Decreto 3151/1968, de 28 de noviembre, aprueba el Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

Derogado (efectos de la derogación desde 19 de septiembre de 2010) por: REAL DECRETO 223/2008

Rectificación de errores, B.O.E. 8 marzo 1969.

El continuado alcance de la técnica en la construcción de líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión, basado en experiencia adquirida y en las continuas investigaciones que sobre esta materia se realizan, exige una modificación de las normas que la Administración fijó en su día para su construcción, dictando otras que respondan a la nueva situación que esos avances técnicos han creado, tanto en la parte puramente constructiva, como en la que se refiere a la seguridad de personas y cosas.

Ya por Orden del Ministerio de Industria de 4 de enero de 1965, dictada en cumplimiento de lo dispuesto en el Decreto 362/1964, de 13 de febrero, se realizó una refundición, con algunas modificaciones, de las disposiciones vigentes en los Ministerios de Obras Públicas y de Industria, dictadas por Ordenes ministeriales de 10 de julio de 1948 y 23 de febrero de 1949, respectivamente.

Siguiendo la orientación que el citado Decreto fijaba en lo que se refiere a la colaboración de los Ministerios de Obras Públicas y de Industria en este campo, se ha redactado por los Servicios eléctricos de ambos Departamentos el Reglamento Técnico de líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, cuyas disposiciones sustituirán, con ámbito nacional, a las actualmente vigentes.

En su virtud, a propuesta del Ministro de Industria y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 25 de octubre de 1968.

DISPONGO:

Artículo 1 °

Se aprueba el adjunto Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

Artículo 2 °

Las disposiciones contenidas en dicho Reglamento serán de aplicación a las líneas de nueva instalación y a las ampliaciones de las actualmente existentes, que se realicen a partir de la fecha de la publicación del mismo en el "Boletín Oficial del Estado".

No obstante, durante un plazo de doce meses, contados a partir de la publicación de este Decreto en el "Boletín Oficial del Estado", las líneas ya autorizadas o con proyecto presentado para su aprobación, podrán construirse con arreglo a las disposiciones actualmente vigentes.

Artículo 3.°

Queda derogado el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión aprobado por Orden del Ministerio de Industria de 23 de febrero de 1949 y modificado por disposición de igual rango de 4 de enero de 1965.

Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aérea de Alta Tensión

CAPITULO PRIMERO

Consideraciones generales

Artículo 1°.- Ámbito de aplicación.

Las disposiciones contenidas en el presente Reglamento se refieren a las prescripciones técnicas que deberán cumplir las líneas eléctricas aéreas de alta tensión, entendiéndose como

tales las de corriente alterna trifásica a 50 Hz. de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea igual o superior a 1 kv. Aquellas líneas en las que se prevea utilizar otros sistemas de transmisión de energía -corriente continua, corriente alterna monofásica o polifásica, etc.- deberá ser objeto de una justificación especial por parte del proyectista, el cual deberá adaptar las prescripciones y principios básicos del presente Reglamento a las peculiaridades del sistema propuesto.

Quedan excluidas de la aplicación de las presentes normas, únicamente las líneas eléctricas que constituyen el tendido de tracción propiamente dicho -línea de contacto- de los ferrocarriles u otros medios de transporte electrificados. En aquellos casos especiales en los que la aplicación estricta de las presentes normas no conduzca a la solución óptima, y previa la debida justificación, podrá el órgano competente de la Administración autorizar valores o condiciones distintos de los establecidos con carácter general en el presente Reglamento.

Artículo 2°.- Tensiones.

Se entiende por "tensión nominal" el valor convencional de la tensión eficaz entre fases con que se designa la línea y a la cual se refieren determinadas características de funcionamiento, y por "tensión más elevada" de la línea, al mayor valor de la tensión eficaz entre fases, que puede presentarse en un instante en un punto cualquiera de la línea, en condiciones normales de explotación, sin considerar las variaciones de tensión de corta duración debidas a efectos o a desconexiones bruscas de cargas importantes.

Las tensiones nominales normalizadas, así como los valores correspondientes de las tensiones más elevadas -según las normas CEI- incluyen en el cuadro adjunto.

Categoría de la línea	Tensión nominal KV	Tensión más elevada KV
3ª	3	3,6
	6	7,2
	10	12
	15	17,5
	20	24
2ª	30	36
	45	52
	66	72,5
1ª	132	145
	220	245
	380	420

Únicamente en el caso de que la línea objeto del proyecto sea extensión de una red ya existente, podrá admitirse la utilización de una tensión nominal diferente de las anteriormente señaladas.

De entre ellas se recomienda la utilización de las tensiones que a continuación se indican:

20-66-132-220- y 380 KV.

Si durante la vigencia del presente Reglamento y en ausencia de disposiciones oficiales sobre la materia, se considerase conveniente la adopción de una tensión nominal superior a 380 kV., deberá justificarse de modo adecuado la elección del nuevo escalón de tensión propuesto, de acuerdo con las recomendaciones de organismos técnicos internacionales y con el criterio

existente en los países limítrofes. La tensión nominal de la línea, expresada en kV., se designará en lo sucesivo por la letra U.

Artículo 3º.- Clasificación de las líneas.

Las líneas eléctricas áreas de alta tensión, a las que se refiere el presente Reglamento, se clasifican en la forma siguiente:

Primera categoría.- Las de tensión nominal superior a 66 kV.

Segunda categoría.- Las de tensión nominal comprendida entre 66 y 30 kV., ambas inclusive.

Tercera categoría.- Las de tensión nominal interior a 30 kV., e igual o superior a 1 kV.

Artículo 4º.- Trazado.

Las líneas eléctricas se estudiarán siguiendo el trazado que considere más conveniente el autor de¡ proyecto, en su intento de lograr la solución óptima para el conjunto de la instalación, ajustándose en todo caso a las prescripciones que en este Reglamento se establecen.

Se evitarán en lo posible los ángulos pronunciados, tanto en planta como en alzado, y se reducirán al mínimo indispensable el número de situaciones reguladas por las prescripciones especiales de¡ capítulo 7.

CAPITULO II

Proyecto

Artículo 5º.- Directrices para su redacción.

Las directrices fundamentales que deben presidir la redacción de¡ proyecto son las siguientes:

a. Exponer la finalidad de la línea eléctrica, razonando su necesidad o conveniencia, en el caso de no haber sido previamente autorizada.

b. Describir y definir la instalación, sus elementos integrantes y las características de funcionamiento.

c. Evidenciar el cumplimiento de las prescripciones técnicas impuestas por el presente Reglamento.

d. Valorar claramente el conjunto de la instalación y el de aquellos tramos en los que, de acuerdo con la legislación vigente, deban intervenir diferentes Organismos de la Administración.

Artículo 6 º *Documentos que ha de comprender.*

El proyecto de una línea eléctrica aérea constará en general, de los tres documentos siguientes:

Memoria, Planos y Presupuesto.

El documento Memoria deberá incluir preceptivamente:

a. La descripción del trazado de la línea indicando las provincias y términos municipales afectados.

b. La relación de cruzamientos, paralelismos y demás situaciones reguladas en el capítulo 7 -Prescripciones especiales-, con los datos necesarios para su localización y para la identificación del propietario, Entidad y Organismo afectado.

c. La descripción de la instalación a establecer, indicando sus características generales, así como las de los materiales que se prevea utilizar.

d. Los cálculos, eléctricos y mecánicos, justificativos de que en el conjunto de la línea y en todos sus elementos, en especial en los cruzamientos,. paralelismos, pasos y demás situaciones reguladas en el capítulo 7 -Prescripciones especiales- se cumplen las normas que se establecen en el presente Reglamento.

