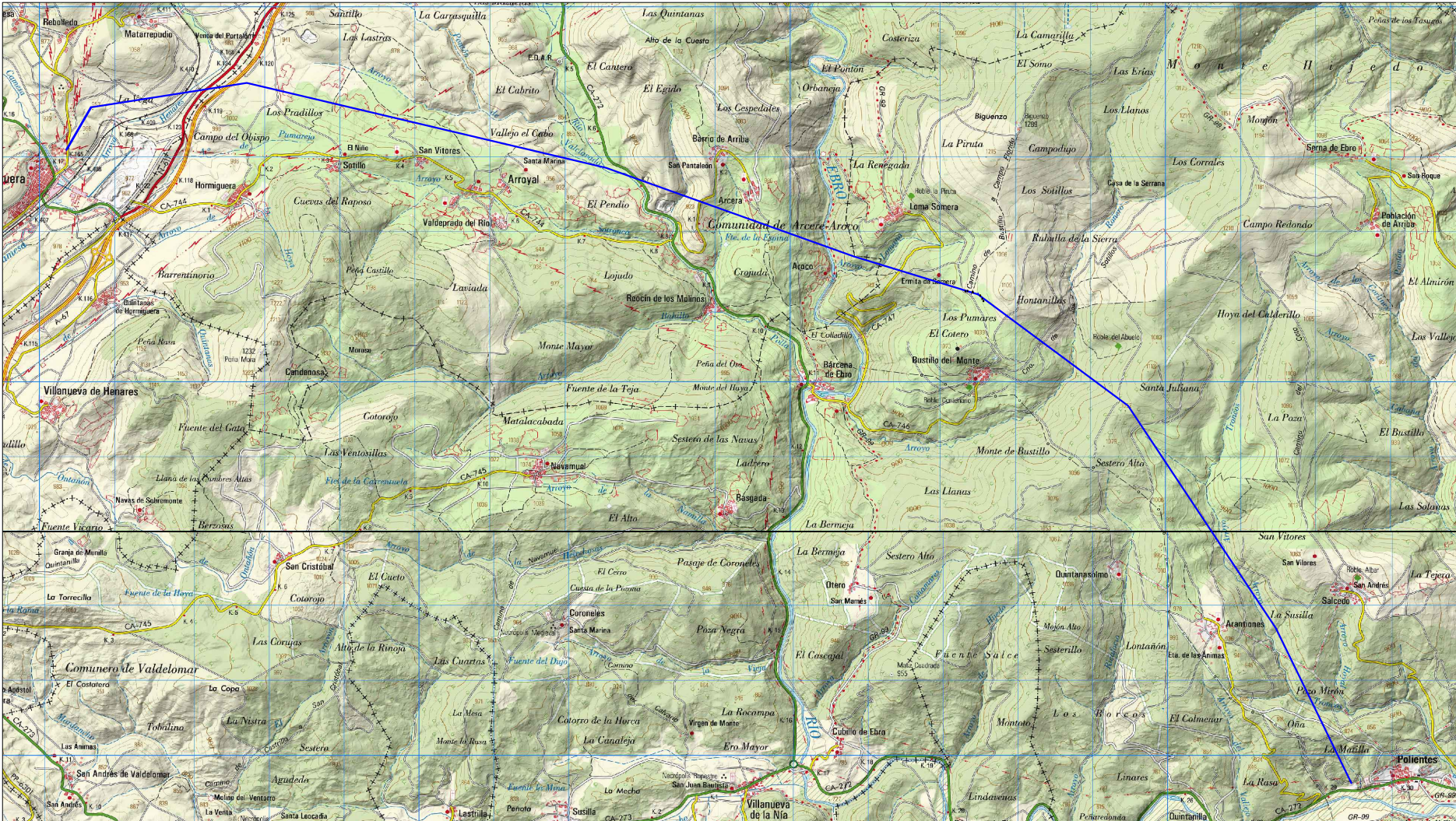
E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

DOCUMENTO Nº2: PLANOS

Índice

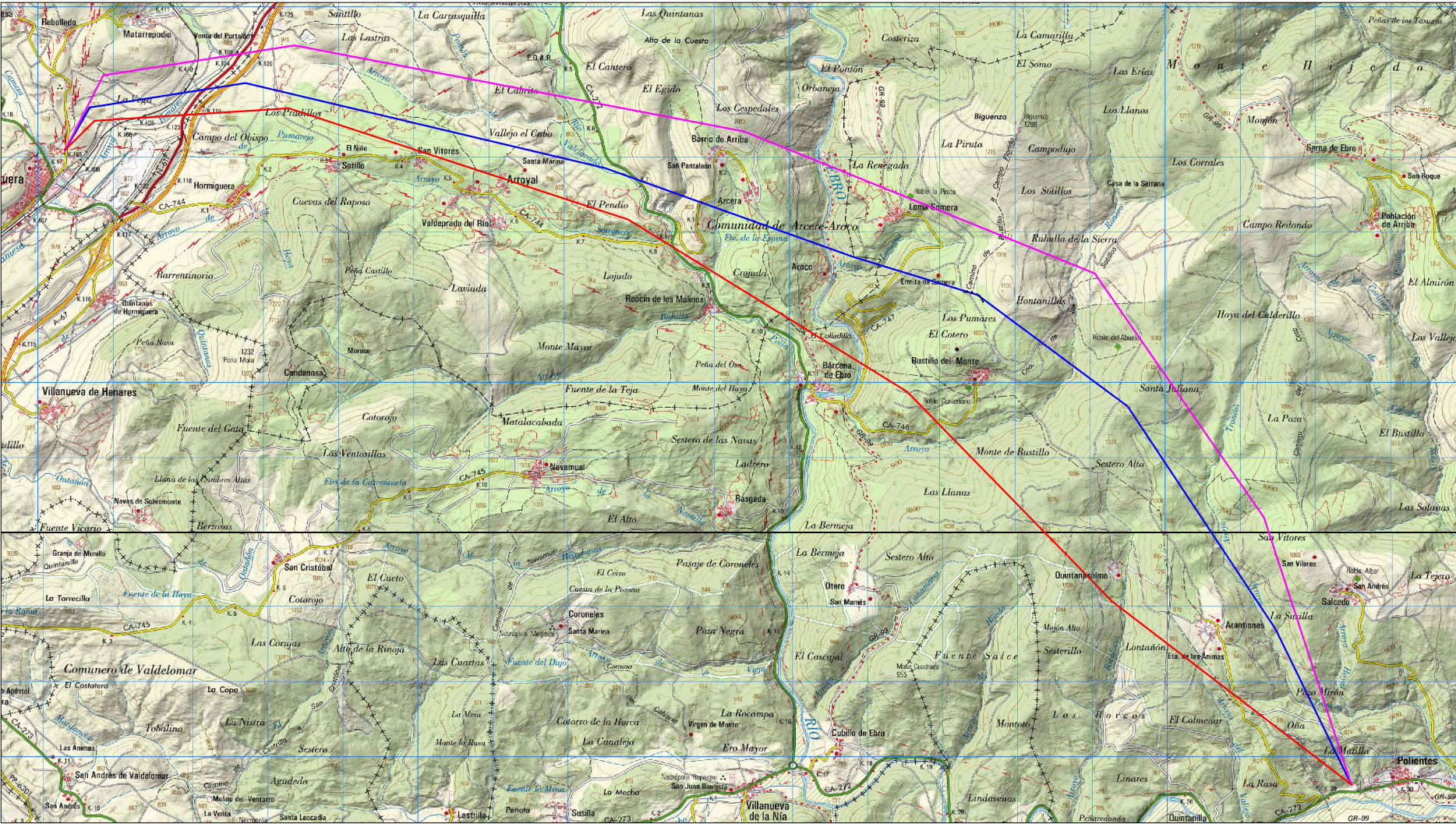
- 1- PLANO DE SITUACIÓN
- 2- PLANO DE EMPLAZAMIENTO
- 3- TRAZADOS ALTERNATIVOS
- 4- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 1
- 5- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 2
- 6- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 3
- 7- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 4
- 8- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 5
- 9- PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA 6
- 10- PLANO CADENA DE AMARRE
- 11- PLANO CADENA DE SUSPENSIÓN
- 12- PLANO AISLADOR
- 13- PLANO GRAPA DE AMARRE
- 14- PLANO GRAPA DE SUSPENSIÓN
- 15- PLANO HORQUILLA DE BOLA
- 16- PLANO ALOJAMIENTO DE RÓTULA
- 17- PLANO SECCIONADOR
- 18- PLANO DÍGITO NUMERACIÓN DE APOYO

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: EMPLAZAMIENTO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA 1: 60.000	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 2



PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

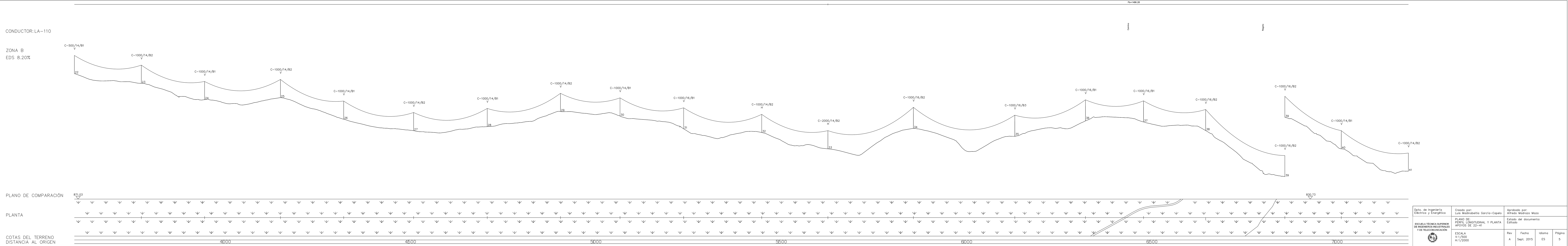
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: TRAZADOS ALTERNATIVOS	Estado del documento: Editado			
	ESCALA 1: 60.000	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 3

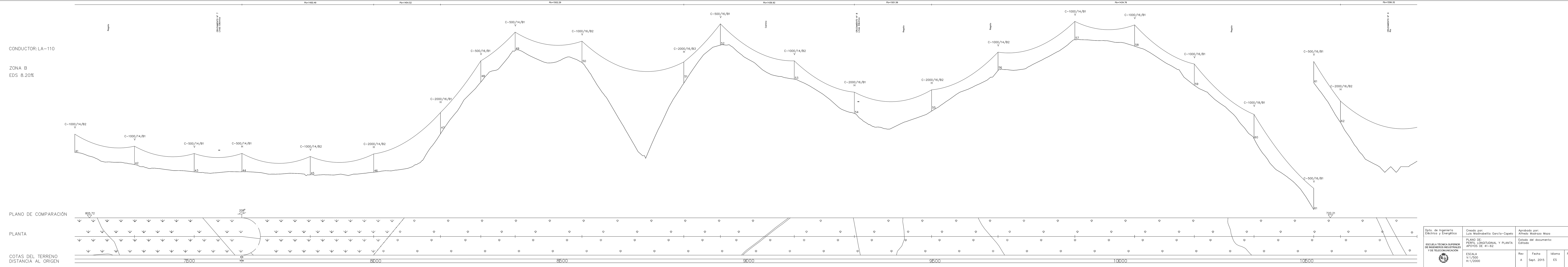


PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza
ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS DE 22-41	Estado del documento: Editado
ESCALA V:1/500 H:1/2000	Rev A	Fecha Sept. 2015
	Idioma ES	Página 5



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrozo Moza			
	PLANO DE: PERTIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS DE 41-62	Estado del documento: Editado			
	ESCALA V: 1/500 H: 1/2000	Rev A	Fecha Sept. 2015	Idioma ES	Página 6

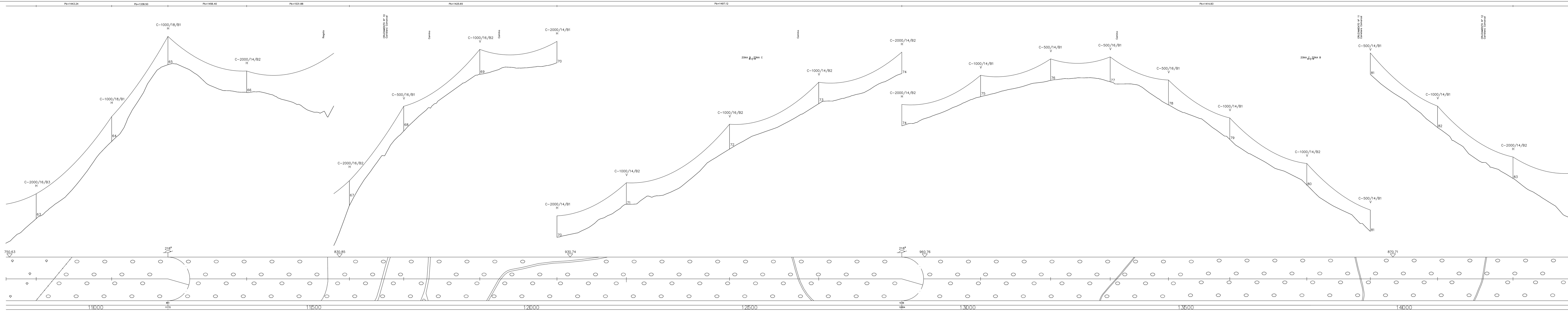
CONDUCTOR: LA-110

ZONA B y C
EDS 8.20%

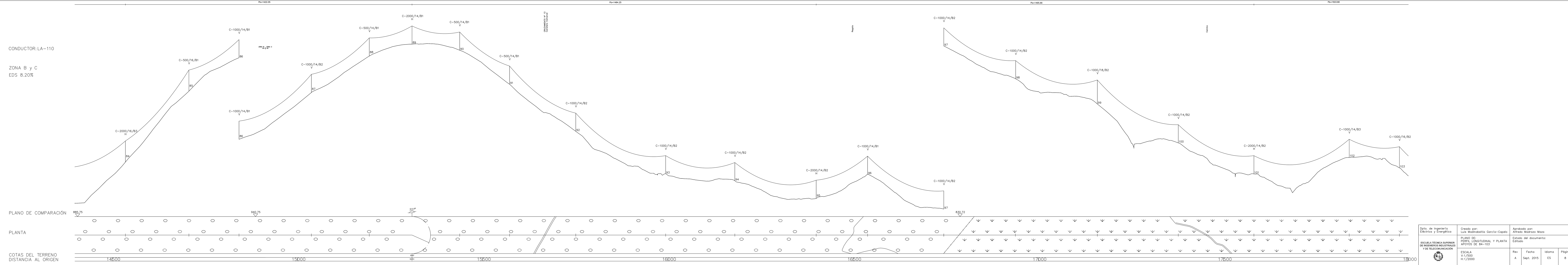
PLANO DE COMPARACIÓN

PLANTA

COTAS DEL TERRENO
DISTANCIA AL ORIGEN



Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Moza			
	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS DE 63-83	Estado del documento: Editado			
	ESCALA V:1/500 H:1/2000	Rev A	Fecha Sept. 2015	Idioma ES	Página 7



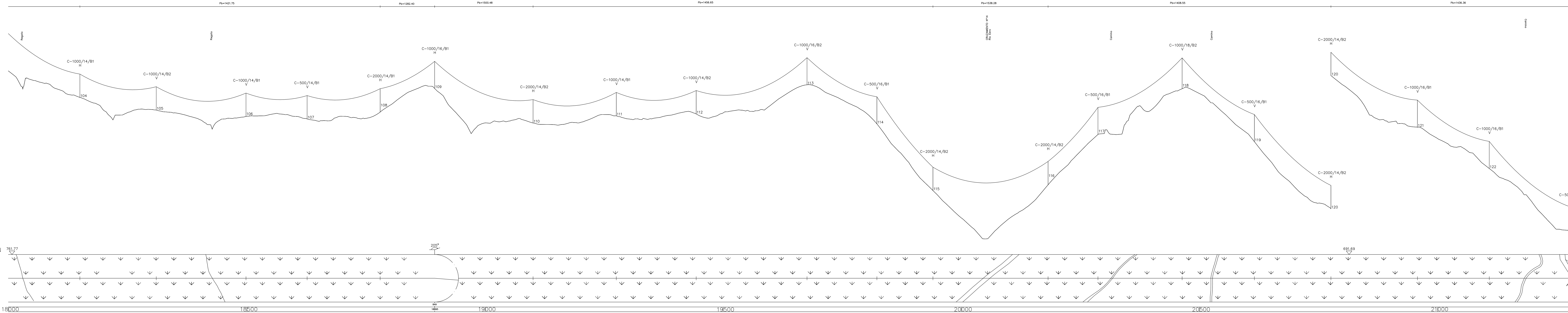
Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS DE 84-103	Estado del documento: Editado			
	ESCALA V:1/500 H:1/2000	Rev A	Fecha Sept. 2015	Idioma ES	Página 8

PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK

CONDUCTOR: LA-110
ZONA B
EDS 8.20%

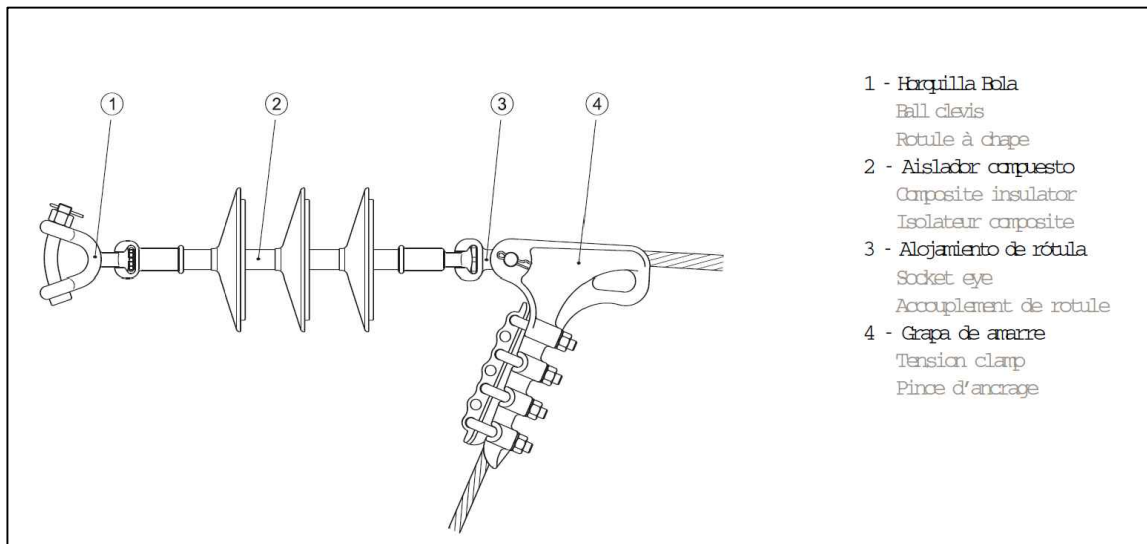
PLANO DE COMPARACIÓN
PLANTA

COTAS DEL TERRENO
DISTANCIA AL ORIGEN

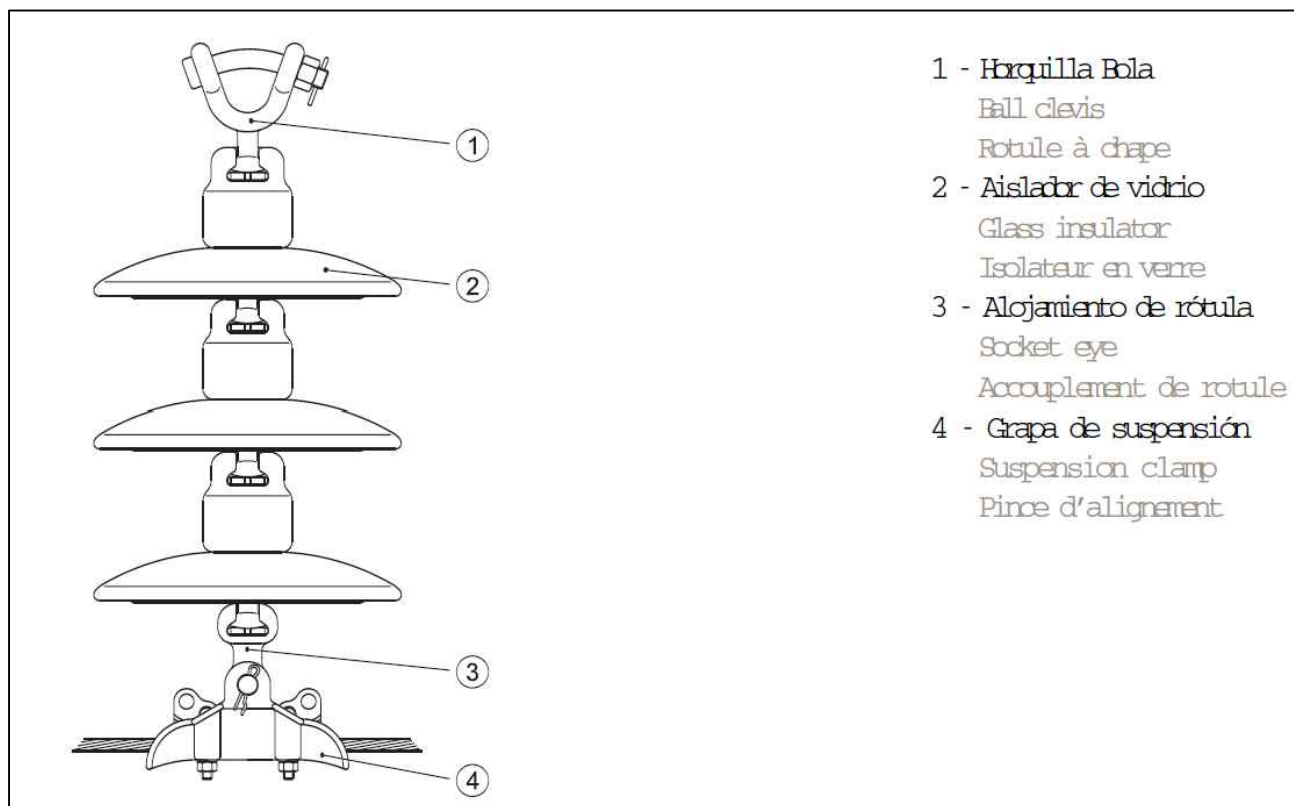


Dpto. de Ingeniería Eléctrica y Energética ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
	PLANO DE: PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA APOYOS DE	Estado del documento: Editado			
	ESCALA V: 1/500 H: 1/2000	Rev A	Fecha Sept. 2015	Idioma ES	Página 9

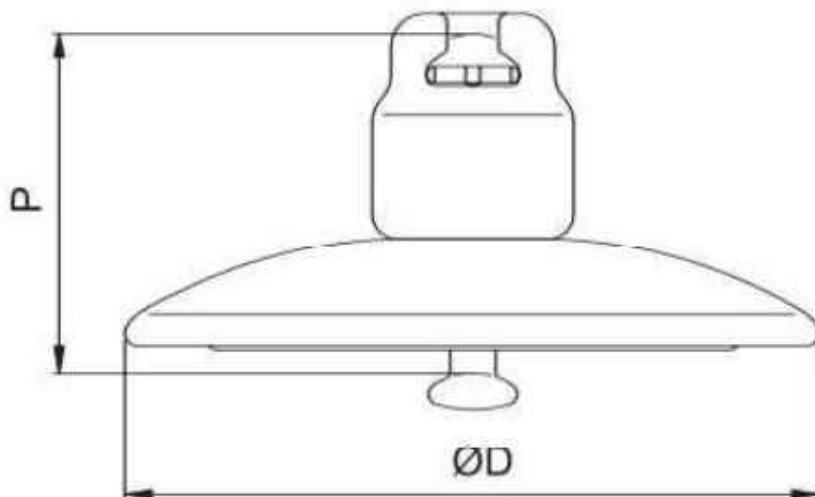
PRODUCIDO POR UN PRODUCTO EDUCATIVO DE AUTODESK



Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: CADENA AMARRE CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 10



Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: CADENA SUSPENSIÓN CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 11



Tipo	Dimensiones mm		Línea de fuga mm	Norma de acoplamiento CEI 60 120	Carga rotura kN	Peso Kg
	P	D				
U 70 BS	127	255	295	16	70	3.5

Dpto de Ingeniería
Eléctrica y Energética

Creado por:
Luis Madinabeitia García-Capelo

Aprobado por:
Alfredo Madraza Maza

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS INDUSTRIALES
Y DE TELECOMUNICACIÓN



PLANO DE:
AILSADOR

Estado del documento:
Editado

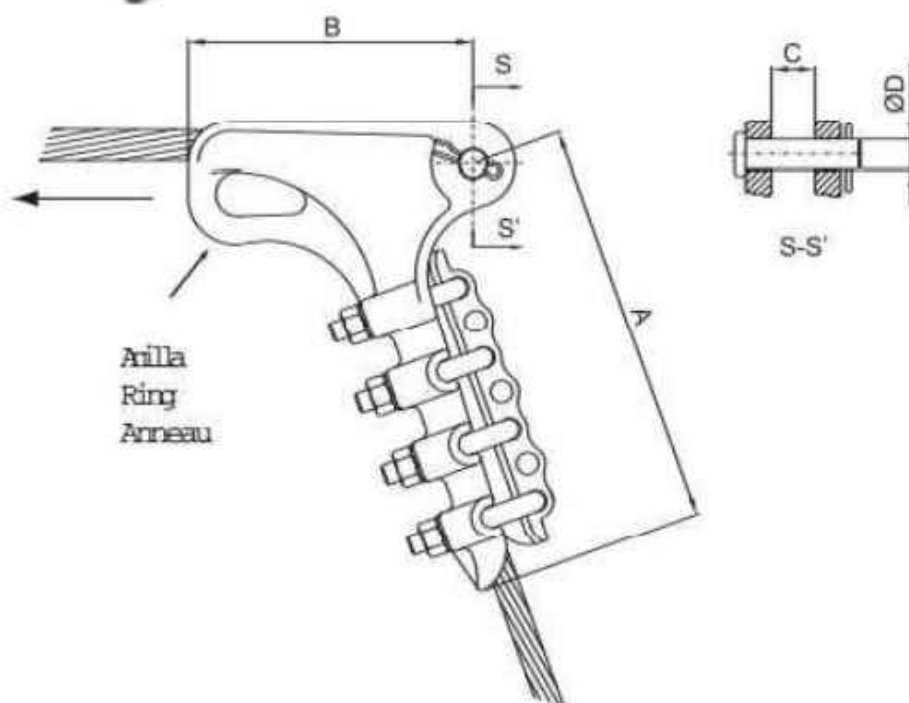
ESCALA
S/E

Rev
A

Fecha
Sept 2015

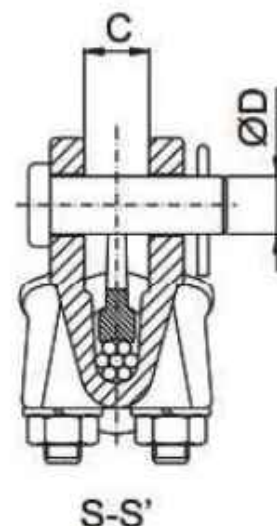
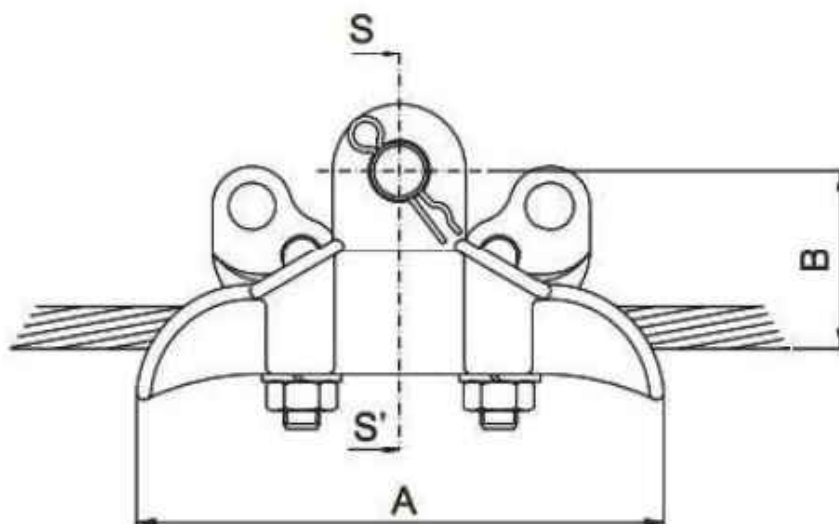
Idioma
ES