El documento Planos deberá contener:

a. El plano de situación a escala suficiente para que el emplazamiento de la línea quede perfectamente definido.

b. El perfil longitudinal y la planta, a escalas mínimas horizontal 1 : 2.000 y vertical 1: 500, situándose en la planta todos los servicios que existan en una faja de 50 metros de anchura a cada lado del eje de la línea, tales como carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas y de telecomunicación, etc. Se indicará la situación y numeración de los apoyos, su tipo y sistema de fijación de los conductores; la escala kilométrica, las longitudes de los vanos, ángulos de trazado, numeración de las parcelas, límites de provincias y términos municipales y la altitud de los principales puntos de perfil sobre el plano de comparación.

c. Los planos de detalle de cruzamientos, paralelismos, pasos y demás situaciones reguladas en el capítulo 7 - Prescripciones especiales -, señalando explícita y numéricamente para cada uno de ellos el cumplimiento de las separaciones mínimas que se imponen.

d. Los planos de cada tipo de apoyo y cimentación, a una escala conveniente.

e. Los planos de aisladores, herrajes, tomas de tierra o de los distintos conjuntos utilizados, a una escala adecuada.

El documento Presupuestos constará de dos partes. En la primera, denominada Presupuesto general, se indicarán los precios unitarios de los diferentes elementos que componen la instalación y el importe total de la misma. En la segunda, denominada Presupuesto de las obras en las partes que se encuentren sometidas a intervención de los diversos Organismos afectados, se obtendrá de modo justificado para cada uno de ellos el importe correspondiente.

Artículo 7°.- Proyectos de modificación de líneas existentes.

En la redacción de estos proyectos habrá de observarse lo establecido en los artículos anteriores. Cuando las modificaciones que se propongan, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 1.°, no cumplan exactamente las prescripciones reglamentarias, deberá efectuarse una comparación concisa y clara de la solución propuesta con la que resultaría de la aplicación estricta del presente Reglamento, relacionando ambas en un cuadro comparativo que ponga de relieve las diferencias existentes.

CAPITULO III

Elementos utilizados en las líneas

Artículo 8°.- Conductores.

1. Naturaleza.

Los conductores podrán ser de cualquier material metálico o combinación de éstos que permitan constituir alambres o cables de características eléctricas y mecánicas adecuadas para su fin e inalterables con el tiempo, debiendo presentar además una resistencia elevada a la corrosión atmosférica.

Sus características mecánicas y sus dimensiones satisfarán las condiciones que posteriormente se indican.

Podrán emplearse cables huecos y cables rellenos de materiales no metálicos.

Los conductores de aluminio y sus aleaciones serán siempre cableados.

2. Características.

Se adoptarán las características de los conductores que sean facilitadas por los fabricantes de los mismos.

Si no se dispusiera de las características citadas en el párrafo anterior, se podrán utilizar los valores fijados en las correspondientes normas UNE de conductores.

En el cuadro siguiente se resumen las características principales de los alambres más corrientemente utilizados en los conductores, según las citadas normas.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES DE ALAMBRE

Naturaleza	Peso específico gr/cm^2	Diámetro mm.	Carga de rotura Kg/mm^2.	Módulo de elasticidad final Kg/mm^2.
Cobre duro	8,89	1 a 7,5	45 a 37	12.000
Aluminio duro	2,70	1,25 a 5,50	20 a 16	6.750
Aleación de aluminio	2,70	1,40 a 4	30	6.500
Acero (alma de cables)	7,78	1,25 a 4,75	133	20.000
Naturaleza	Coeficiente de dilatación lineal Por 1° C	Resistividad a 20° C Ohm. mm^2/m	Coeficiente de variación de resistividad	
Cobre duro	17 x 10°	0,01759	0,00399	
Aluminio duro	23 x 10°	0,02826	0,00403	
Aleación de aluminio	23 x 10°	0,03250	0,00360	
Acero (alma de cables)	1,5 x 10°	-	-	

La sección nominal mínima admisible de los conductores de cobre y sus aleaciones será de 10 milímetros cuadrados. En el caso de los conductores de acero galvanizado la sección mínima admisible será de 12,5 milímetros cuadrados.

Para los demás metales, no se emplearán conductores de menos de 350 kilogramos de carga de rotura.

En el caso en que se utilicen conductores usados, procedentes de otras líneas desmontadas, las características que afectan básicamente a la seguridad deberán establecerse razonablemente, de acuerdo con los ensayos que preceptivamente habrán de realizarse.

Cuando en los cálculos mecánicos se tenga en cuenta el proceso de fluencia o de deformaciones lentas, las características que se adopten para estos cálculos deberán justificarse, bien mediante ensayos o utilizando valores comprobados en otras líneas.

3. Empalmes y conexiones.

Se denomina "empalme" a la unión de conductores que asegura su continuidad eléctrica y mecánica.

Se denomina "conexión" a la unión de conductores que asegura la continuidad eléctrica de los mismos, con una resistencia mecánica reducida.

Cuando en una línea eléctrica se empleen como conductores cables, cualquiera que sea su composición o naturaleza, o alambres de más de 6 milímetros de diámetro, los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores.

Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 90 por 100 de la carga de rotura del cable empalmado.

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

Para conductores de alambre de 6 milímetros o menos de diámetro, se podrá realizar el empalme por simple retorcimiento de los hilos.

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

Se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor. Solamente en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

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

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

Artículo 9°.- Cables de tierra.

Cuando se empleen cables de tierra para la protección de la línea se recomienda que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de 35°.

Los cables de tierra podrán ser de acero u otro metal que cumpla las condiciones fijadas en el apartado 1 del artículo 8 °.

Asimismo los empalmes de los cables de tierra reunirán las mismas condiciones de seguridad e inalterabilidad exigidas en el correspondiente apartado para los empalmes de los conductores.

Cuando para el cable de tierra se utilice cable de acero galvanizado, la sección nominal mínima que deberá emplearse será de 50 milímetros cuadrados, para las líneas de primera categoría y 22 milímetros cuadrados para las demás.

Cuando se tome en consideración la cooperación de los cables de tierra en la resistencia de los apoyos, se incluirán en el proyecto los cálculos justificativos de que el conjunto apoyo-cables de tierra en las condiciones más desfavorables, no tiene coeficientes de seguridad inferiores a los correspondientes a los distintos elementos.

Los cables de tierra, cuando se empleen para protección de la línea, deberán estar conectados en cada apoyo directamente al mismo, si se trata de apoyos metálicos o a las armaduras metálicas de la fijación de los aisladores, en el caso de apoyos de madera u hormigón.

Además de esto deberán quedar conectados a tierra de acuerdo con las normas que se indican en el apartado 6 del artículo 12.

Los herrajes de la línea deberán unirse al cable de conexión a tierra, pudiendo dejarse aislados en aquellos casos en que el autor del proyecto considere conveniente utilizar el aislamiento que le proporcionen los elementos del apoyo (crucetas de madera, etc.).

Artículo 10º.- Herrajes.

Se considerarán bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor; los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores y, finalmente, los accesorios del conductor, como separadores, antivibradores, etc.

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera, muy particularmente en el caso que fueran de temerse efectos electrolíticos.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90 por 100 de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

En el diseño de los herrajes empleados en líneas de muy alta tensión, se tendrá muy presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona.

Artículo 11º.- Aisladores.

Los aisladores utilizados en las líneas a que se refiere este Reglamento podrán ser de porcelana, vidrio u otro material de características adecuadas a su función.

Las partes metálicas de los aisladores estarán protegidas adecuadamente contra la acción corrosiva de la atmósfera.

Artículo 12º.- Apoyos.

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 sigue denominaremos simplemente "Apoyos" 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 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 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.

1. Clasificación según su función:

Atendiendo a su función en la línea los apoyos se clasifican en la siguiente forma:

- "Apoyos de alineación": Que sirven solamente para sostener los conductores y cables de tierra, debiendo ser empleados únicamente en alineaciones rectas.

- "Apoyos de ángulo": Que se utilizan para sostener los conductores y cables de tierra en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.

- "Apoyos de anclaje": Que deben proporcionar puntos firmes en la línea que limiten la propagación en la misma de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.

- "Apoyos de fin de línea": Que deben resistir en sentido longitudinal de la línea, la solicitación de todos los conductores y cables de tierra.

- "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.

2. Apoyos metálicos.

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 remachada o 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 ni remaches de un diámetro inferior a 12 milímetros.

La utilización de los tubos y en general de perfiles cerrados, se hará siempre en forma que resulten estancos, es decir, sin comunicación de su cavidad interior con la exterior.

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.

3. Apoyos de hormigón.

En todos los tipos prefabricados -centrifugados, vibrados, pretensados, etc- debe prestarse especial atención al grueso de recubrimiento de hormigón sobre las armaduras, en evitación de grietas longitudinales, y como garantía de la impermeabilidad.