Página
12



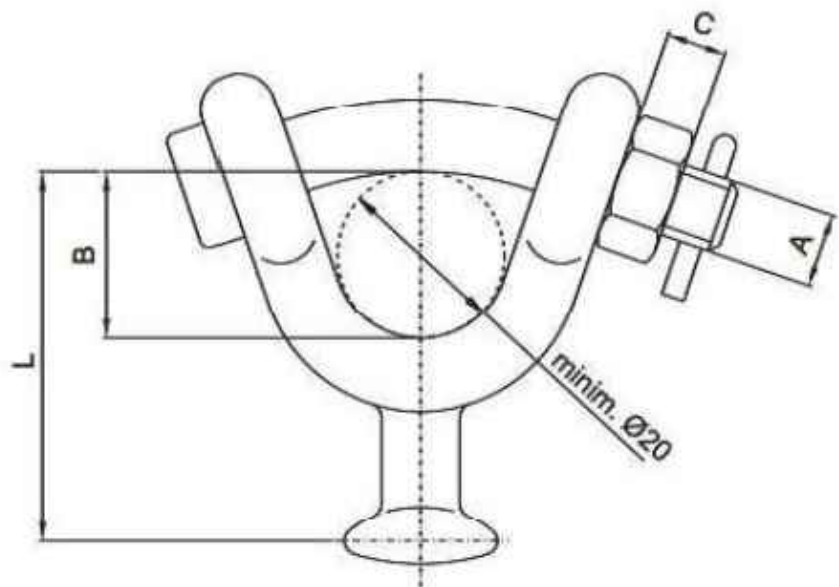
Tipo	Dimensiones mm				Nº Abarcones	Par de apriete daN.m	Ø Conductor mm		Carga rotura UTS kN	Carga de rotura de la anilla kN	Peso kg
	A	B	C	D			Min.	Max.			
GA 3	240	170	22	16	4xM12	4.5	16	20	80	31	1.80

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: GRAPA DE AMARRE CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 13



Tipo	Dimensiones mm				Nº Abarcones	Par de apriete daN.m	Ø Conductor mm		Carga rotura UTS kN	Peso kg
	A	B	C	D			Min.	Max.		
GS 3	210	71.5	27	16	2xM12	4	17	23	70	1.18

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: GRAPA SUSPENSIÓN CONDUCTOR	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 14



Tipo	Dimensiones mm				Norma de acoplamiento CEI 60120	Carga de rotura UTS kN	Peso kg
	A	B	C	L			
HB 16	M16	40	15	82	16	100	0.750

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: HORQUILLA DE BOLA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 15

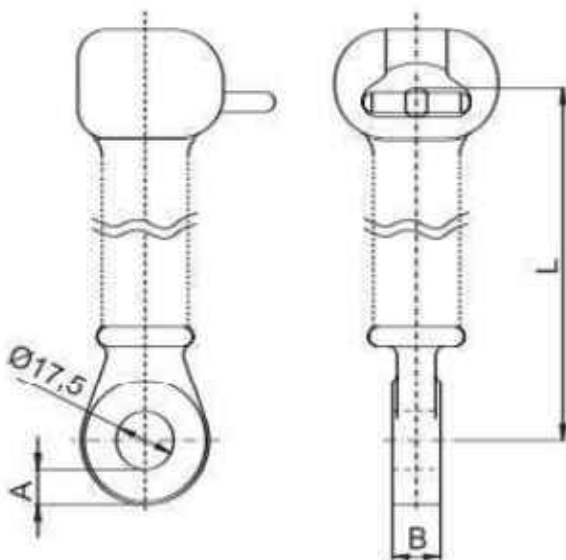


Fig. 5

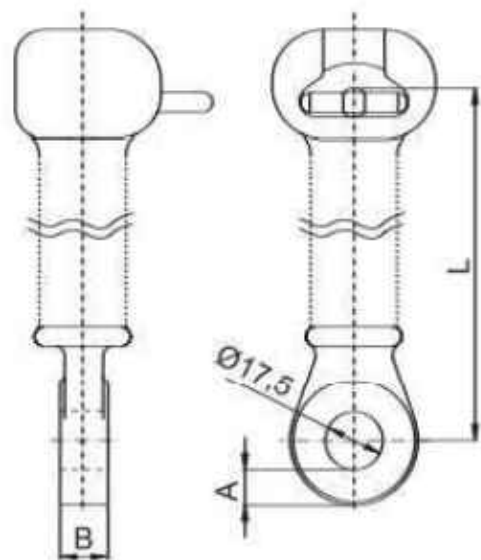
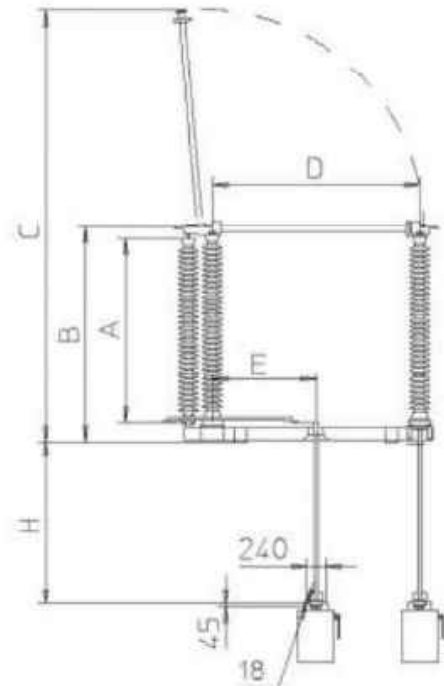
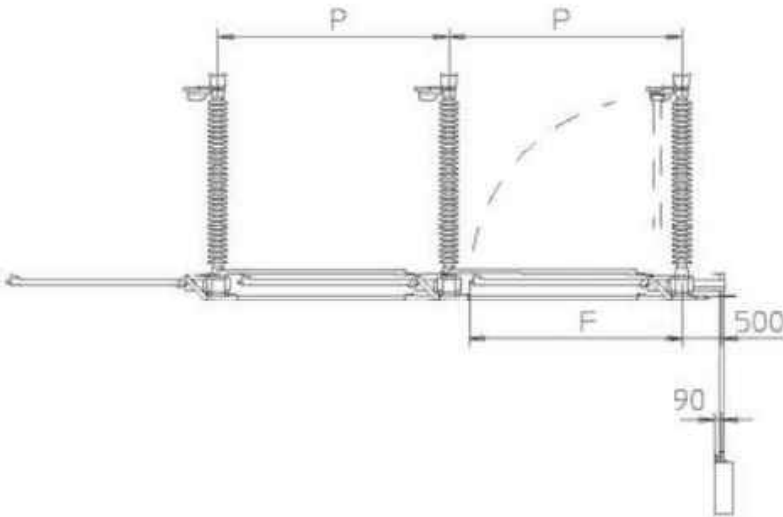
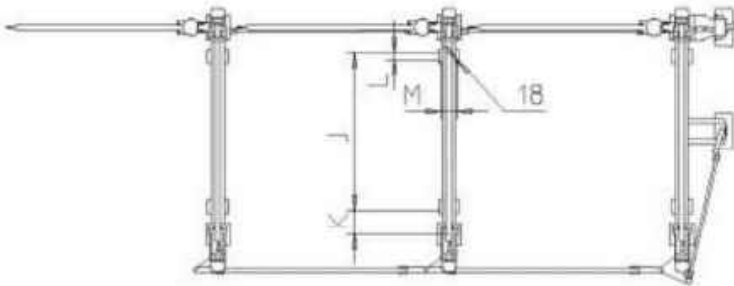


Fig. 6

Tipo	Dimensiones mm			Norma de acoplamiento CEI 60 120	Carga de rotura UTS kN	Peso aprox. kg	Fig.
	A	B	L				
R16	11	15	50.5	16 A	110	0.510	6
R16P	11	15	110.5	16 A	110	0.640	5

Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: ALOJAMIENTO DE RÓTULA	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 16



Dpto de Ingeniería
Eléctrica y Energética

Creado por:
Luis Madinabeitia García-Capelo

Aprobado por:
Alfredo Madrazo Maza

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS INDUSTRIALES
Y DE TELECOMUNICACIÓN



PLANO DE:
SECCIONADOR

Estado del documento:
Editado

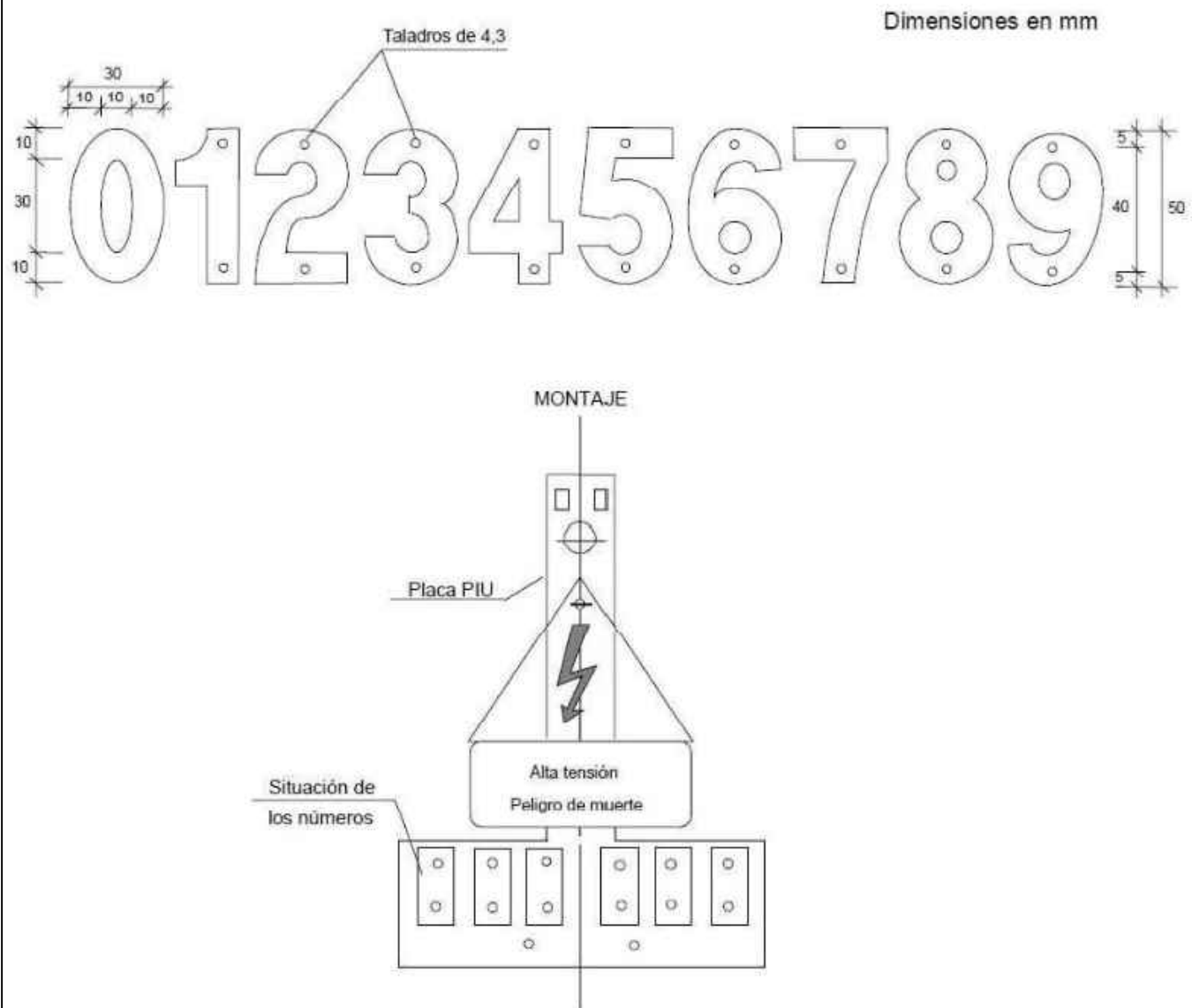
ESCALA
S/E

Rev
A

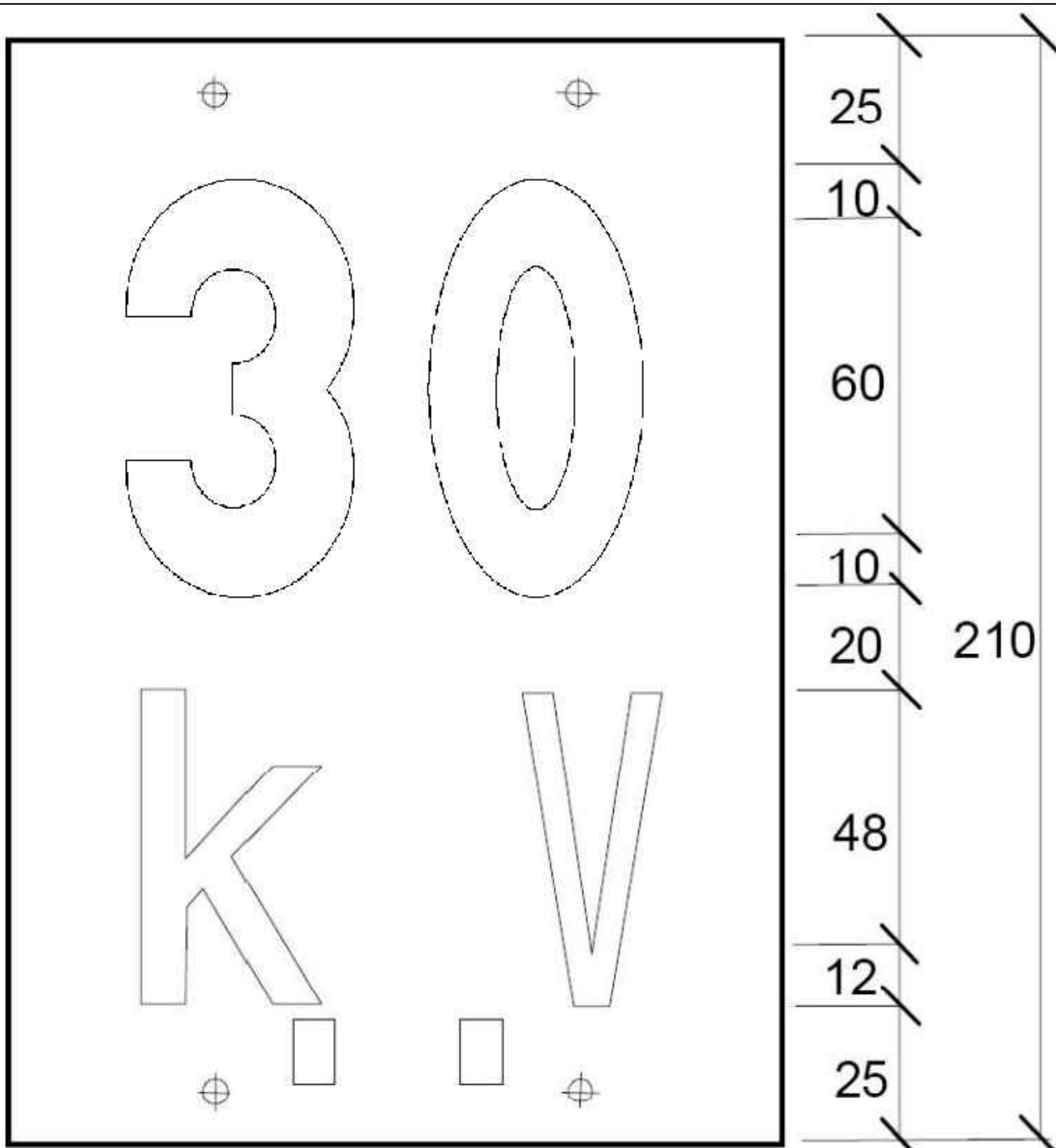
Fecha
Sept 2015

Idioma
ES

Página
17



Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: DÍGITOS NUMERACIÓN DE APOYO	Estado del documento: Editado			
	ESCALA S/E	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 18