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.

Se recomienda limitar la utilización de apoyos moldeados en otra a casos especiales, en los cuales deben arbitrarse los medios necesarios para poder controlar adecuadamente la calidad de su fabricación.

Cuando se empleen apoyos de hormigón, en suelos o aguas que sean agresivos al mismo, deberán tomarse las medidas necesarias para su protección.

4. Apoyos de madera.

En líneas con postes de madera, se emplearán principalmente el castaño y la acacia entre las especies frondosas y el pino silvestre, pino laricio, pino pinaster y abeto, entre las especies coníferas.

Las especies coníferas deberán ser tratadas mediante un procedimiento de preservación eficaz, que evite su putrefacción.

Las especies de crecimiento rápido, como el pino insignis y el eucalipto no serán aceptables sino en instalaciones provisionales para una duración no superior a dos años. La madera de los postes deberá tener la fibra recta, ser sana; debidamente descortezada y seca, y no presentará grietas longitudinales o radicales, nudos viciosos, torceduras excesivas, ni indicios de ataque.

El extremo superior deberá tallarse en cono o cuña para dificultar la penetración del agua de lluvia.

Las crucetas de madera deberán ser rectas, sin nudos apreciables, debiendo ser tratadas como se ha indicado anteriormente.

El diámetro mínimo de los postes será de 11 centímetros en su extremo superior, en las especies coníferas, valor que podrá reducirse a 9 centímetros para el castaño.

5. Tirantes.

Los tirantes o vientos deberán ser varillas o cables metálicos, que en el caso de ser de acero, deberán estar galvanizados a fuego.

No se utilizarán tirantes definitivos cuya carga de rotura sea inferior a 1.750 kilogramos ni cables formados por alambres de menos de dos milímetros de diámetro. En la parte enterrada en el suelo se recomienda emplear varillas galvanizadas de no menos de 12 milímetros de diámetro.

La separación de los conductores a los tirantes deberá cumplir las prescripciones del apartado 2, del artículo 25.

Se prohíbe la fijación de los tirantes a los soportes de aisladores rígidos o a los herrajes de las cadenas de aisladores.

En la fijación del tirante al apoyo se emplearán las piezas adecuadas para que no resulten perjudicadas las características mecánicas del apoyo ni las del tirante.

Los tirantes estarán provistos de las mordazas o tensores adecuados para poder regular su tensión, sin recurrir a la torsión de los alambres, lo que queda prohibido.

Si el tirante no estuviese conectado a tierra a través del apoyo, o directamente en la forma que se señala en el apartado 6, del artículo 12, estará provisto de aisladores. Estos aisladores se dimensionarán eléctrica y mecánicamente de forma análoga a los aisladores de la línea, de acuerdo con lo que se establece en el artículo 24 y en el apartado 1 del artículo 29.

Estos aisladores estarán a una distancia mínima de U/75 metros del conductor más próximo, estando éste en la posición que proporcione la distancia mínima al aislador, siendo U la tensión nominal en kV. de dicho conductor más próximo. Los aisladores no se encontrarán situados a una distancia inferior a tres metros del suelo.

En los lugares frecuentados, los tirantes deben estar convenientemente protegidos hasta una altura de dos metros sobre el terreno.

6. Conexión de los apoyos a tierra.

Los apoyos de las líneas eléctricas de alta tensión deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con las normas que en el presente apartado se dictan, determinadas teniendo en cuenta las características que pueden influir en:

a. La magnitud de la caída de tensión en la toma de tierra durante las descargas.

b. La duración de las descargas a tierra.

c. La probabilidad de contactos con las personas, y

d. La probabilidad de fallo del aislamiento.

Deberán conectarse a tierra, mediante una conexión específica, todos los apoyos metálicos y de hormigón armado, así como las armaduras metálicas de los de madera en líneas de primera categoría, cuando formen puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

En el caso de líneas equipadas con protecciones de la sensibilidad necesaria para detectar faltas francas a tierra en cualquier punto de la línea y capaces de desconectar la línea averiada en un tiempo muy breve podrá omitirse la prescripción del párrafo anterior, en los casos siguientes:

a. En los apoyos de hormigón armado, así como en los metálicos implantados directamente en el terreno, situados en zonas no frecuentadas y no equipados con cable de tierra, puede prescindirse de la puesta a tierra de los apoyos en líneas de tensiones nominales de: Hasta 45 kV. para los primeros y hasta 20 kV. para los segundos, ambas tensiones incluidas.

b. En líneas equipadas con cables de tierra, sea cual fuese el material constituyente del apoyo, deberá disponerse toma de tierra en un apoyo por lo menos cada 500 metros, salvo en los apoyos de seguridad reforzada, que deberán estar siempre conectados a tierra.

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

- Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.

- Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que más adelante se exigen para los conductores de conexión a tierra. Sin embargo, esta forma de conexión no se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

Los conductores de conexión a tierra podrán ser de cualquier material metálico que reúna las condiciones exigidas en el apartado 1. art. 8. Tendrán una acción tal que puedan soportar sin un calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea.

En ningún caso la sección de estos conductores será inferior a la eléctricamente equivalente a 16 milímetros cuadrados de cobre.

Se cuidará la protección de los conductores de conexión a tierra en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno, de modo que queden defendidos contra golpes, etcétera. En este sentido, cuando en el apoyo exista macizo de hormigón el conductor no debe tenderse por encima de él sino atravesarlo.

Las tomas de tierra deberán ser de un material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de modo que puedan garantizar una resistencia de difusión, mínima en cada caso, y de larga permanencia.

El tipo o modelo, dimensiones y colocación (bajo la superficie del terreno) de los electrodos de difusión deberá figurar claramente en un plano de los que forman el proyecto de la línea, de modo que pueda ser aprobado por el Servicio correspondiente de la Administración.

7. Numeración y avisos de peligro.

En cada apoyo se marcará el número que le corresponda, de acuerdo con el criterio de comienzo y fin de línea que se haya fijado en el proyecto, de tal manera que las cifras sean legibles desde el suelo.

También se recomienda colocar indicaciones de existencia de peligro en todos los apoyos. Esta recomendación será preceptiva para líneas de primera categoría y en general para todos los apoyos situados en zonas frecuentadas.

Artículo 13º.- Cimentaciones.

Las cimentaciones de los apoyos podrán ser realizadas en hormigón, hormigón armado, acero o madera.

En las cimentaciones de hormigón se cuidará de su protección en el caso de suelos o aguas que sean agresivos para el mismo.

En las de acero o madera se prestará especial atención a su protección, de forma que quede garantizada su duración.

Las cimentaciones o partes enterradas de los apoyos y tirantes deberán ser proyectadas y construidas para resistir las acciones y combinaciones de las mismas señaladas en el artículo 30.

CAPITULO IV

Acciones a considerar en el cálculo

Artículo 14º.- Cargas y sobrecargas a considerar.

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectuará bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y en las condiciones que se fijan en los apartados siguientes.

En el caso de que puedan preverse acciones de todo tipo más desfavorables que las que a continuación se prescriben, deberá el proyectista adoptar de modo justificado valores distintos a los establecidos, sometiéndose en todo caso a lo dispuesto en el último párrafo del artículo 1 °.

Artículo 15º.- Cargas permanentes.

Se considerarán las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, cables de tierra -si los hubiere-, apoyos y cimentaciones.

Artículo 16º.- Presiones debidas al viento.

Se considerará un viento de 120 Km/hora (33,3 m/sg) de velocidad. Se supondrá el viento horizontal, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

La acción de este viento da lugar a las presiones que a continuación se indican sobre los distintos elementos de la línea:

- Sobre conductores y cables de tierra de un diámetro igual o inferior a 16 milímetros: 60 Kg/m^2.
- Sobre conductores y cables a tierra de un diámetro superior a 16 milímetros: 50 Kg/m^2.
- Sobre superficies planas: 100 Kg/m^2.
- Sobre superficies cilíndricas de los apoyos, como postes de madera, hormigón / tubos, etcétera: 70 Kg/m^2.
- Sobre estructuras de celosía de cuatro caras realizadas con perfiles metálicos normales.
    - Cara de barlovento, 160 (1-**η**) Kg/m^2.
    - Cara de sotavento, 80 (1-**η**) Kg/m^2.
- Sobre estructuras de celosía de cuatro caras realizadas en perfiles cilíndricos:

- Cara de barlovento, 90 (1-**η**) Kg/m^2.
- Cara de sotavento, 45 (1-**η**) Kg/m^2.