Dpto de Ingeniería Eléctrica y Energética	Creado por: Luis Madinabeitia García-Capelo	Aprobado por: Alfredo Madrazo Maza			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN 	PLANO DE: PLACA TEN-30	Estado del documento: Editado			
	ESCALA 1: 60.000	Rev A	Fecha Sept 2015	Idioma ES	Página 19

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Santander, a Septiembre de 2015

Fdo. Luis Madinabeitia García-Capelo

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

PLIEGO DE CONDICIONES

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

	Página
1. CONDICIONES GENERALES.....	1
1.1) Objeto del presente documento.....	1
1.2) Normativa aplicable.	1
1.3) Obras a Realizar.....	2
1.4) Materiales.	3
1.5) Reconocimiento y Ensayos.....	4
1.6) Personal.....	4
1.7) Ejecución de Obras.....	4
1.8) Obras Accesorias.	5
1.9) Interpretación y desarrollo del Proyecto.	5
1.10) Responsabilidades.....	5
1.11) Amplitud de la Contrata.	6
1.12) Conservación de las Obras.	7
2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS	7
2.1) Adjudicación de Obras.	7
2.2) Ejecución de las obras.	7
2.3) Prorrogas.	9
2.4) Responsabilidades.....	9
2.5) Rescisión del Contrato.....	9
2.6) Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato.	10
2.7) Liquidación	10
3. CONDICIONES ECONÓMICAS	11
3.1) Abono de la Obra.	11
3.2) Precios.	11
3.3) Revisión de Precios.....	11
3.4) Penalizaciones	11
3.5) Modificaciones del Proyecto	12
3.6) Plazo de Garantía	12

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3.7) Fianza y Sanciones.....	12
3.8) Contrato.	13
4. CONDICIONES FACULTATIVAS.....	13
4.1) Materiales a Utilizar.	13
4.2) Ejecución de Obras.....	14
4.3) Apoyos.....	14
4.4) Conductores y Aisladores.....	15
4.5) Tomas de Tierra y Aparamenta.....	16
4.6) Obra de Fábrica.	16
4.7) Normas de Ejecución.....	16
4.8) Verificaciones y Recepción.....	16
5. CONDICIONES TÉCNICAS.....	17
5.1) Materiales.	17
5.1.1) Materiales de Acopio Anticipado	17
5.1.2) Materiales de Acopio en el Momento de la Construcción.....	19
5.1.3) Recepción de los Materiales.....	20
5.1.4) Transporte y Almacenamiento.	20
5.1.5) Tolerancias de Pérdidas.....	20
5.2) Replanteo de los Apoyos.....	21
5.3) Excavaciones	21
5.4) Cimentaciones.....	22
5.4.1) Características de los Componentes y Ejecución de los Hormigones.	22
5.4.2) Instrucciones para la Ejecución de las Cimentaciones.	24
5.5) Armado e Izado de los Apoyos.....	25
5.6) Tomas de Tierra.....	26
5.7) Tendido, Tensado y Regulado de Conductores.....	27
5.7.1) Colocación de los Aisladores.	27
5.7.2) Tendido de los Conductores.....	27
5.7.3) Tensado y Regulado de los Conductores.....	28
5.7.4) Engrapado y Accesorios.....	29

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. CONDICIONES GENERALES

1.1) Objeto del presente documento.

El presente Pliego de Condiciones del Proyecto tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con lo arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, a sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto Técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento de contrato de obra.

1.2) Normativa aplicable.

Durante la ejecución del presente proyecto se aplicarán en su totalidad las pertinentes normas legales vigentes en la fecha de aprobación y que se encuentran recogidas en Disposiciones y Reglamentos, así como las Recomendaciones de UNESA. En todo caso no tendrá el contratista indemnización alguna cuando la modificación que se introduzca obedezca al hecho de tener que cumplir lo indicado en cualquier disposición legal vigente en la fecha de redacción de este proyecto, aun cuando en este no haya sido tenido en cuenta.

Entre las disposiciones a considerar se encuentran las siguientes

- Reglamento General de Contratación.
- Pliego de Condiciones Generales para la adjudicación
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas.
- Artículo del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía.
- Reglamento de Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

El contratista se encuentra obligado a mantener el debido contacto con el Ingeniero para tratar asuntos referentes a las dificultades que puedan surgir durante la ejecución de las obras, evitando, en todo lo posible, criterios dispares y complicaciones posteriores.

El Ingeniero Encargado se encontrará capacitado para detener la obra si observara el incumplimiento de la normativa vigente y procederá en consecuencia si estas faltas no quedaran inmediatamente subsanadas.

Las órdenes, consultas y cualquier tipo de comunicaciones que puedan influir en el proceso de ejecución de la obra deberán figurar por escrito.

Únicamente serán consideradas como mejoras y modificaciones del presente proyecto aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por la Dirección de las Obras.

La Dirección de Obra, conjuntamente, podrá introducir modificaciones originadas por nuevas necesidades o causas técnicas no detectadas anteriormente.

Todas estas modificaciones, así como las ampliaciones de obra motivadas por atención de nuevos abonados, serán obligatorias para los contratistas y según los mismos precios de la principal.

Las variaciones del proyecto que supongan inclusión de nuevas unidades de obra se valorarán conforme a los siguientes criterios, por orden de preferencia.

- Precio de unidades iguales reflejadas en el presupuesto del proyecto.
- Precios establecidos por suma de componentes de otros precios recogidos en el presupuesto o en el cuadro general de precios.
- Precios contradictorios fijados reglamentariamente.

1.3) Obras a Realizar.

El presente proyecto se basa en la instalación de una línea aérea de 30 kV para el transporte de 13,223.54 kW de potencia desde la subestación de Mataporquera, con una longitud de 21214 metros, hasta una subestación localizada en Polientes.

El emplazamiento de las obras e instalaciones se detallan en los Planos del Proyecto.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1.4) Materiales.

Todos los materiales empleados, aún los no relacionados con este pliego, deberán ser de primera calidad.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de la instalación, el Contratista presentará al Técnico encargado, los catálogos, cartas de muestra, certificados de garantía, etc., de los materiales que vayan a emplear en la obra. No se podrán emplear materiales sí que previamente hayan sido aceptados por la Dirección de Obra.

Este control previo no constituye recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la Dirección de Obra, aún después de colocados, si no cumpliesen con las condiciones exigidas en este Pliego, debiendo ser reemplazados por la Contrata, por otra que cumpla las cualidades exigidas.

Los materiales rechazados por la Dirección de Obra, si estuvieran acopiadas en la Obra o colocados, deberá retirarlos el Contratista inmediatamente y en su totalidad. De no cumplirse esta condición, la Dirección de Obra podrá mandarlos retirar por el medio que estime oportuno, por cuenta de la Contrata.

Todos los materiales y elementos a emplear, cuyas características y formas no estén en perfecto estado de conservación y de uso, o que estén deteriorados o averiados, se desecharán.

La contrata comprenderá la adquisición de todos los materiales, transportes, mano de obra, medios auxiliares, trabajos y elementos necesarios para la pronta ejecución de las obras y montaje de las instalaciones que son objeto del presente proyecto, hasta dejarlas completamente acabadas, en perfecto estado de funcionamiento, utilización y aspecto, con estricta sujeción al Proyecto y las órdenes dadas por el Director de Obra.

El Contratista deberá efectuar por su cuenta la adquisición de todos los materiales y elementos no exceptuados expresamente y su transporte, estén o no sujetos a restricción de cualquier clase, debiéndolos aportar con un ritmo tal que no interrumpa la continuidad ni la buena marcha de los trabajos.

Serán por cuenta del Contratista las herramientas y útiles para la ejecución de los trabajos y de los medios auxiliares necesarios, los cuales reunirán las condiciones de seguridad indispensables para el personal.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1.5) Reconocimiento y Ensayos.

El Contratista en el momento de comenzar la Obra hará un reconocimiento del terreno y comprobará la posibilidad de llevar a cabo el proyecto, hará un replante especificando las mejoras que considere y lo presentará al Director de Obra.

Cuando lo estime oportuno el Director de Obra, podrá encargar y ordenar el análisis, ensayo o comprobación de los materiales, elementos o instalaciones, bien sea en fábrica de origen, laboratorios oficiales o en la misma obra, según crea más conveniente, aunque estos no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

En caso de discrepancias, los ensayos se efectuarán en el Laboratorio Oficial que la Dirección de Obra designe. Los gastos ocasionados por estas pruebas y comprobaciones serán por cuenta de la Contrata.

1.6) Personal.

La Contrata tendrá en todo momento un encargado capacitado al frente de la Obra mientras se realicen trabajos, el cual recibirá, cumplirá y transmitirá las órdenes que le dé el Director,

También habrá siempre en Obra, el número y clase de operarios que haga falta para el volumen y la naturaleza de los trabajos que se deban realizar, los cuales serán de reconocida aptitud y experimentados en el oficio.

1.7) Ejecución de Obras.

El montaje de elementos y realización de las obras se efectuarán con estrecha sujeción del Proyecto presente, Normas y Disposiciones Oficiales que le sean de aplicación y a las órdenes que dé el Director de Obra.

Se efectuarán con los medios auxiliares necesarios y mano de obra especializada y según el buen arte de cada oficio, de modo que además del buen funcionamiento, presente un buen aspecto y que queden perfectamente terminados y en perfectas condiciones de duración y conservación.

Si el Contratista ejecutara alguna parte de las obras de forma defectuosa, por error o contrariamente a las buenas normas de la construcción, órdenes recibidas o que se ajusten al Proyecto, la demolerá y volverá a hacer tantas veces como sea necesario.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1.8) Obras Accesorias.

Se considerarán obras accesorias, aquellas que no pueden ser conocidas a la reacción del Proyecto, las cuales, de presentarse, se efectuarán de acuerdo con los Proyectos parciales que se redacten durante la ejecución de las obras y quedarán sujetas a las mismas condiciones que rigen para las que figuren en la Contrata.

Si en el transcurso de los trabajos se hiciese necesario ejecutar cualquiera clase de obra que no hubiese sido descrita en este Pliego de Condiciones, el adjudicatario está obligado a realizar con estricta sujeción a las órdenes que, al efecto, recibe del Director de ellas, sin otro derecho que a percibir su importe, bien a los precios del proyecto, o en otro caso, mediante acta de precio contradictorio.

1.9) Interpretación y desarrollo del Proyecto.

El director de Obra interpretará el Proyecto y dará las órdenes para su desarrollo, marcha y disposición de las obras, así como las modificaciones que estime oportunas, siempre que no alteren fundamentalmente el Proyecto o la clase de trabajos y materiales consignados en el mismo.

El Contratista no podrá introducir modificación alguna sin la autorización escrita del Director.

Si alguna parte de la obra o clase de los materiales no quedase suficientemente especificada, presentara dudas, resultase alguna contracciones en los documentos del presente Proyecto o pudiera sugerirse una solución más ventajosa durante la marcha de la obra, la Contrata lo pondrá inmediatamente en conocimiento de la Dirección de Obra, por escrito, absteniéndose de instalas los materiales o ejecutar la obra en cuestión, hasta recibir una declaración o resolución de la Dirección de Obra que lo efectuará igualmente por escrito.

Toda duda, deficiencia u omisión, debe ser aclarada y subsanada antes de dar comienzo a los trabajos que hagan referencia.

El Director de Obra reconocerá los materiales, elementos, maquinaria, etc., para autorizar su empleo o rechazarlas si a su juicio no reúnen las condiciones necesarias y dará las órdenes oportunas para el mejor éxito de la realización.

1.10) Responsabilidades.

El Contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él comete durante la ejecución de las obras, o el personal y elementos relacionados con las

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

mismas, y serán de exclusiva cuenta las consecuencias que se deriven, así como los daños y perjuicios a terceros.

Igualmente, el Contratista es el único responsable de la ejecución de la obra contratada, no teniendo derecho a indemnización por el mayor precio que pudieran resultarle las distintas unidades, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción.

Serán por cuenta del contratista todos los gastos derivados del Contrato, peso y mediciones de materiales u obras ejecutadas, permisos o impuestos de cualquier clase, análisis o ensayos, vigilancia de las obras, instalaciones provisionales necesarias, tierras m transporte de elementos sobrantes, vallas, multas, sanciones y en general todos los gastos derivados de las obras que ejecute.

Es responsable también de los Tribunales de accidente que sobreviniesen, debiendo tener todo el personal debidamente asegurado.

Igualmente es responsable de todas las obligaciones legales y económicas derivadas de las obras contratadas.

La Contrata deberá igualmente solicitar y obtener los premios municipales, de Delegación de Industria, et., que según la legislación vigente sean preciosas para la realización y funcionamiento de las obras e instalaciones. La propiedad de las obras le autorizará cuantos documentos sean preciosos para tal fin.

El Contratista estará obligado a tener en la Obra, el Libro de Órdenes en el que la Dirección anotará las visitas, observaciones y la marcha de las obras e instalaciones. Las hojas serán firmadas por quien dé las órdenes y por el Contratista o Subcontratista, si lo hay.

Una vez pasado el plazo de garantía que el contratista fija en 15 meses después de terminar las obras e instalaciones, se procederá a la recepción definitiva de la instalación, la cual se entregará en perfecto funcionamiento.

1.11) Amplitud de la Contrata.

La Contrata comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares y todos los trabajos, elementos y operaciones necesarias para la pronta ejecución de las obras, montajes e instalaciones que son objeto del presente Proyecto, hasta dejarlas completamente acabadas y en perfecto estado de realización, funcionamiento, utilización y aspecto.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1.12) Conservación de las Obras.