Las presiones anteriormente indicadas se considerarán aplicadas sobre la s proyecciones de las superficies reales en un plano normal a la dirección del viento.

Estos valores son válidos hasta una altura de 40 metros sobre el terreno circulante, debiendo para mayores alturas adoptarse otros valores debidamente justificados.

El coeficiente **η** que interviene en las expresiones relativas a los apoyos de celosía es el coeficiente de opacidad, relación entre las superficies real de la cara y el área definida por su silueta. Las expresiones son válidas hasta **η** = 0,5, debiendo adoptarse el valor de la expresión correspondiente a **η** = 0,5, para los valores de **η** superiores.

No se tendrá en cuenta el efecto de pantalla entre conductores ni aun en el caso de haces de conductores de fase.

Artículo 17º.- Sobrecargas motivadas por el hielo.

A estos efectos, el país se clasifica en tres zonas:

- Zona A: La situada a menos de 500 metros de altitud sobre el nivel del mar.
- Zona B: La situada a una altitud entre 500 y 1.000 metros sobre el nivel del mar.
- Zona C: La situada a una altitud superior a 1.000 metros sobre el nivel del mar.

Las sobrecargas serán las siguientes:

- Zona A: No se tendrá en cuenta sobrecarga alguna motivada por el hielo.
- Zona B: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:

180*√d gramos por metro lineal

siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.

- Zona C: Se considerarán sometidos los conductores y cables de tierra a la sobrecarga de un manguito de hielo de valor:

360*√d gramos por metro lineal

siendo d el diámetro del conductor o cable de tierra en milímetros.

Artículo 18º.- Desequilibrio de tracciones.

1. Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo.

Se considerará un esfuerzo longitudinal equivalente al 8 por 100 de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra. Este esfuerzo se considerará distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra. En el caso de realizarse el estudio analítico completo de los posibles desequilibrios de las tensiones de los conductores, podrá sustituirse el anterior valor por los resultados del análisis.

2. Desequilibrio en apoyos de anclaje.

Se considerará por este concepto un esfuerzo equivalente al 50 por 100 de las tracciones unilaterales de los conductores y cables de tierra, considerándose distribuido este esfuerzo en el eje del apoyo en forma análoga a la indicada en el apartado 1 del artículo 18.

3. Desequilibrio en apoyos de fin de línea.

Se considerará por el mismo concepto un esfuerzo igual al 100 por 100 de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cables de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta, por consiguiente, la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

4. Desequilibrios muy pronunciados.

En los apoyos de cualquier tipo que tengan un fuerte desequilibrio de los vanos contiguos, deberá analizarse el desequilibrio de tensiones de los conductores en la hipótesis de máxima tensión de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente, se aplicarán los valores resultantes de dicho análisis.

Artículo 19º.- Esfuerzos longitudinales por rotura de conductores.

1. En apoyos de alineación y de ángulo.

Se considerará el esfuerzo unilateral, correspondiente a la rotura de un solo conductor o cable de tierra. Este esfuerzo se considerará aplicado en el punto que produzca la solicitación más desfavorable para cualquier elemento de apoyo, teniendo en cuenta la torsión producida en el caso de que aquel esfuerzo sea excéntrico.

Previas las justificaciones pertinentes, podrá tenerse en cuenta la reducción de este esfuerzo, mediante dispositivos especiales adoptados para este fin; así como la que pueda originar la desviación de la cadena de aisladores de suspensión.

Teniendo en cuenta este último concepto, el valor mínimo admisible del esfuerzo de rotura que deberá considerarse será: El 50 por 100 de la tensión del cable roto en las líneas con uno o dos conductores por fase y circuito, el 75 por 100 de la tensión del cable roto en las líneas con tres conductores por fase y circuito, no pudiéndose considerar reducción alguna por desviación de la cadena en las líneas con cuatro o más conductores por fase y circuito.

2. En apoyos de anclaje.

Se considerará el esfuerzo correspondiente a la rotura de un cable de tierra o de un conductor en las líneas con un solo conductor por fase y circuito, sin reducción alguna de su tensión, y en las líneas con conductores en haces múltiples, se considerará la rotura de un cable de tierra o la rotura total de los conductores de un haz de fase, pero supuestos aquellos con una tensión mecánica igual al 50 por 100 de la que les corresponde en la hipótesis que se considere, no admitiéndose sobre los anteriores esfuerzos ni reducción alguna.

Este esfuerzo se considerará aplicado en forma análoga que en los apoyos de alineación y de ángulo.

3. En apoyos de fin de línea.

Se considerará este esfuerzo como los apoyos de anclaje según el apartado 2 del artículo 19, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda, de acuerdo con la hipótesis de carga.

Artículo 20º.- Esfuerzos resultantes de ángulo.

En los apoyos de ángulo, se tendrá además en cuenta el esfuerzo resultante de ángulo de las tracciones de los conductores y cables de tierra.

CAPITULO V

Cálculos eléctricos

Artículo 21º.- Régimen eléctrico de funcionamiento.

Se realizarán los cálculos eléctricos de la línea para los distintos regímenes de funcionamiento previstos, poniéndose claramente de manifiesto las intensidades máximas, caídas de tensión y pérdidas de potencia.

Artículo 22º.- Densidad de corriente en los conductores.

Las densidades de corriente máxima en régimen permanente no sobrepasarán los valores señalados en la tabla adjunta. En el caso de realizarse en el proyecto el estudio de la temperatura alcanzada por los conductores, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas y de la carga de la línea, podrán admitirse valores diferentes,

Sección nominal mm^2	Densidad de corrientes Amperios/ mm^2		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75		
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

Los valores de la tabla anterior se refieren a materiales de las resistividades separadas en la tabla del apartado 2 del artículo 6 °.

Para cables de aluminio-acero se tomará en la tabla el valor de la densidad de corriente correspondiente a su sección como si fuere de aluminio y su valor se multiplicará por un coeficiente de reducción que según la composición será: 0,902 para la composición 30 + 7: 0,926 para las composiciones 6 + 1, y 26 + 7; 0,941 para la composición 54 + 7. El valor resultante se aplicará para la sección total del conductor.

Para los cables de aleación de aluminio-acero se procederá de forma análoga partiendo de la densidad de corriente correspondiente a la aleación de aluminio, empleándose los mismos coeficientes de reducción en función de la composición. Para conductores de otra naturaleza, la densidad máxima admisible se obtendrá multiplicando la fijada en la tabla para la misma sección de cobre por un coeficiente igual a:

$$\sqrt{1,759/\rho}$$

siendo ρ la resistividad a 20° C del conductor de que se trata, expresada en microhmios-centímetros.

Artículo 23º.- Efecto corona y perturbaciones.

Será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de primera categoría. Asimismo en aquellas líneas de segunda categoría que puedan estar próximas al límite inferior de dicho efecto, deberá realizarse la citada comprobación.

El proyectista justificará, con arreglo a los conocimientos de la técnica, los límites de los valores de la intensidad del campo de conductores, así como en sus accesorios -herrajes y aisladores- que puedan ser admitidos en función de la densidad y proximidad de los servicios que puedan ser perturbados en la zona atravesada por la línea.

Artículo 24º.- Nivel 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 ésta ha sido definida en el artículo 2.°, serán los reflejados en la tabla adjunta.

Para otros valores de la tensión más elevada que no coincidan con los reflejados en la tabla, se interpolarán en función de aquélla, los valores de las tensiones de ensayo.

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 recomienda atenerse a las normas sobre este material de la Comisión Electrotécnica Internacional.