Es de exclusiva cuenta del Contratista la conservación de las obras en perfecto estado, hasta efectuada la recepción definitiva.

En caso de que las obras no estén bien conservadas, o se apreciara cualquier defecto, se retrasará la recepción definitiva hasta que estén las obras del todo conformes a las condiciones del contrato, dentro de un plazo que se señala, y siendo improrrogable.

2. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

2.1) Adjudicación de Obras.

La adjudicación de la obra se realizará por concurso-subasta, dándose los presupuestos del mismo a la baja.

Así mismo, antes de elegir presupuesto, se estudiarán las calidades de los materiales, elementos y todo cuanto se relacione con el mismo.

En caso de adjudicarse a dos o más contratista los diversos grupos de obra o instalaciones y cuando el desarrollo de los trabajos de alguna estuviera ligado con el de otra u otras, deberán ponerse de acuerdo para no producirse mutuamente extorsiones o molestias ni retraso en el desarrollo de las obras en general.

En todo caso el Director de Obra podrá señalar con carácter preceptivo la preferencia de las obras e instalaciones a efectuar, así como los plazos en que deben realizarse para que queden armonizados los intereses y la buena marcha de las distintas contrataciones y el normal desarrollo de las obras en general.

2.2) Ejecución de las obras.

El contratista tendrá derecho, tan pronto como reciba el comunicado de la adjudicación, a obtener a sus expensas una copia completa de todos y cada uno de los documentos del Proyecto. Los originales del mismo le serán facilitados por el Director de Obra en sus oficinas, sin que pueda sacarlos de ellas.

Una vez comprobada la exactitud de la copia la autorizará con su firma el Director, también el Contratista tiene derecho a obtener por su cuenta o a expensas suyas, copia de las valoraciones periódicas de la obra ejecutada que se expidan.

El Contratista tendrá derecho a que se le dé por escrito, si así lo solicitara, cualquiera orden verbal que le dé el mismo Director.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

También tendrá derecho a que se acuse recibo, si lo pide, de las declaraciones y comunicaciones que dirija al Director de Obra.

El contratista es el único responsable de la ejecución de las obras contratadas, no teniendo derecho a la indemnización por el mayor precio al que pudieran resultarle las distintas unidades, ni por las erradas maniobras que cometiese durante la construcción.

Será protestatario el Director de Obra, disponer que con los mismos precios unitarios se efectúen las variaciones del Proyecto que se estimen oportunas, siempre que no se altere la estructura general del mismo y la clase de trabajo que en él se consignan.

- Comienzo: El contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato establecido con la Propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

El Contratista está obligado a notificar por escrito o personalmente en forma directa al Director de Obra la fecha de comienzo de los trabajos.

- Plazo de ejecución: La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la Propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el Contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente Pliego de Condiciones, o bien en el contrato establecido con la Propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo anterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

- Libro de órdenes: El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de Órdenes en el que se escribirán las que el Director de Obra estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2.3) Prórrogas.

Si por causas de fuerza mayor no pudiera el Contratista empezar o acabar las obras en los plazos fijados, o tuviera que suspenderlas, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la Contrata.

En cualquier caso, el Contratista deberá comunicarlo por escrito al Director de Obra.

2.4) Responsabilidades.

El Contratista es el responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el proyecto y en el contrato. Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición de lo mal ejecutado y a su reconstrucción correctamente sin que sirva de excusa el que el Director de Obra haya examinado y reconocido las obras.

El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general.

El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

2.5) Rescisión del Contrato.

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del contratista.
- Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- La no iniciación de las obras en el plazo estipulado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Destajar o subcontratar la totalidad o parte de la obra a terceros sin la autorización del Técnico Director y la Propiedad.

2.6) Liquidación en Caso de Rescisión del Contrato.

Siempre que se rescinda el Contrato por causas anteriores o bien por acuerdo de ambas partes, se abonará al Contratista las unidades de obra ejecutadas y los materiales acopiados a pie de obra y que reúnan las condiciones y sean necesarios para la misma.

Cuando se rescinda el contrato llevará implícito la retención de la fianza para obtener los posibles gastos de conservación del período de garantía y los derivados del mantenimiento hasta la fecha de nueva adjudicación.

2.7) Liquidación

A efectos de la percepción por las empresas instaladoras adjudicatarias de las cantidades correspondientes a las partes de obra realizadas, se someterán a las certificaciones parciales correspondientes.

Las certificaciones parciales se realizarán con la frecuencia que determine la Dirección de Obra, con un mínimo de una mensual.

Las mediciones parciales podrán realizarse por el contratista ante la Dirección de Obra.

En el plazo de tres semanas desde la medición, la Dirección de Obra, procederá a dar el visto bueno o rechazarla.

La certificación se considerará válida una vez firmada por la Dirección de Obra conjunta, momento que empezará a contar para los pagos al Contratista.

Terminada la obra, el Contratista solicitará que se efectúe la medición final que deberá realizarse obligatoriamente en presencia de representantes de la Dirección de Obra en el plazo de 15 días.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Tras la medición general se procederá a la elaboración de la certificación final a liquidadora que comprenderá la liquidación final de la obra y el abono a la empresa adjudicataria del saldo resultante.

3. CONDICIONES ECONÓMICAS

3.1) Abono de la Obra.

En el contrato se deberá fijar detalladamente la forma y plazos que se abonarán las obras. Las liquidaciones parciales que puedan establecerse tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a las certificaciones que resulten de la liquidación final. No suponiendo, dichas liquidaciones, aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Terminadas las obras se procederá a la liquidación final que se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el contrato.

3.2) Precios.

El contratista presentará, al formalizarse el contrato, relación de los precios de las unidades de obra que integran el proyecto, los cuales de ser aceptados tendrán valor contractual y se aplicarán a las posibles variaciones que pueda haber.

Estos precios unitarios, se entiende que comprenden la ejecución total de la unidad de obra, incluyendo todos los trabajos aún los complementarios y los materiales así como la parte proporcional de imposición fiscal, las cargas laborales y otros gastos repercutirles.

En caso de tener que realizarse unidades de obra no previstas en el proyecto, se fijará su precio entre el Técnico Director y el Contratista antes de iniciar la obra y se presentará a la propiedad para su aceptación o no.

3.3) Revisión de Precios.

En el contrato se establecerá si el contratista tiene derecho a revisión de precios y la fórmula a aplicar para calcularla. En defecto de esta última, se aplicará a juicio del Técnico Director alguno de los criterios oficiales aceptados.

3.4) Penalizaciones

Por retraso en los plazos de entrega de las obras, se podrán establecer tablas de penalización cuyas cuantías y demoras se fijarán en el contrato.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3.5) Modificaciones del Proyecto

Cuando el Contratista sin autorización del Director de obra emplease materiales de más esmerada preparación o mayor tamaño que lo marcado en el Proyecto, con un importe superior al que se haya especificado en el presupuesto, no tendrá derecho a que se le abone el precio superior a lo que le correspondería si hubiese construido la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

Si se hubiese ejecutado alguna obra que no se halle arreglada exactamente a las condiciones de la Contrata, pero sin embargo sea admisible a juicio del Director de obra, éste propondrá al Contratista la rebaja en el precio que le parezca justa.

El contratista podrá optar entre aceptar la rebaja propuesta o demoler la obra a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones expresadas.

3.6) Plazo de Garantía

Durante el plazo de garantía cuidará el Contratista de la conservación de las obras empleando en ellas los materiales con arreglo a las instrucciones que dicte el Director de Obra.

Si se descuidase la conservación y, desobedeciéndose aquellas órdenes, diera lugar a que peligrase la obra, se ejecutarán estos trabajos por administración y a su costa, a fin de evitar el daño.

3.7) Fianza y Sanciones

Dado el importe de la Obra, el contratista depositará una fianza tras la adjudicación del contrato.

Esta fianza se devolverá al Contratista una vez aprobada la recepción y liquidación definitiva, después de haberse acreditado que no existe reclamación alguna contra él por los daños y perjuicios que son de su cuenta o por deudas de jornales, materiales e indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

En caso de retraerse la Obra injustificadamente más del plazo estipulado, la Administración podrá aplicar una multa que será el resultado de aplicar a cada día de retraso, el importe de la adjudicación dividido por los días de duración previstos en el Proyecto.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Por cada infracción o incumplimiento del Contrato, se podrá imponer una multa diaria sin que el importe total de la sanción pueda exceder del 50% del importe de adjudicación de la Obra.

3.8) Contrato.

El contrato se formalizará mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. Comprenderá la adquisición de todos los materiales, transporte, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra proyectada en el plazo estipulado, así como la reconstrucción de las unidades defectuosas, la realización de las obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se introduzcan durante la ejecución, éstas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el Proyecto Técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el contratista como la Propiedad deberán firmarlos en testimonio de que los conocen y aceptan.

4. CONDICIONES FACULTATIVAS

4.1) Materiales a Utilizar.

Todos los materiales serán de primera calidad, sin ningún defecto y se ajustarán a las condiciones exigidas en el proyecto.

Deberán presentarse previamente al Director de Obra para que los reconozca y autorice si procede, sin cuya autorización no podrán ser empleados debiéndose retirar seguidamente de la Obra y de sus almacenes los que fueran rechazados.

Este reconocimiento previo no supone la autorización definitiva pudiendo hacer sustituir aún después de colocados, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento. Los gastos que se originen, en tal caso, también serán cuenta del Contratista.

Si creyera necesario hacer analizar o ensayar alguno o todos los materiales y elementos, designará el Laboratorio o Centro Oficial que deba hacerlo, corriendo todos los gastos a cuenta del Contratista.

Estas muestras se conservarán para comprobar en su día los materiales que se empleen.

El Director de Obra podrá tomar personalmente las muestras si lo cree oportuno.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Igualmente deberá autorizar con anterioridad todos los elementos y maquinaria de la instalación y sus características.

4.2) Ejecución de Obras.

Antes de comenzar las obras se limpiará el terreno, arrancando árboles, arbustos y plantas.

Las obras de desmonte y terraplén se efectuarán con arreglo a las instrucciones del Proyecto y del Director de Obra.

Se profundizarán las zanjas para cimientos y acometidas, hasta encontrar terreno con la debida consistencia. Los taludes de las paredes serán suficientemente tendidos para evitar desprendimientos.

No se procederá al relleno de excavaciones sin que el Director de Obra haga el reconocimiento de las mismas, y dé la autorización correspondiente después de tomar los datos precisos para la debida valoración.

Si por el reconocimiento practicado al abrir la excavación, resultase la necesidad de variar el sistema de cimentación, el Director de Obra formulará el proyecto de presupuesto correspondiente. Así como de los agotamientos mecánicos que sean precisos.

4.3) Apoyos.

Los apoyos a implementar serán de celosía, empotrados en el terreno con cimentación monobloque de hormigón en masa y toma de tierra cada apoyo. Como elementos de unión se utilizarán, sobre todo, pernos, tornillos y remaches; no empleando soldadura en ningún caso.

Los tornillos y remaches a utilizar deben tener un diámetro no inferior a 10 mm.

Todos los apoyos serán metálicos de acero de calidad normal y en su construcción se cumplirá, en todo momento, lo que marca el vigente Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión. Para los apoyos se recomienda la adopción de protecciones anticorrosivas contra la acción de los agentes atmosféricos. Se establecerán protecciones contra la oxidación y contra la corrosión. Esta protección se efectuará mediante un galvanizado en caliente, limpiando previamente el hierro mediante ataque por ácidos sumergidos después las partes metálicas en un baño metálico fundido; de esta forma se tratarán no sólo las viguetas de hierro que constituyen las

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

diferentes estructuras, sino también los tornillos y tuercas, repasando las roscas después del galvanizado.

4.4) Conductores y Aisladores.

Los conductores deben tener pequeñas resistencia eléctrica para que las pérdidas por calentamiento se reduzcan en todo lo posible. A su vez deben de tener elevada resistencia mecánica, ya que los esfuerzos de este tipo que deben soportar son siempre grandes.

Finalmente, desde el punto de vista económico, los conductores han de tener, en lo posible un bajo coste de adquisición para que la explotación de la línea sea rentable.

El jefe de tendido deberá regular la flecha del cable, para lo que ha de disponer de unas tablas en las que, para cada sección, y de acuerdo con las condiciones de tensado previamente determinadas por el cálculo, se expresarán unas flechas, en función de las diferentes temperaturas ambientales y de la longitud de los vanos. Deberán efectuarse las pruebas reglamentarias de rigidez dieléctrica y de resistencia mecánica de los aisladores utilizados que determina el artículo 28 del vigente Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

Como condiciones generales, los aisladores empleados en las líneas eléctricas aéreas, han de cumplir las siguientes características:

- Rigidez dieléctrica suficiente para que su tensión de perforación no sea superior a su tensión de servicio.
- Forma adecuada para evitar descargas entre el conductor en contacto con los aisladores y de los soportes metálicos que fijan estos mismos aisladores y que, a su vez, se fijan a los apoyos de la línea.
- Disminuir la corriente de fuga entre aislador y soporte, hasta que su valor sea prácticamente despreciable; esto, para las condiciones más desfavorables, cuando el aislador está sometido a la lluvia.
- Resistencia mecánica suficiente para que trabaje en buenas condiciones de reposición y de mantenimiento.
- Efecto de envejecimiento lo menos posible, para evitar gastos de reposición y de mantenimiento.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Para las líneas aéreas se utilizará un tipo de conductor de aluminio con alma de acero, normalizado por UNE, denominados LA-110 para el conductor.

4.5) Tomas de Tierra y Aparamenta.

Para la instalación de las redes de tierra, se tomarán las muestras del terreno para determinar su resistividad. Si ésta es alta, para mejorar la resistencia de la puesta a tierra, se tratará el terreno con electrolitos a base de CaSO_4 , de débil solubilidad y gran conductividad, o bien se plantará césped que mantenga la humedad del terreno.

En la recepción de toda la aparamenta de Alta y Baja Tensión, se comprobará la fiabilidad de los accionamientos con grandes incrementos de temperatura, así como el funcionamiento por debajo de 0°C . En caso contrario se proveerá de resistencias calefactoras.

4.6) Obra de Fábrica.

Las obras de fábrica se efectuarán según el buen arte de construir, procurando, además de su solidez, que toda la parte exterior de la obra presente un aspecto cuidado y esté bien acabado.

Se dará el mismo buen acabado a las partes interiores que resulten visibles.

4.7) Normas de Ejecución.

Las obras de tierra y de fábrica se realizarán según el buen arte de construir.

Las instalaciones eléctricas, además de cumplir con la reglamentación vigente, se ajustarán a las normas y usos del ayuntamiento de la localidad y de la compañía suministradora de electricidad.

La instalación de los Centros de Transformación se ajustará a las normas e instrucciones del fabricante.

4.8) Verificaciones y Recepción.

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos que se están realizando están completamente de acuerdo con las especificaciones técnicas consignadas en este Pliego de Condiciones y con el Proyecto en general.

Estas verificaciones en caso de producirse, irán a cuenta del Contratista.

Se realizarán cuantos ensayos o verificaciones indique, a su juicio, el Director de Obra, aunque éstos no estén indicados en el presente Pliego de Condiciones.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra al Director de Obra.

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

5. CONDICIONES TÉCNICAS

En las presentes Condiciones Técnicas, se especifican las que deben cumplir las distintas unidades de obra y materiales.

Se indicará así mismo, los ensayos que se llevarán a cabo sobre las unidades terminadas, señalándose las tolerancias.

Los ensayos y pruebas verificadas durante la ejecución de los trabajos, no tiene otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales o de unidades de obra que en cualquier forma se realice, no suprime ni atenúa la obligación del Contratista de garantizar la obra hasta la recepción definitiva de la misma.

5.1) Materiales.

Los materiales se clasifican en dos grupos, según el tiempo con que generalmente es necesario prever su adquisición.

5.1.1) Materiales de Acopio Anticipado.

Se refiere éste grupo a aquellos materiales que por no encontrarse en existencia en el mercado, es necesario prever su adquisición antes del comienzo de los trabajos. Los materiales, sus características técnicas y sus condiciones de suministro, son las siguientes:

a) Cemento:

Será del tipo denominado Portland, y sus características y ensayos se regirán por la Norma HA-61 del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. La entrega se hará en sacos de papel de 50 Kg.

b) Apoyos:

Los apoyos para la red de Alta Tensión serán metálicos, de celosía de perfil angular, galvanizados en caliente.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Los apoyos metálicos estarán formados por una cabeza prismática, seguida de varios tramos, para así poder obtener las alturas necesarias según los distintos vanos de las líneas.

Cada apoyo será estudiado según las condiciones específicas que desempeña, como puede ser fin de línea, ángulo, alineación, que quedan perfectamente definidos en este Proyecto.

La disposición del conductor en los apoyos será en capa horizontal preferentemente para los apoyos que soporten un solo circuito y en carga vertical para aquellos que soporten más de un circuito.

c) Tomas de Tierra:

Se ajustarán a las exigencias en el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, y se entregarán por piezas, salvo el cable de acero de conexión que se suministrará en bobinas.

d) Aisladores:

Serán poliméricos, útiles para ser instalados en alturas comprendidas entre el nivel del mar y mil metros y con temperaturas ambiente que puedan oscilar entre -5° y 60° C.

Los pernos de anclaje, deberán tener además las siguientes características mecánicas:

- Alargamiento 20%.
- Resistencia: 10 Kg/Cm²

La calidad del galvanizado satisfará igualmente la especificación de dichas Normas. Los aisladores deberán encontrarse en jaulas debidamente numeradas.

Todos los aisladores deberán llevar grabados, además de la marca del fabricante, el año de fabricación y la referencia del Catálogo, perfectamente legibles sobre la superficie externa.

e) Herrajes y grapas:

- Herrajes:

La clasificación, definiciones y condiciones generales a cumplir por estas piezas serán las indicadas en la Norma UNE 207009:2002.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Los herrajes, empalmes y piezas de derivación, en general deberán cumplir con las siguientes prescripciones:

- Grapas:

Todas las grapas deben de tener estructuras y silueta racional en relación a su empleo, deben ser ligeras y apretar el conductor con uniformidad, es decir, sin crear ninguna sollicitación concentrada.

El material de las grapas en contacto con el conductor debe ser en lo posible igual que al de este y en ningún caso puede dar lugar a corrosión electrolítica, no debe ser demasiado duro en relación con el conductor ni el coeficiente de dilatación térmica, muy diferente para evitar peligro de aflojamiento.

Debe evitarse el aflojamiento de los tornillos como consecuencia de la vibración, mediante el empleo de arandelas elásticas, pasadores u otros medios adecuados.

El conjunto de piezas y grapas debe tener la máxima libertad de movimiento. En los herrajes que deban ser engrasados durante el montaje, la grasa deberá ser absolutamente neutra en relación con los materiales en contacto, deberá ser químicamente estable en contacto con el aire a la temperatura ambiente normal, su punto de goteo será lo más elevado posible y nunca inferior a 60°C.

Los ensayos y el procedimiento operatorio se realizará de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE 207009:2002.

Todas las piezas deberán llevar además de la marca del fabricante, indicación precisa de los conductores a que pueden ser aplicados en condiciones de seguridad y buen rendimiento o el número correspondiente que pueda identificarla en catálogo.

f) Conductores.

Tanto el suministro de cables de aluminio-acero como los ensayos para la recepción de éstos materiales se harán de acuerdo con las normas UNE correspondientes.

5.1.2) Materiales de Acopio en el Momento de la Construcción.

Se refiere éste grupo a aquellos materiales que por su reducido plazo de entrega, puede considerarse su adquisición como simultánea a su empleo.

Los materiales, sus características técnicas y sus condiciones de suministro, son los siguientes:

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

a) Agua y Áridos:

Sus características son las indicadas en el presente documento y serán suministrados por lotes correspondientes a cada apoyo.

b) Materiales Auxiliares:

Sus características técnicas serán las que el uso y el buen arte que la construcción ha designado como de primera calidad. En general se refiere a todos los materiales y herramientas que no queden colocados en la línea después de terminados los trabajos.

5.1.3) Recepción de los Materiales.

Los materiales suministrados por el contratista, se someterán a las pruebas y ensayos indicados en éste Pliego de Condiciones para comprobar que satisfacen las condiciones exigidas. Para ello deberá presentar el Contratista, con la antelación necesaria, muestras de los diferentes materiales que vaya a emplear, los cuales serán reconocidos y ensayados en la obra, si hay medios, o bien en otro laboratorio a elección del Contratista, o en un laboratorio Oficial, siendo decisivo el resultado que se obtenga en este último laboratorio en los casos de duda sobre la calidad de los materiales. El importe de todos los ensayos será por cuenta del Contratista, mientras no se estableciera lo contrario.

5.1.4) Transporte y Almacenamiento.

El contratista deberá cuidar de la carga y transporte de los materiales desde fábrica a sus almacenes.

Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de las obras.

5.1.5) Tolerancias de Pérdidas.

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias siguientes:

- Conductores.....2%
- Aisladores.....1%
- Herrajes.....1%
- Cementos.....1%

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Tornillos, Arandelas.....2%

5.2) Replanteo de los Apoyos.

El replanteo de los apoyos, será realizado por la misma entidad que realizó el levantamiento topográfico.

La contrata deberá comprobar con dos días de antelación, por lo menos, la existencia de las estacas necesarias para la correcta colocación del apoyo, con el fin de que en caso de falta, el equipo topográfico pueda volver a colocarlos sin necesidad de dejar de excavar este apoyo.

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

a) Tres estaquillas para todos los apoyos que se encuentren en una alineación, aun cuando sean de amarre. Las estaquillas estarán alineadas en la dirección de la alineación y la central corresponderá a la proyección del eje vertical del apoyo.

b) 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 protección del eje vertical del poste.

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 fundición que sería a cargo de la Contrata.

5.3) Excavaciones

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las dadas en el proyecto o en su defecto a las indicadas por el Director de Obra.

Las paredes de los hoyos serán verticales. Cuando sea necesario variar el volumen de la excavación, se hará de acuerdo con el director de Obra.

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

Las excavaciones se 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.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

En terrenos con agua, deberá procederse a un 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.

5.4) Cimentaciones

5.4.1) Características de los Componentes y Ejecución de los Hormigones.

La arena y la grava podrán ser de ríos, arroyos y canteras, no debiendo tener impurezas de carbón, escorias, yesos y mica.

Los áridos deberán proceder de rocas inertes en actividad sobre el cemento, inalterables al agua, aire y heladas, prescribiéndose las calizas tiernas, feldespatos y esquistos y no debiendo contener lajas ni trozos alargados.

Se admitirá una cantidad de arcilla inferior a la que se indica posteriormente. En general, la calidad de los áridos debe corresponder a las "Instrucciones para el Proyecto de Obras de Hormigón de Obras Públicas".

Las dimensiones de la grava serán de 2 a 6 cm, no admitiéndose piedras ni bloques de mayor tamaño. No se podrá utilizar ninguna clase de arena que no haya sido examinada por la Dirección Técnica de la Obra. Se dará preferencia a la arena cuarzosa sobre la de origen calizo, siendo preferibles las arenas de superficie áspera o angulosa.

La determinación de la cantidad de arcilla se comprobará por los siguientes ensayos a pie de obra.

De la muestra de árido mezclado se separarán, con el tamiz de 5 mm 100 cm³ de arena, los cuales se verterán en una probeta de vidrio estrecha y graduada hasta los 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%.

Los ensayos de las arenas se harán sobre mortero de la siguiente dosificación:

- Mezcla (en peso)
- 1 parte de cemento.
- 3 partes de arena.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Esta probeta de mortero conservada en agua durante 7 días, deberá resistir a la tracción de la romana de Michaelis un esfuerzo comprendido entre los 12 y 14 Kg/cm².

Toda la arena que sin contener materiales orgánicos no resista el esfuerzo de tracción anteriormente indicado, será desechada. El resultado de este ensayo permitirá conocer si se debe aumentarse o disminuirse la dosificación del cemento empleado en la mezcla, cuya decisión compete a la Dirección de la obra.

Respecto a la grava o piedra, se prohíbe el empleo de cascote y otros materiales blandos, o la piedra de estructura foliácea o esquistosa. Se recomienda la utilización de piedra de peso específico elevado.

El cemento utilizado será cualquiera de los cementos Portland de fraguado lento admitidos en el mercado. Previa autorización de la Dirección de obra, podrán utilizarse cementos especiales en aquellos casos en que se estime conveniente.

El agua utilizada será procedente 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.

La mezcla de hormigón se efectuará en hormigonera o a mano, siendo preferible el primer procedimiento en beneficio de la compacidad y ulterior resistencia. En el segundo caso se hará sobre chapa de hierro de suficientes dimensiones para evitar que se mezcle con la tierra, y se procederá primero a la elaboración del mortero de cemento y arena, añadiéndole a continuación la grava, y entonces se le dará una vuelta a la mezcla debiendo quedar esta de color uniforme, si no ocurre así, hay que volver a dar otras vueltas hasta conseguir la necesaria uniformidad. Logrado esto se añadirá a continuación el agua necesaria antes de verter el hormigón al pozo. La composición normal de la mezcla será:

- Arena.....1/3
- Grava.....2/3
- Cemento.....200 Kg/cm³
- Agua.....193 l/m³

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

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

En caso de que por falta de otro árido se permita emplear zahorra, por la Dirección de la Obra, se comprobará previamente su composición en arena y grava.

El hormigón será de consistencia plástica, comprobándose su docilidad, por medio del cono de Abrams. El asentamiento admisible es hasta 15 cm. La ejecución del hormigón se atenderá en general a las Instrucciones para el Proyecto de Obras de Hormigón de Obras Públicas.

En caso de heladas se cubrirán durante la noche los cimientos que estén fraguando, por medio de sacos, papel, paja.

No obstante será la facultad de la Dirección de la obra suspender los trabajos de hormigonado cuando ocurran dichas circunstancias climatológicas.

Cuando sea necesario interrumpir un trabajo de hormigonado al reanudar la obra, se lavará la parte construida con agua barriéndola después con escobas de metal y cubriendo la superficie con un enlucido de cemento bastante fluido.

La bancada que sobresalga del nivel de tierra, se hará con mortero de la misma dosificación que el empleado en las cimentaciones. Un exceso de cemento provoca el agrietamiento de la capa exterior.

5.4.2) Instrucciones para la Ejecución de las Cimentaciones.

Se procederá de la siguiente forma:

a) Se echará primeramente una capa de hormigón seco fuertemente apisonado y del espesor indicado en los planos, 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 trata 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 apasionándolo a continuación.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

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

f) En los recrecidos se cuidará la verticalidad de los encofrados y que éstos no se muevan durante su relleno.

5.5) Armado e Izado de los Apoyos.

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

A continuación se hace referencia a las condiciones que habrán de regir para los distintos tipos de apoyos:

a) Antes del montaje en serie de las torres, si éstas son metálicas, la contrata deberá montar una de cada tipo, con el fin de comprobar si tiene algún error sistemático de construcción que convenga sea corregido por el constructor de las torres, con el suficiente tiempo.

b) El sistema de montaje del apoyo, será el adecuado al tipo de apoyo, 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 contrario a la resultante de los esfuerzos de los conductores. En ambas posiciones se admitirá una tolerancia del 0,2 %.

c) Los tornillos se limpiarán escrupulosamente antes de usarlos y el apriete de los mismos será el suficiente para asegurarse el contacto entre las piezas unidas. Una vez apretados deberá de sobresalir de la tuerca dos hilos de vástago fileteado.

d) Para el montaje de apoyos metálicos, sólo se utilizarán como herramientas un punzón de calderero que servirá para hacer coincidir los taladros de las piezas, pero no se empleará para agrandar los taladros.

e) En caso de roturas de barras y rasgado de taladros por cualquier causa, el contratista tiene la obligación de ponerlo en conocimiento del personal técnico y procederá al cambio de los elementos rotos.

f) La sección del tornillo viene dada por el diámetro de los taladros que atraviesa y en cuanto a la longitud, ésta se escogerá en función de los espesores de las piezas a

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

unir. El contratista deberá acopiar los tornillos en lotes, en los que se indicará el número de las torres en las que se vayan a colocar.

g) Una vez la contrata haya comprobado el correcto montaje de los apoyos, procederá al graneteado de las tuercas de los tornillos, con el fin de impedir que se aflojen.

h) El procedimiento de levante será determinado por la Contrata, previa aprobación de la Dirección de la Obra. Todas las herramientas que se utilicen en el izado, se hallarán en perfectas condiciones de conservación, y serán las adecuadas.

i) En el montaje de los apoyos, se tomarán todas las precauciones pertinentes para evitar esfuerzos capaces de producir las deformaciones permanentes.

j) Una vez determinado el montaje del apoyo, se separarán los vientos sustentadores, no antes de 48 horas en aquellos apoyos cuya cimentación sea de hormigón.

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

l) La comprobación de la perfecta ejecución de los apartados anteriores se hará sobre el 10 % de los apoyos presentados a recepción. Solo se admitirán diferencias en los largos y en el apriete de los tornillos hasta un máximo de un 0,2 % del total.