Categoría de la línea	Tensión más elevada kV. eficaces	Tensión de ensayo al choque kV. cresta		Tensión de ensayo Industrial a frecuencia kV. Eficaces	
3ª	3,6	45		16	
	7,2	60		22	
	12	75		28	
	17,5	95		38	
	24	125		50	
2ª	36	170		70	
	52	250		95	
	72,5	325		140	
		Neutro a tierra	Neutro aislado	Neutro a tierra	Neutro aislado
1ª					
	100	380		150	
	123	450	450	185	185
	145	550	550	230	230
	170	650	650	275	275
	245	900	750	395	325
	420	1.550	1.050	680	460

Artículo 25º.- Distancias de seguridad.

1. Distancia de los conductores al terreno.

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

15,3 + U/150 metros

En la hipótesis del cálculo de flechas máximas bajo la acción del viento sobre los conductores, se mantendrá una distancia inferior a un metro a la anteriormente señalada, considerándose en este caso el conductor con la desviación producida por el viento.

En lugares de difícil acceso, las anteriores distancias podrán ser reducidas en un metro.

Entre la posición de los conductores con su flecha máxima vertical, y la posición de los conductores con su flecha y desviación correspondiente a la hipótesis de viento a) del apartado 3, del artículo 27, las distancias de seguridad al terreno vendrán determinadas por la curva envolvente de los círculos de distancia trazados en cada posición intermedia de los conductores, con un radio interpolado entre la distancia correspondiente a la posición vertical y a la correspondiente a la posición de máxima desviación, en función lineal del ángulo de desviación.

2. Distancia de los conductores entre sí y entre éstos y los apoyos.

La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, 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 se determinará por la fórmula siguiente:

$$D = K \sqrt{F} + L + U/150$$

en la cual:

D = Separación entre conductores en metros.

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla adjunta.

F = Flecha máxima en metros, según el apartado 3 del artículo 27.

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L =0.

U =Tensión nominal de la línea en kV.

Angulo de oscilación	Valores de k	
	Líneas de 1ª y 2ª categoría	Líneas de 3ª categoría
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio, por metro lineal de conductor, estando la primera determinada de acuerdo con el artículo 16.

La fórmula anterior corresponde a conductores iguales y con la misma flecha. En el caso de conductores diferentes o con distinta flecha, se justificará la separación entre ellos, analizando sus oscilaciones con el viento.

En el caso de conductores dispuestos en triángulo o hexágono, y siempre que se adopten separaciones menores de las deducidas de la fórmula anterior, deberán justificarse debidamente los valores utilizados.

En zonas en las que puedan preverse formaciones de hielo sobre los conductores particularmente importantes, se analizará con especial cuidado el riesgo de aproximaciones inadmisibles entre los mismos.

La separación entre conductores y cables de tierra se determinará de forma análoga a las separaciones entre conductores de acuerdo con todos los párrafos anteriores.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a:

0,1 + U/150 metros

con un mínimo de 0,2 metros.

En el caso de las cadenas de suspensión, la distancia de los conductores y sus accesorios en tensión al apoyo será la misma de la fórmula anterior, considerados los conductores desviados bajo la acción de una presión del viento mitad de la fijada para ellos en el artículo 16.

En el caso de emplearse contrapesos para reducir la desviación de la cadena, el proyectista justificará los valores de las desviaciones y distancias al apoyo.

Artículo 26º.- Resistencias de difusión máximas de las puestas a tierra.

La resistencia de difusión máxima de la puesta a tierra no excederá de los valores que se obtengan bajo los siguientes criterios, para el caso de que se produjera un paso de corriente a tierra a través del apoyo.

1. En el caso en que las protecciones de la línea estuvieran dispuestas para la desconexión rápida de la misma, el umbral del funcionamiento de los dispositivos de protección podrá ser, como máximo, el 50 por 100 de la intensidad de la corriente originada por la perturbación.
   Dentro de este criterio y en zonas frecuentadas, la resistencia de difusión de la puesta a tierra de los apoyos no será superior a 20 ohmios. En el caso de que este valor de la resistencia de difusión fuese difícil de obtener, en líneas de segunda y tercera categorías, siempre que estén provistas de protecciones sensibles y rápidas, de acuerdo con lo dicho en el párrafo cuarto del apartado 6 del artículo 12, se admitirá un valor de la resistencia de difusión superior, siempre que se refuerce el aislamiento del apoyo hasta el valor correspondiente al escalón superior de tensión indicado en el artículo 24 para las ondas de choque.
   En las zonas de pública concurrencia, además de cumplirse lo anterior, será obligatorio el empleo de electrodos de difusión o tomas de tierra en anillo cerrado, enterrado alrededor del empotramiento del apoyo, a un metro (1 m.) de distancia de las aristas del macizo de la cimentación, o de la superficie exterior del apoyo si no existiese macizo.

2. Cuando no esté prevista la desconexión rápida mencionada en la condición anterior, la caída de tensión motivada por la corriente de falta, a través de la resistencia de la toma de tierra, será de 125 voltios, como máximo.

Deberá obtenerse una resistencia de difusión máxima de 20 ohmios en la puesta a tierra de todos los apoyos que soporten interrupciones, seccionadores u otros aparatos de maniobra, debiendo estar conectadas a tierra las carcasas y partes metálicas de los mismos. Asimismo, en este caso, se deberá disponer de tomas metálicas de tierra de tipo anillo o malla. En el caso de que estos aparatos tengan mando a mano para su accionamiento mecánico, éste debe

quedar puesto a tierra, recomendándose, además, que existan aisladores de características adecuadas, instalados entre su palanca de accionamiento a mano y el propio aparato.

Todos los valores referentes a magnitudes eléctricas de la puesta a tierra que se mencionan en el presente apartado, se entenderán medidos en corriente alterna, de 50 ó más Hz., y con el cable de tierra -si lo hubiere- conectado en posición de trabajo. Cuando la instalación de cable de tierra tenga por objeto la protección de la línea contra el rayo, la medición deberá realizarse eliminando la influencia del cable de tierra.

Cuando la naturaleza del terreno no sea favorable para obtener una resistencia de difusión reducida en la toma de tierra, podrá recurrirse al tratamiento químico del terreno por alguno de los métodos sancionados por la práctica.

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

En aquellos casos en que el terreno no sea favorable para la buena conservación de tomas de tierra, ésta y sus conexiones al apoyo se descubrirán cada nueve años.

CAPITULO VI

Cálculos mecánicos

Artículo 27º.- Conductores.

1. Tracción máxima admisible.

La tracción máxima de los conductores y cables de tierra no resultará superior a su carga de rotura, dividida por 2,5, si se trata de cables; o dividida por 3 si se trata de alambres; considerándolos sometidos a la hipótesis de sobrecarga siguiente en función de las zonas de sobrecarga definidas en el artículo 17.

En zona A: Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el artículo 16, a la temperatura de -5° C.

En zona B: Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el artículo 17, a la temperatura de -15° C.

En zona C: Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el artículo 17, a la temperatura de -20°C.

En las zonas B y C, en el caso de que pudieran presentarse sobrecargas de vientos superiores a las de hielo indicadas, bien fuese por poder preverse sobrecargas de viento de valor excepcional o por tratarse de cables huecos o con rellenos, además de la hipótesis de máxima tensión fijada anteriormente y con el mismo coeficiente de seguridad se considerará la siguiente:

Hipótesis adicional: Se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a su peso propio y a una sobrecarga de viento. Esta sobrecarga se considerará aplicada a una temperatura de -10° C en zona B, y -15° C en la zona C. El valor de esta sobrecarga será fijado por el proyectista en el caso de preverse sobrecargas excepcionales de viento.

2. Comprobación de fenómenos vibratorios.

En el caso de que en la zona atravesada por la línea sea de temer la aparición de vibraciones en los conductores y cables de tierra, se deberá comprobar el estado tensional de los mismos a estos efectos. Cuando el proyectista no disponga de información más exacta o actualizada, se aconseja atenerse a las recomendaciones de la C . I . G. R. E . a este respecto.

3. Flechas máximas de los conductores y cables de tierra.

De acuerdo con la clasificación de las zonas de sobrecarga definidas en el artículo 17, se determinará la flecha máxima de los conductores y cables de tierra en las hipótesis siguientes:

En zonas A, B y C:

a. Hipótesis de viento. Sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según el artículo 16, a la temperatura de + 15° C .

b. 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. Esta temperatura no será en ningún caso inferior a + 50° C.

c. Hipótesis de hielo. Sometidos a la acción de su peso propio y a la sobrecarga de hielo correspondiente a la zona, según el artículo 17, a la temperatura de 0° C .