5.6) Tomas de Tierra.

El trabajo detallado de éste epígrafe comprende la apertura y cierre del foso y zanja para la línea del electrodo, así como la conexión del electrodo a la torre a través del macizo de hormigón.

Comprende así mismo el suministro de herramental necesario, la carga y transporte del material a montar desde el almacén a pie de obra.

a) Cada apoyo llevará cuatro electrodos de puesta a tierra, los cuales serán unidos a la torre por medio de cable de acero de 50 mm² de sección y con los elementos que prescribe el Reglamento de Líneas de Alta Tensión, las cuales pasará a través de la fundación por medio de un tubo.

b) Al pozo de la toma de tierra se le dará una profundidad tal, que el extremo superior del tubo, una vez hincado, quede como mínimo a 60 cm de la superficie del terreno.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

La profundidad de la zanja de unión entre la pata del poste y el hoyo de la toma de tierra ha de ser de 60 cm.

c) La hinca de toma de tierra normal se hará en el lugar que indique la Dirección de Obra, no estando a distancia superior a 3 m de una de las patas del apoyo.

d) Una vez aceptada la partida se procederá al relleno del foso y zanja, debiéndose apisonar ésta fuertemente.

5.7) Tendido, Tensado y Regulado de Conductores.

Los trabajos comprendidos en éste epígrafe son los siguientes:

- a) Colocación de los aisladores y herrajes de sujeción de los conductores.
- b) 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.

5.7.1) Colocación de los Aisladores.

La manipulación de aisladores y de los herrajes auxiliares de los mismos se hará con el mayor cuidado, no desembalándolos hasta el instante de su colocación, comprobándose si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso la pieza deteriorada será rechazada y sustituida por otra en el caso de los aisladores rígidos, se fijará al soporte metálico estando el aislador en posición vertical invertida, el material de unión del aislador con el vástago será filástica impregnada de minio, a no ser que sea definitivo expresamente en otras condiciones especiales.

5.7.2) Tendido de los Conductores.

- Las bobinas deberán ser tratadas con sumo cuidado para evitar deterioros en los cables y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación. Para ello en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación a muelles de descarga, para evitar choques bruscos de los carretes.
- Se tendrá especial cuidado que en los conductores que entre en su composición acero galvanizado, no estén en contacto con tierras o materias orgánicas, especialmente ambiente húmedo, un tiempo superior a 48 horas.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- No se comenzará el tendido de un cantón, si todos los postes de éste no están recepcionados.
- El tendido de los conductores, y especialmente los de aluminio-acero, se ejecutará de forma que éste no sufra ningún daño por roce, aplastamiento u otras circunstancias.
- En caso de emplearse tambores de frenado para el tendido de los cables serán necesarios dos tambores en serie, de diámetro no inferior a 60 veces el del conductor.
- Si se emplean cables pilotos para ejercer la tracción en el momento del tendido, éstos serán flexibles y antigiratorios, uniendo el cable conductor a través de bulones de rotación, para compensar los efectos de torsión.
- Las poleas de tendido del cable de Al-Ac serán de aleación de aluminio y su diámetro como mínimo 20 veces el del conductor. Cada polea estará montada sobre dos rodamientos de bolas y las armaduras no rozarán sobre las poleas de aluminio.
- Durante el tendido, en todos los puntos de posible daño del conductor, el contratista deberá desplazar un operario con los medios necesarios para que aquel no sufra deterioro.
- Si durante el tendido se producen roturas de venas del conductor, el contratista debe consultar con la Dirección de obra la clase de reparación que se debe ejecutar.

Los empalmes de los conductores se efectuarán por el sistema que se indique en las Condiciones Especiales y su colocación se hará de acuerdo con las disposiciones contenidas en el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

5.7.3) Tensado y Regulado de los Conductores.

Previamente al tensado de los conductores, deberán ser venteadas las torres de amarre en sentido longitudinal conforme con las instrucciones que recibirá el Contratista de la Dirección de Obra.

A cada uno de los tramos en que quede dividida la línea entre cadenas de amarre, la denominaremos cantón.

Antes de regular el cable, se medirá su temperatura con un termómetro de contacto, poniéndolo sobre el cable durante 5 minutos, con ésta medida y la longitud

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

del vano se obtendrá por medio de las Tablas de Flechas y Tensiones la medida de la Flecha para un tensado correcto del cantón.

Si existen árboles que puedan estorbar para la regulación porque los conductores descansan en ellos, en su posición normal, deben ser cortados antes de la regulación, y su necesidad se preverá con el tiempo suficiente para obtener permiso de propiedad.

Tolerancia de regulación.

Los errores admitidos en las flechas serán:

- De ± 2 % en el conductor que se regula con respecto a la teórica.
- De ± 2 % 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 de los conductores. Dicho fenómeno sólo afecta al 1º de los errores, o sea, 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 de tendido.

5.7.4) Engrapado y Accesorios.

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

.- Grapa de alineación y alineación-cruce.

Al ejecutar el engrapado se tomarán las medidas necesarias para conseguir un aplomado perfecto.

En el caso de que al engrapar sea necesario correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, 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 de aluminio se hará, o bien por medio de una grapa, o por cuerdas que no dañen al 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 romperla.

El punto de apriete de la tuerca será el necesario para comprimir la arandela elástica.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

- Grapas de amarre.

En la grapa de amarre, si ésta es de estribos, se cuidará la perfecta colocación de éstos y la almohadilla, y el apriete de las tuercas será de forma alternativa en ambas ramas.

Si la grapa es de compresión, las distintas entalladuras de realizará girándolas un tercio de circunferencia, con el fin de que no se curve el eje de la grapa. Una vez comprimido el acero, se aplicará una capa de minio sobre la parte ondulada y la comprimida. La compresión del aluminio siempre comenzará por la patilla.

- Elementos de unión.

Tanto en éstas bridas, como en todas las uniones a través de las cuales circule corriente, se usará una impregnación conductora de la que de ninguna forma se puede prescindir, Así mismo es fundamental cuidar el perfecto apriete de los tornillos de todos los elementos de las cadenas de aisladores y accesorios cogidos a ésta o al conductor, debido a que de no ser así las vibraciones del conductor, pueden aflojarlos, con el consiguiente riesgo de avería.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Santander, a Septiembre de 2015

Fdo. Luis Madinabeitia García-Capelo

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

PRESUPUESTOS

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

DOCUMENTO Nº 4: PRESUPUESTO

Índice

	Página
1.CUADRO DE PRECIOS Nº 2	1
2.RESUPUESTOS PARCIALES.....	19
2.1) CAPÍTULO I: Apoyos y armados en la línea	19
2.2) CAPÍTULO II: Aislamientos y herrajes	20
2.3) CAPÍTULO III: Puestas a tierra.....	20
2.4) CAPÍTULO IV: Conductor.....	21
2.5) CAPÍTULO V: Aparamenta de maniobra	21
2.6) CAPÍTULO VI: Letreros de señalización.....	22
2.7) CAPÍTULO VII: Preparación de accesos	22
3.PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	23
4.PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	24
5.PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	25
6.COSTES DE LOS MATERIALES	26
7.STRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA.....	28
7.1) Brigada	28
7.2) Desglose de costes	28
7.3) Planificación provisional del trabajo.....	28

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

1. CUADRO DE PRECIOS Nº 2

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
1	m ³	Metro cúbico de excavación para cimientos de apoyos metálicos en todo tipo de dureza de terreno incluido el transporte de productos sobrantes a vertedero, así como relleno y compactado.	
	1	- Maquinaria, herramienta.	64.68
	1	-Relleno y compactado.	13.37
	1	- Mano de obra y medios auxiliares	18.51
		TOTAL	96.56 €
2	m ³	Metro cúbico de hormigón en masa de 250 Kg de cemento por m3, incluido entrado. Si fuera necesario, vertido, vibrado, así como peanas, puntas de diamante y demás manipulaciones necesarias para su correcto curado, con áridos de tamaño inferior a 40 mm y cemento P-350, para todo tipo de apoyos metálicos y en cualquier tipo de terreno de tierra, rocapico o roca, así como cualquier combinación de ellas.	
	1	-Materiales y maquinaria	126,90
	1	-Mano de obra, transporte y medios auxiliares.	38.07
		TOTAL	164.97 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
3	Ud.	Toma de tierra para torre metálica tipo ACACIA en red de Alta Tensión en lugar no frecuentado y sin elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	
	1	-Pica cilíndrica Acero-Cobre de longitud 1500 mm y 14 mm de diámetro.	6.88
	0.32	-Metros cúbicos de apertura y posterior relleno y apisonado de zanja de 0.4 por 0.5 m de ancha y profundidad respectivamente a 47.62 €/m ³ .	15.23
	4	-Cartucho soldadura por unión del cable a la pica a 1.66€/m	6.64
	1.5	-Metros de cable flexible de PVC, incluso esfera de encofrado en cimiento de hormigón a 0.24 €/m.	0.36
	5	-Metros de conductor de Cobre desnudo de 50 mm ² de sección a 2.8 €/m.	13.97
	4	-Accesorios terminales tipo SIMEL o similar para unión del cable al apoyo.	2.80
	1	-Tornillería y similares.	2.91
	1	-Transporte, acopio, mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura.	45.48
TOTAL			99.18€

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
4	Ud.	Toma de tierra para torre metálica tipo ACACIA en red de Alta Tensión en lugar frecuentado y con elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	
	1	-Pica cilíndrica Acero-Cobre de longitud 1500 mm y 14 mm de diámetro.	6.88
	0.32	-Metros cúbicos de apertura y posterior relleno y apisonado de zanja de 0.4 por 0.5 m de ancha y profundidad respectivamente a 47.62 €/m ³ .	15.23
	4	-Cartucho soldadura por unión del cable a la pica a 1.66€/m	6.64
	1.50	-Metros de cable flexible de PVC, incluso esfera de encofrado en cimiento de hormigón a 0.24 €/m.	0.36
	5	-Metros de conductor de Cobre desnudo de 50 mm ² de sección a 2.8 €/m.	13.97
	4	-Accesorios terminales tipo SIMEL o similar para unión del cable al apoyo.	2.80
	1	-Tornillería y similares.	2.91
	1	-Transporte, acopio, mano de obra y medios auxiliares para todo tipo de operaciones, incluida amortización de molde y soldadura.	45.48
TOTAL			99.18 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
5	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Modelo C-500/14, totalmente instalado.	
	356	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	537.56
	0.346	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	48.02
	1.67	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	159.59
	1.84	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	303.55
	356	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	145.96
		TOTAL	1.194.68 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
6	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Modelo C-500/16, totalmente instalado.	
	413	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	623.63
	0.413	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	57.33
	1.96	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	187.30
	2.17	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	357.99
	413	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	169.33
		TOTAL	1.395.58 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
7	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-1000/14, totalmente instalado.	
	386	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	582.86
	0.386	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	53.58
	1.94	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	187.33
	2.14	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	353.04
	386	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	158.26
		TOTAL	1.335.07 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
8	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-1000/16, totalmente instalado.	
	447	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	674.97
	0.447	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	62.05
	2.23	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	215.33
	2.46	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	405.83
	447	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	183.27
		TOTAL	1.541.45 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
9	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-1000/18, totalmente instalado.	
	530	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	800.30
	0.530	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	73.57
	2.62	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	252.99
	2.89	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	476.77
	530	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	217.30
		TOTAL	1.820.93 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
10	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-2000/14, totalmente instalado.	
	568	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	857.68
	0.568	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	78.84
	2.45	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	236.58
	2.70	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	445.42
	568	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	232.88
TOTAL			1.851.40 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
11	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-2000/16, totalmente instalado.	
	661	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	998.11
	0.661	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	91.75
	2.89	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	279.06
	3.18	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	524.61
	661	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	271.01
		TOTAL	2.164.54 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
12	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-3000/16, totalmente instalado.	
	832	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	1.256.32
	0.832	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	115.49
	3.32	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	320.58
	3.66	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	603.80
	832	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	341.12
		TOTAL	2.637.31 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
13	Ud.	Apoyo metálico serie ACACIA, Mod. C-4500/18, totalmente instalado.	
	1289	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	1.946.39
	1.289	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	178.92
	4.49	-Metros cúbicos de excavación para cimientos en cualquier clase de terreno a 96.56 €/m ³ .	433.56
	4.94	-Metros cúbicos de hormigón en masa de resistencia característica fck=150Kg/cm ² y tamaño máximo de árido 40 mm, elaborado con cemento P-350 incluido bombeo, vertido, vibrado y encofrado para apoyos metálicos, colocado en posición de trabajo, también en terreno poco accesible, a 164.97 €/m ³ .	814.96
	1289	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	528.49
		TOTAL	3.908.32 €

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
14	Ud.	Armado metálico para la serie ACACIA C-500/C-4500, tipo B1 totalmente instalado.	
	154	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	232.54
	0.154	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	21.38
	154	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	63.14
		TOTAL	317.06
15	Ud.	Armado metálico para la serie ACACIA C-500/C-4500, tipo B2 totalmente instalado.	
	208	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	314.08
	0.208	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pie de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	28.87
	208	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	85.28
		TOTAL	428.23

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
16	Ud.	Armado metálico para la serie ACACIA C-500/C-4500, tipo B3 totalmente instalado.	
	241	-Kilogramo de perfil de acero galvanizado en caliente, incluyendo lomillería a 1.51 €/Kg.	363.91
	0.241	-Tonelada de transporte desde fábrica a almacén y acopio a pié de tajo para cualquier distancia a 138.8 €/Tm.	33.45
	241	-Kilogramo de armado e izado a 0.41 €/Kg.	98.81
		TOTAL	496.17
17	Ud.	Cadena de suspensión para conductor de Aluminio-Acero LA-110 totalmente instalada.	
	1	-Horquilla de bola (HB-16) a	5.83
	3	-Aisladores tipo U-70 BS a 15.93 €/ud.	47.79
	1	-Rótula corta R16 a 10.76 €/ud.	10.76
	1	-Grapa de suspensión tipo GS-2 a 19.08 €/ud.	19.08
		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	30.84
		TOTAL	114.30

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
18	Ud.	Cadena de amarre para conductor de Aluminio-Acero LA-110 totalmente instalada.	
	1	-Horquilla de bola (HB-16) a 5.83 €/ud	5.83
	3	-Aisladores tipo U-70 BS a 15.93 €/ud.	47.79
	1	-Rótula larga R16P a 10.76 €/ud.	10.76
	1	-Grapa de amarre tipo GA-2 a 15.33 €/ud.	15.33
		-Transporte del material, medios auxiliares y mano de obra, hasta su completa instalación.	30.84
		TOTAL	114.30