En líneas 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 tener en cuenta en el cálculo de las flechas, justificando los datos que sirvan de base para el planteamiento de los cálculos correspondientes.

Artículo 28º.- Herrajes.

Los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra o por los aisladores deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a tres respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobase sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Dicha carga de rotura mínima será aquella cuya probabilidad de que aparezcan cargas menores es inferior al 2 por 100, valor medio de la distribución menos 2,06 veces la desviación típica.

En el caso de herrajes especiales, como los que pueden emplearse para limitar los esfuerzos transmitidos a los apoyos, deberán justificarse plenamente sus características, así como la permanencia de las mismas.

Artículo 29º.- Aisladores.

1. Condiciones electromecánicas.

El criterio de ruina será la rotura o pérdida de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y solicitación 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 cargas menores es inferior al 2 por 100, valor medio de la distribución menos 2,06 veces la desviación típica.

La resistencia mecánica correspondiente a una cadena múltiple puede tomarse igual al producto del número de cadenas que la formen por la resistencia de cada cadena simple, siempre que tanto en estado normal como con alguna cadena rota, la carga se reparta por igual entre todas las cadenas intactas.

El coeficiente de seguridad mecánica no será inferior a tres.

Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

2. Ensayo de aisladores.

En tanto no se dicten instrucciones complementarias sobre esta materia, los ensayos de aisladores se verificarán de acuerdo con las normas correspondientes de la Comisión Electrotécnica Internacional.

La justificación de los resultados de ensayos de aisladores se hará mediante la certificación de ensayo del fabricante.

Deberá deducirse de los ensayos que la tensión que puedan soportar supere los valores marcados en el artículo 24.

Artículo 30º.- Apoyos.

1. Criterios de agotamiento.

El cálculo de la resistencia mecánica y estabilidad de los apoyos, cualquiera que sea su naturaleza y la de los elementos de que estén construidos, se efectuará suponiendo aquellos sometidos a los esfuerzos que se fijan en los párrafos siguientes y con los coeficientes de seguridad señalados para cada caso en el apartado 4 del artículo 30.

Los criterios de agotamiento, a considerar en el cálculo mecánico de los apoyos, serán según los casos:

a. Rotura (descohesión).

b. Fluencia (deformaciones permanentes).

c. Inestabilidad (pandeo o inestabilidad general).

2. Características resistentes de los diferentes materiales.

La característica básica de los materiales será la carga de rotura o el límite de fluencia, según los casos, con su valor mínimo garantizado.

El límite de fluencia de los aceros se considerará igual al límite elástico convencional.

Para la madera, en el caso de no disponer de sus características exactas, puede adoptarse como base del cálculo una carga de rotura de 500 kg/cm^2, para las coníferas, y de 400 kg/cm^2, para el castaño; debiendo tenerse presente la reducción con el tiempo de la sección de la madera en el empotramiento.

Para el cálculo de los elementos metálicos de los apoyos que puedan presentar fenómenos de inestabilidad por pandeo, el proyectista podrá emplear cualquier método sancionado por la técnica, siempre que cuente con una amplia experiencia de su aplicación, confirmada además por ensayos.

En el caso de no ser así, el cálculo debe ser realizado de manera que las tensiones admisibles no sean superiores a las que se obtienen de la fórmula siguiente:

$$\mathbf{N/A = \sigma_E/(v*K)}$$

Siendo:

N = Esfuerzo de comprensión de la barra en Kg.

σ_E = Límite de fluencia del material a tracción de kg/cm^2.

A = Área de la sección transversal de la barra en centímetros cuadrados.

v = Coeficiente de seguridad: 1,5 para hipótesis normales y 1,2 para hipótesis anormales.

K = Coeficiente función de la esbeltez (λ) de la pieza, que a su vez, es la relación entre la longitud libre de pandeo y el radio de giro mínimo de la sección.

Los valores de K para los aceros dulces de 2.400 Kg. centímetro cuadrado de límite de fluencia son los indicados en la tabla adjunta. Caso de emplear otros tipos de acero, deberán justificarse los valores de K pertinentes. Estos valores corresponden a la barra biarticulada. En las estructuras de celosía se supondrán todas las barras biarticuladas a estos efectos.

Sin embargo, podrán tomarse en consideración diferentes grados de empotramiento en los nudos en función de la forma en que se ejecuten realmente las uniones, siempre y cuando su

determinación se base en resultados de ensayos realizados en condiciones comparables a las que realmente se presenten.

En las uniones de los elementos metálicos, los límites de agotamiento de los elementos de las uniones serán los siguientes, expresados en función del límite de fluencia del material:

Tornillos ordinarios a cortadura	.....	0,7
Tornillos calibrados y remaches a cortadura	.....	1,0
Perfiles al aplastamiento con tornillos ordinarios	.....	2,0
Perfiles al aplastamiento con remaches o tornillos calibrados	.....	2,5
Tornillos a tracción	.....	0,7

En las uniones por soldadura, se adoptará como límite de agotamiento del material que las constituye el establecido para cada tipo de soldadura en la correspondiente Norma UNE 14035, "Cálculo de los cordones de soldadura solicitados por cargas estáticas".

Esbeltez (λ)	K	Esbeltez (λ)	K
20	1,06	105	1,92
25	1,06	110	2,06
30	1,07	115	2,18
35	1,08	120	2,34
40	1,10	125	2,51
45	1,12	130	2,68
50	1,14	135	2,86
55	1,17	140	3,03
60	1,21	145	3,21
65	1,24	150	3,42
70	1,29	155	3,70
75	1,35	160	3,89
80	1,42	165	4,07
85	1,49	170	4,33
90	1,59	175	4,55
95	1,70	180	4,80
100	1,80		

3. Hipótesis de cálculo.

Las diferentes hipótesis que se tendrán en cuenta en el cálculo de los apoyos serán las que se especifican en los cuadros adjuntos, según el tipo de apoyo.

En el caso de los apoyos especiales, se considerarán las distintas acciones definidas en los artículos 15 a 20, que pueden corresponderles de acuerdo con su función, combinadas en una hipótesis acordes con las pautas generales seguidas en el establecimiento de las hipótesis de los apoyos normales.

En las líneas de segunda y tercera categoría, en los apoyos de alineación y de ángulo con conductores de carga de rotura inferior a 6.600 kilogramos, 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 instalen apoyos de anclaje cada 3 kilómetros, como máximo.

APOYOS DE LÍNEAS SITUADAS EN ZONA A (Altitud inferior a 500 m.)

Tipo de apoyo	1 ª Hipótesis	3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones	4.ª Hipótesis Ruta de conductores
Alineación	Cargas permanentes (art. 15) Viento (art. 16). Temperatura, -5°C.	Cargas permanentes (art. 15) Desequilibrio de tracciones (ap. 1), art.18. Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (art. 15) Rotura de conductores (ap. 1) articulo 19, Temperatura, -5° C.
Ángulo	Cargas permanentes (art. 15). Viento (art. 16). Resultante de ángulo (art. 20) Temperatura, -5 C.	Cargas permanentes (art. 15). Desequilibrio de tracciones (ap. 2), artículo 18. Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (art.15). Rotura de conductores (ap. 1) artículo 19. Temperatura, -5° C.
Anclaje	Cargas permanentes (art. 15). Viento (art. 16). emperatura, —5° C.	Cargas permanentes (art. 15). Desequilibrio de tracciones (ap. 2), artículo 18. Temperatura, -5° C.	Cargas permanentes (art. 15). Rotura de conductores (ap. 2), articulo 19. Temperatura, -5° C.
Fin de línea	Cargas permanentes (art.15). Viento (art. 16). Desequilibrio de tracciones (ap. 3) artículo 18. Temperatura, -5° C.		Cargas permanentes (art.15). Rotura de conductores (ap. 3), artículo 19. Temperatura,—5° C.

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerarán éstos además sometidos a la acción del viento, según el artículo 16.

APOYOS DE LÍNEAS SITUADAS EN ZONAS B Y C (Altitud igual o superior a 500 m.)

Tipo de apoyo	1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis (Hielo)	3ª Hipótesis Desequilibrio de tracciones	4ª Hipótesis Rotura de conductores
Alineación	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Temperatura, -5º C.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Temperatura, según zona (ap. 1),	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Desequilibrio de tracciones (ap. 1),	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Rotura de conductores (ap. 1),

		art. 27.	art. 18. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.	art. 19. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.
Ángulo	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Resultante de ángulo (art. 20) Temperatura, -5º C.	Cargas permanentes (artículo 15) Resultante de ángulo (art. 20) Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Desequilibrio de tracciones (ap. 1), art. 18. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Rotura de conductores (ap. 1), art. 19. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.
Anclaje	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Temperatura, -5º C.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Desequilibrio de tracciones (ap. 2), art. 18. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Rotura de conductores (ap. 2), art. 19. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.
Fin de línea	Cargas permanentes (artículo 15) Viento (art. 16) Desequilibrio de tracciones (ap. 3), art.18. Temperatura, –5º C.	Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Desequilibrio de tracciones (ap. 3), art. 18. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.		Cargas permanentes (artículo 15) Hielo según zona (art. 17) Rotura de conductores (ap. 3), art. 19. Temperatura, según zona (ap. 1), art. 27.

4. Coeficientes de seguridad.

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

Tipo de apoyo	Hipótesis Normales	Hipótesis Anormales
Alineación	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Angulo	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Anclaje	1ª, 2ª	3ª, 4ª
Fin de línea	1ª, 2ª	4ª

Elementos metálicos.-

El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia no será inferior a: 1,5 para las hipótesis normales, y 1,2 para las hipótesis anormales. Cuando la resistencia mecánica de los apoyos completos se comprobase mediante ensayo en verdadera magnitud, los anteriores valores podrán reducirse a 1,45 y 1,15, respectivamente.

Elementos de hormigón armado.-

El coeficiente de seguridad a la rotura de los apoyos y elementos de hormigón armado no será inferior a 3 para hipótesis normales y 2,5 para las anormales.

En el caso de postes de hormigón construidos en talleres específicos y cuyas cualidades obtenidas por ensayo en verdadera magnitud demuestren una uniformidad de resultados en la carga de rotura mínima de una forma sistemática, estos coeficientes de seguridad podrán ser reducidos a 2,5 y 2, respectivamente.

Dicha carga de rotura mínima será aquella cuya probabilidad de que aparezcan cargas menores es inferior al 2 por 100 -valor medio de la distribución menos 2,06 veces la desviación típica.

Elementos de madera.-

Los coeficientes de seguridad a la rotura no serán inferiores a 3,5 para las hipótesis normales y 2,8 para las anormales.

Tirantes o vientos.-

Los cables o varillas utilizados en los vientos tendrán un coeficiente de seguridad a la rotura de inferior a 3 en las hipótesis normales y 2,5 en las anormales.

Artículo 31º.- Cimentaciones.

1. Coeficiente de seguridad al vuelco.

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 a 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

2. Angulo de giro de los cimientos.

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.

3. Cargas máximas sobre el terreno.

Se comprobará que las cargas máximas que la cimentación transmite al terreno no exceden los valores fijados, teniendo en cuenta las características reales del mismo.

4. Características del terreno.

Se procurará obtener las características reales del terreno mediante ensayos realizados en el emplazamiento de la línea. En el caso de no disponer de dichas características, se podrán utilizar los valores que se indican en el cuadro adjunto.

Naturaleza del terreno	Peso específico Tn/m^3	Ángulo de talud natural Grados sexag.	Carga admisible $Kg./cm^2$	Angulo de rozamiento entre cimiento y terreno al arranque Grados	Coeficiente de compresibilidad a 2 m de profundidad $Kg./cm^3$ (b)

				sexag.	
I. Rocas en buen estado:					
Isótropas			30-60		
Estratificadas (con algunas grietas)			10-20		
II. Terrenos no coherentes:					
a) Gravera arenosa (mínimo 1/3 de volumen de grava hasta 70 mm. De tamaño	1,80-1,90		4-8	20º-22º	8-20
b) Arenoso grueso (con diámetro de partículas entre 2 mm. y 0,2 mm)	1,60-1,80	30º	2-4	20º-25º	
c) Arenoso fino (con diámetro de partículas entre 0,2 mm. y 0,02 mm.)	1,50-1,60		1,5-3		
III. Terrenos no coherentes sueltos:					
a) Gravera arenosa	1,70-1,80		3-5		
b) Arenoso grueso	1,60-1,70	30º	2-3		8-12
c) Arenoso fino	1,40-1,50		1-1,5		
IV. Terrenos coherentes (a):					
a) Arcilloso duro	1,80		4	20º-25º	10
b) Arcilloso semi-duro..	1,80		2	22º	6-8
c) Arcilloso blando	1,50-2,00	20º	1	14º-16º	4-5
d) Arcilloso fluido	1,60-1,70		-	0º	2-3
V. Fangos turbosos y terrenos pantanosos de general.	0,60-1,1		(c)		(c)
VI. Terrenos de relleno sin consolidar.	1,40-1,60	30º-40º	(c)	14º-20º	(c)

(a)	Duro.- Los terrenos con su humedad natural se rompen difícilmente con la mano. Tonalidad en general clara.
	Semiduro.- Los terrenos con su humedad natural se amasan difícilmente con la mano. Tonalidad en general oscura.
	Blando.- Los terrenos con su humedad natural se amasan fácilmente, permitiendo obtener entre las manos cilindros de 3 milímetros de diámetro. Tonalidad oscura. Flácido.- Los terrenos con su humedad natural presionados en la mano cerrada fluyen entre los dedos. Tonalidad en general oscura.
(b)	Puede admitirse que sea proporcional a al profundidad en que se considere la acción.
(c)	Se determinará experimentalmente.

5. Apoyos sin cimentación.

En los apoyos de madera u hormigón que no precisen cimentación, la profundidad de empotramiento en el suelo será como mínimo de 1,3 metros para los apoyos de menos de ocho metros de altura, aumentando 0,10 metros por cada metro de exceso en la longitud del apoyo.

Cuando los apoyos de madera y hormigón necesiten cimentación, la resistencia de ésta no será inferior a la del apoyo que soporta.

En terrenos de poca consistencia, se rodeará el poste de un prisma de pedraplén.

6. Posibilidad de aplicación de otros valores.

Cuando el desarrollo en la aplicación de las teorías de la mecánica del suelo lo consienta, el proyectista podrá proponer valores diferentes de los mencionados en los anteriores apartados, haciendo intervenir las características reales del terreno, pero limitando las deformaciones de los macizos de cimentación a valores admisibles para las estructuras sustentadas.

CAPITULO VII

Prescripciones especiales

Artículo 32º.- Generalidades.

En ciertas situaciones especiales, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación, pasos sobre bosques o sobre zonas urbanas y proximidades de aeropuertos, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, además de las prescripciones generales de los artículos anteriores deberán cumplirse las especiales que se detallan en el presente capítulo.

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 de reforzar sus condiciones de seguridad, no será necesario el empleo de apoyos distintos de los que corresponda establecer por su situación es la línea (alineación, ángulo, anclaje, etc.), ni la limitación de longitud en los vanos, que podrá ser la adecuada con arreglo al perfil del tercero y a la altura de los apoyos.

Por el contrario, en dichos tramos será preceptiva da aplicación de las siguientes prescripciones:

a. Ningún conductor o cable de tierra tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 kilogramos en líneas de 1ª y 2.a categoría, ni inferior a 1.000 kilogramos en líneas de 3.a categoría. En estas últimas, y en el caso de no alcanzarse dicha carga, se puede añadir al conductor un cable fiador de naturaleza apropiada, con una carga de rotura no inferior a los anteriores valores. 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.

c. En los apoyos que limitan los vanos de seguridad reforzada y en los contiguos no se reducirán bajo ningún concepto los niveles de aislamiento y distancias entre conductores y entre éstos y apoyos, respecto al resto de la línea.

d. Los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25 por 100 superiores a los establecidos para la línea en los artículos 30 y 31.

e. Las grapas de fijación del conductor a las cadenas de suspensión deberán ser antideslizantes.

f. La fijación de los conductores al apoyo deberá ser realizada en la forma siguiente:

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 suficiente para que 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.