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
19	Ud.	Kilómetro de conductor de aluminio-acero LA-110 tensado y grapado incluido todo tipo de cruzamientos y tala a matarrasa de arbolado en los tramos que sea necesario con retirada de sobrantes al punto de la finca más próximo al vial de salida. Se incluye la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal, por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes. Retirada de bobinas al almacén, todo ello por cada fase y totalmente instalado.	
	433		4.542.26
		-Kg de conductor LA-110 a 6.72 €/kg	
	20.28		136.27
		-Kg de conductor LA-110 en concepto de flechas a 6.72 €/kg	
	1000		1.200.00
		-Metro de tendido por fase incluido amarres hasta su total instalación totalmente instalado a 1.2€/kg	
	0.433		94.12
		-Tonelada de transporte desde fábrica o almacén y acopio a pie de tajo a cualquier distancia a 135.23 €/T	
			233.29
		-Parte proporcional por cruzamientos, apertura de calle de seguridad, tala, limpieza, desbroce, etc., según R.L.A.T. vigente y limpieza de todo tipo de masa arbórea tanto a nivel de matorral como de árbol maderable o no maderable, cortado a matarrasa y con una anchura de calle reglamentaria, etc.	
		TOTAL	6.197.08

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
20	Ud.	Seccionador tripolar con puesta a tierra AEG totalmente instalado.	
	1	-Seccionador tripolar con puesta a tierra a 17.270€/ud.	17.270
		-Transporte e instalación.	1300
		TOTAL	18.570
21	Ud.	Placa de aviso de peligro, totalmente instalada.	
	1	-Placa de peligro a 5.98 €/ud	5.98
		-Transporte, mano de obra y medios auxiliares, hasta su completa instalación	11.92
		TOTAL	17.90
22	Ud.	Placa de señalización o numeración totalmente instalada.	
	1	-Placa de señalización a 4.59 €/ud	4.59
		-Transporte, mano de obra y medios auxiliares, hasta su completa instalación	10.49
		TOTAL	15.08

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Nº	Ud.	DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
23	m	Preparación de accesos.	
		-Desmante en terreno de tránsito, con medios mecánicos, transporte de los productos de la excavación a vertedero.	2.50
		-Firme flexible para tráfico pesado T2 sobre explanada E3, compuesto por 20 cm de suelo cemento.	16.50
		TOTAL	19

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2. RESUPUESTOS PARCIALES

2.1) CAPÍTULO I: Apoyos y armados en la línea

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
1.1	5	15	Apoyo metálico serie ACACIA C-500/14 totalmente instalado	1.194,68	17.920,20
1.2	6	11	Apoyo metálico serie ACACIA C-500/16 totalmente instalado	1.395,58	15.351,38
1.3	7	47	Apoyo metálico serie ACACIA C-1000/14 totalmente instalado	1.335,07	62.748,29
1.4	8	21	Apoyo metálico serie ACACIA C-1000/16 totalmente instalado	1.541,45	32.370,45
1.5	9	4	Apoyo metálico serie ACACIA C-1000/18 totalmente instalado	1.820,93	7.283,72
1.6	10	14	Apoyo metálico serie ACACIA C-2000/14 totalmente instalado	1.851,40	25.919,60
1.7	11	9	Apoyo metálico serie ACACIA C-2000/16 totalmente instalado	2.164,54	19.480,86
1.8	12	1	Apoyo metálico serie ACACIA C-3000/16 totalmente instalado	2.637,31	2.637,31
1.9	13	1	Apoyo metálico serie ACACIA C-4500/18 totalmente instalado	3.908,32	3.908,32
1.10	14	68	Armado metálico para serie Acacia 500/4500, tipo B1 totalmente instalado	317,06	21.560,08
1.11	15	50	Armado metálico para serie Acacia 500/4500, tipo B2 totalmente instalado	428,23	21.411,50
1.12	16	5	Armado metálico para serie Acacia 500/4500, tipo B3 totalmente instalado	496,17	2.480,85
TOTAL CAPÍTULO I					233.072,56

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2.2) CAPÍTULO II: Aislamientos y herrajes

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
2.1	17	276	Cadena de suspensión para conductor de aluminio-acero LA-110 totalmente instalado	114,30	31.546,80
2.2	18	186	Cadena de amarre para conductor de aluminio-acero LA-110 totalmente instalado	114,30	21.259,80
TOTAL CAPÍTULO II					52.806,60

2.3) CAPÍTULO III: Puestas a tierra

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
3.1	3	90	Toma de tierra para torre metálica tipo ACACIA en red de Alta Tensión en lugar no frecuentado y sin elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	99,18	8.926,20
3.2	4	33	Toma de tierra para torre metálica tipo ACACIA en red de Alta Tensión en lugar frecuentado y/o con elementos de maniobra y protección, totalmente instalada.	99,18	3.272,94
TOTAL CAPÍTULO III					12.199,14

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2.4) CAPÍTULO IV: Conductor

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
4.1	19	3X21,214	Kilómetro de conductor de aluminio-acero LA-110 tensado y grapado incluido todo tipo de cruzamientos y tala a matarrasa de arbolado en los tramos que sea necesario con retirada de sobrantes al punto de la finca más próximo al vial de salida. Se incluye la mayor longitud de cables sobre la medición horizontal, por flechas, despuntes y puentes y la parte proporcional de empalmes. Retirada de bobinas al almacén, todo ello por cada fase y totalmente instalado.	6.197,08	394.394,57
TOTAL CAPÍTULO IV					394.394,57

2.5) CAPÍTULO V: Aparamenta de maniobra

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
5.1	20	2	Seccionador tripolar con puesta a tierra AEG totalmente instalado.	18.570	37.140
TOTAL CAPÍTULO V					37.140

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

2.6) CAPÍTULO VI: Letreros de señalización

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
6.1	21	123	Placa de aviso de peligro, totalmente instalada.	17,90	2.201,70
6.2	22	123	Placa de señalización o numeración totalmente instalada.	15,08	1854,84
TOTAL CAPÍTULO VI					4.056,54

2.7) CAPÍTULO VII: Preparación de accesos

Nº de orden	Nº de Unidad de obra	Medición	Designación	Precio Unidad (€/Ud)	Precio Total (€)
7.1	23	1.500	Preparación de accesos.	19	28.500
TOTAL CAPÍTULO VII					28.500

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

3. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

A continuación se detallan los distintos elementos que componen el presupuesto de ejecución material:

<u>Capítulo</u>	<u>Designación</u>	<u>Importe</u>
I	Apoyos y armados instalados en la línea	233.072,56 €
II	Aislamientos y herrajes	52.806,60 €
III	Puestas a tierra	12.199,14 €
IV	Conductor	394.394,57 €
V	Aparamenta de maniobra	37.140,00 €
VI	Letreros de señalización	4.056,54 €
VII	Preparación de accesos	28.500,00 €
VIII	Seguridad y salud	12.086,49 €
TOTAL		774.255,90 €
Imprevistos (5%)		38.712,79 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL		812.968,69 €

Asciende el presente presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de:

OCHOCIENTOS DOCE MIL, NOVECIENTOS SESENTA Y OCHO, CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS DE EURO.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

4. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Total de presupuesto ejecución material	812.968,69 €
Gastos generales (13%)	105.685,93 €
Beneficio industrial (6%)	48.778,12 €
Presupuesto por contrata	967.432,74 €
21% de I.V.A.	203.160,88 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.170.593,62 €

Asciende el presente presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de:

UN MILLÓN, CIENTO SETENTA MIL, QUINIENTOS NOVENTA Y TRES, CON SESENTA Y DOS CÉNTIMOS DE EURO.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

5. PRESUPEUSTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Total presupuesto ejecución por contrata	1.170.593,62 €
 Honorarios redacción del proyecto (4% del total de presupuesto ejecución del material)	 32.518,75 €
 Tramitación de licencias (2% del total de presupuesto ejecución material)	 16.259,37 €
TOTAL PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	1.219.371,74 €

Asciende el presente presupuesto para conocimiento de la administración a la expresada cantidad de:

UN MILLÓN, DOSCIENTOS DIECINUEVE MIL, TRESCIENTOS SETENTA Y UNO, CON SETENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

6. COSTES DE LOS MATERIALES

Materiales		Cantidad	Precio unitario (€)	Coste total (€)
m3 de hormigón de apoyo y/o anclaje, incluida peana		238,26	164,97	39.305,75
Tm de acopio y armado de apoyo (peso de apoyo+armado)		77,63	1.510,00	117.222,81
Cadena de amarre LA-110	Horquilla de bola (HB 16)	186	5,83	1.084,38
	Aisladores tipo U-70 BS	1.116,00	15,93	17.777,88
	Rótula larga (R16P)	186	10,76	2.001,36
	Grapa de amarre (GA 2)	186	19,08	3.548,88
Cadena de suspensión LA-110	Horquilla de bola (HB 16)	276	5,83	1.609,08
	Aisladores tipo U 70BS	828	15,93	13.190,04
	Rótula corta (R16)	276	10,76	2.969,76
	Grapa de suspensión (GS 2)	276	15,33	4.231,08
kg de conductor LA 110		28.847,65	6,72	193.856,18
Colocación de placa de peligro		123	5,98	735,54
Numeración de apoyos		123	4,59	564,57
Toma de Tierra en lugar no frecuentado para apoyo tipo "ACACIA"	Pica de Toma de Tierra	360	6,88	2.476,80
	Cartucho de soldadura	360	1,66	597,60
	Tubo PVC (m)	540	0,24	129,60
	Conductor de cobre (m)	1.800	2,80	5.040,00
	Terminal	360	0,66	237,60
	Tornillo para Terminal	360	0,60	216,00
	Hormigonado para la Toma de Tierra	29	47,62	1.371,46
Toma de Tierra en lugar frecuentado para apoyo tipo "ACACIA"	Pica de Toma de Tierra	132	6,88	908,16
	Cartucho de soldadura	132	1,66	219,12
	Tubo PVC (m)	198	0,24	47,52
	Conductor de cobre (m)	660	2,80	1.848,00
	Terminal	132	0,66	87,12
	Tornillo para Terminal	132	0,60	79,20
	Hormigonado para la Toma de Tierra	10,56	47,62	502,87
COSTE DE LA OBRA EN CONCEPTO DE MATERIALES				411.858,35

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Coste de la obra en concepto de materiales	411.858,35 €
Gastos generales (13%)	53.541,59 €
Beneficio industrial (6%)	24.711,50 €
COSTE DE LA OBRA EN CONCEPTO DE MATERIALES	490.111,44 €

Asciende el presente presupuesto coste de la obra en concepto de materiales a la expresada cantidad de:

CUATROCIENTOS NOVENTA MIL, CIENTO ONCE, CON CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS DE EURO.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

7. ESTRUCTURA Y DESARROLLO DE LA OBRA

7.1) Brigada

A continuación se detalla la estructura organizativa del personal que llevará a cabo todos los trabajos requeridos para el desarrollo del proyecto:

- 1 Encargado de obra.
- 4 Oficiales de 1ª.
- 4 Oficiales de 2ª.
- 8 peones.

7.2) Desglose de costes

- *Presupuesto ejecución por contrata: 967.432,74 €*
- *Coste de los materiales: 411.858,35 €*
- *Coste de la mano de obra: 555.574,39 €*
- *Coste de la brigada: 477.35 €/h.*

7.3) Planificación provisional del trabajo

La duración estimada para llevar a cabo todos los trabajos necesarios para la consecución del presente proyecto, considerando que se dispone de una brigada formada por 17 trabajadores (tal y como se ha indicado anteriormente), es de **146 días**, lo que equivale a **7,3 meses**.

Con el fin de modelar las diferentes tareas necesarias para la realización del proyecto, elaborando una asignación temporal y de operarios a cada una de ellas, se emplea el Diagrama de Gantt que se muestra a continuación

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA

“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

TAREAS		Comienzo	Fin	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
1)	Replanteo	vie 01/01/16	jue 14/01/16							
2)	Accesos	vie 01/01/16	vie 15/01/16							
3)	Excavaciones	vie 15/01/16	vie 05/02/16							
4)	Retirada tierras y/o esparcimiento	vie 01/01/16	vie 22/07/16							
5)	Hormigonado	sáb 06/02/16	lun 07/03/16							
6)	Acopio y armado de apoyos	vie 01/01/16	lun 22/02/16							
7)	Izado	mié 02/03/16	mié 13/04/16							
8)	Cruzamientos	vie 18/03/16	mié 13/04/16							
9)	Tendido, regulado y engrapado de LA-110	jue 14/04/16	mié 06/07/16							
10)	Tomas de tierra	lun 27/06/16	jue 21/07/16							
11)	Colocación placas de peligro y numeración	jue 21/07/16	jue 21/07/16							
12)	Remates: poda, repaso etc.	jue 07/07/16	vie 22/07/16							

*La traza discontinua indica actividad que realizarán aquellos operarios que no se encuentren realizando otra tarea.

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

Santander, a Septiembre de 2015

Fdo. Luis Madinabeitia García-Capelo

BIBLIOGRAFÍA

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”

DOCUMENTO Nº 5: BIBLIOGRAFÍA

Normativa

- Reglamento de Línea eléctrica de Alta Tensión (R.L.A.T.) e Instrucción Técnica Complementaria (ITC-LAT 07) Real Decreto 223/2008 15 Febrero.
- Normativa UNE aplicable.
- Recomendaciones UNESA.

Libros de consulta

- Apuntes de la Asignatura Líneas y Redes, asignatura optativa de mi plan de estudios.
- Apuntes de la Asignatura Sistemas de Potencia, impartida en el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales
- Manuales Técnicos de Iberdrola

Catálogos

- Apoyos IMEDEXSA
- Aisladores, grapas y herrajes para líneas aéreas INAEL.

Páginas Web

- <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/apoyo.htm>
- <http://www.ceac.es/blog/inicio/2013/01/29/efecto-corona-en-lineas-de-transmision>
- http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo2/calculo_mecanico.html#3
- http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo2/aisladores.html
- <http://www.tuveras.com/lineas/aereas/lineasaereas.htm>
- <http://www.instalacionesindustriales.es/normativa/electricidad/MIE-RAT/MIE-RAT-13.html>
- http://www.geocities.ws/tecno_sanpablo/apuntes/Tec/tec-m3.pdf

E.T.S.I.I.T. PROYECTO FIN DE CARRERA
**“Interconexión de Línea Aérea de Media Tensión a 30kV entre las subestaciones
de Mataporquera (Valdeolea) y Polientes (Valderredible)”**

Santander, a Septiembre de 2015

Fdo. Luis Madinabeitia García-Capelo