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 de suspensión doble o con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25 por 100 superiores a los establecidos en los artículos 28 y 29. En estos casos deberán adoptarse algunas de las siguientes disposiciones:

  Refuerzo del conductor con varillas de protección (armor rod).

  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.

En los tramos de línea en que haya de reforzar sus condiciones de seguridad, además de las prescripciones establecidas en el presente capítulo deberán cumplirse las condiciones especiales que pudiera imponer la Administración a la vista de los informes emitidos por los Organismos Administrativos afectados.

Artículo 33º.- Cruzamientos.

En todos los casos que a continuación se consideran, el vano de cruce y los apoyos que lo limitan deberán cumplir las condiciones de seguridad reforzada impuestas en el artículo 32, salvo las excepciones que explícitamente se señalan en cada caso.

1. Líneas eléctricas y de telecomunicación.

Quedan modificadas en este caso las siguientes condiciones impuestas en el artículo 32:

Condición a): En las líneas de primera y segunda categoría puede admitirse la existencia de un empalme por conductor en el vano del cruce.

Condición b): Pueden emplearse apoyos de madera siempre que su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón.

Condición c): Queda exceptuado su cumplimiento.

En los cruces de líneas eléctricas 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 de cargo del nuevo concesionario la modificación de la línea ya instalada. 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 superior no será menor de:

1,5 + U/150 metros

Siendo *U* la tensión nominal en kV. de la línea inferior y considerándose los conductores de la misma en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento a) del apartado 3 del artículo 27. La mínima distancia vertical entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no deberá ser inferior a:

$1,5 + (U + l_1 + l_2) / 100$ metros

en donde:

U = Tensión nominal en kV. de la línea superior.

l_1 = Longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea superior.

l_2 = Longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea inferior.

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de la línea inferior tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores aisladores o soportes.

Podrán realizarse cruces de líneas, sin que la línea superior reúna en el cruce las condiciones de seguridad reforzada señaladas en el artículo 32, si la línea inferior estuviera protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre ambas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea superior en el caso de que éstos se rompieran o desprendieran.

Los cables de acero de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra en las condiciones prescritas en el apartado 6 del artículo 12.

El haz de cables de protección tendrá una longitud sobre la línea inferior igual al menos a vez y media la proyección horizontal de la separación entre los conductores extremos de la línea superior, en la dirección de la línea inferior. Dicho haz de cables de protección podrá situarse sobre los mismos o diferentes apoyos de la línea inferior, pero en todo caso los apoyos que lo soportan en su parte enterrada serán metálicos o de hormigón.

Las distancias mínimas verticales entre los conductores de la línea superior y el haz de cables de protección serán las consideradas en este mismo apartado para separación entre conductores de dos líneas que se cruzan en el caso de no existir protección.

La distancia mínima entre los cables de acero de protección y los conductores de la línea inferior será vez y media la distancia a masa correspondiente a estos últimos, de acuerdo con el apartado 2 del artículo 25, con un mínimo de 0,75 metros.

También podrá cruzarse una línea sobre otra si los apoyos de cruce de la línea superior son de una altura tal que en el caso de rotura de un conductor de ella, éste al caer, quede en todo momento a una distancia de los de la línea inferior igual al menos a la distancia a masa correspondiente a estos últimos, de acuerdo con el apartado 2 del artículo 25.

En este caso, en el vano de cruce y los apoyos que lo limitan de la línea superior, las prescripciones referentes a seguridad reforzada que deberán tenerse en cuenta son las c) y b), esta última modificada en la forma dicha al principio de este apartado.

Se considerará en este caso la posible presencia de tiros verticales de los conductores de la línea superior en los apoyos contiguos a los de cruce por la elevación de éstos.

Se podrá autorizar excepcionalmente, previa justificación, el que se fijen sobre un mismo apoyo dos línea que se crucen. En este caso, en dic ho apoyo y en los conductores de la línea superior se cumplirán las prescripciones de seguridad reforzada determinadas en el artículo 32.

En casos en que por circunstancias singulares sea preciso que la línea de menor tensión cruce por encima de la de tensión superior será preciso recabar la autorización expresa, teniendo presente en el cruce todas las prescripciones y criterios expuestos en este apartado.

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como líneas eléctricas de baja tensión y su cruzamiento estará sujeto, por lo tanto, a las prescripciones de este apartado.

2. Carreteras y ferrocarriles sin electrificar.

Queda modificada en este caso la condición a) del artículo 32, en lo que se refiere al cruce con carreteras locales y vecinales, en líneas de primera y segunda categoría, admitiéndose la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce. La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de carriles en el caso de ferrocarriles sin electrificar será de:

6,3 + U/100 metros

con un mínimo de 7 metros.

3. Ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses.

La altura mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre los cables o hilos sustentadores o conductores de la línea de contacto será de: con un mínimo de tres metros:

2,3 + U/100 metros

con un mínimo de 3 metros.

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.

4. Teleféricos y cables transportadores.

El cruce de una línea eléctrica con teleféricos o cables transportadores deberá efectuarse siempre superiormente, salvo casos razonablemente muy justificados que expresamente se autoricen.

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las oscilaciones de los cables del mismo durante su explotación normal y la posible sobreelevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente, será de:

3,3 + U/100 metros

con un mínimo de 4 metros.

La distancia horizontal entre el órgano más próximo 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 de cada lado del cruce, de acuerdo con las prescripciones del apartado 6 del artículo 12.

5. Ríos y canales, navegables o flotantes.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

G + 2,3 + U/100 metros

siendo G el gálibo.

En el caso de que no exista gálibo definido se considerará éste igual a 4,7 metros.

Artículo 34º. -Paralelismos.

No son de aplicación en estos casos las prescripciones de seguridad reforzada establecidas en el artículo 32.

1. Líneas eléctricas.

Se entiende que existe un 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 prescripción las zonas de acceso a centrales generadoras 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 2 del artículo 25, considerando como valor de U el 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 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 1 del artículo 25.

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 cosas. El aislamiento de la línea de menor tensión no será inferior al correspondiente de puesta a tierra de la línea de tensión más elevada.

2. Líneas de telecomunicación.

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.

En el caso de que la línea de alta tensión ejerza efectos perturbadores sobre la línea de telecomunicación, y en tanto sean fijados valores límites por la Comisión Interministerial para el estudio de normas-sobre perturbaciones en las telecomunicaciones, serán estudiadas entre las entidades afectadas las modificaciones procedentes para aminorar dichos efectos, llegándose en caso necesario al desplazamiento de una de las líneas y siendo de cuenta del nuevo concesionario los gastos que ello pudiera ocasionar.

Podrán instalarse líneas telefónicas auxiliares sobre los apoyos de las líneas eléctricas de segunda y tercera categoría, siempre que aquéllas se destinen de modo exclusivo a la explotación y que los aparatos que se conecten a la línea de comunicación estén debidamente

protegidos contra las sobretensiones que puedan producirse por inducción o contacto accidental entre los conductores de una y otra línea, de tal manera que se descarte todo peligro para las personas y las cosas. Se considerará que las instalaciones están protegidas cuando se cumplan las siguientes prescripciones:

a. Los aisladores de la línea de comunicación serán capaces de soportar una tensión mínima de prueba de 10 kV. bajo lluvia.

b. Los elementos metálicos de los aparatos que estén conectados eléctricamente con los conductores de la línea de comunicación deberán estar a una altura superior a 2,5 metros sobre el suelo.

c. Se exigirá en dichas líneas de comunicación el cumplimiento de las condiciones técnicas y de seguridad reglamentarias en orden a la disposición de los cruces con otras líneas y líneas sobre apoyos comunes.

Se recomienda, como medio de comunicación, el de ondas teleguiadas por los conductores de alta tensión.

3. Vías de comunicación.

Se prohíbe la instalación de apoyos de líneas eléctricas de alta tensión en las zonas de influencia de las carreteras, a distancias inferiores a las que se indican a continuación, medidas horizontalmente desde el eje de la calzada y perpendicularmente a éste:

En las carreteras de la red estatal (nacionales, comarcales y locales): 25 metros.

En las carreteras de la red vecina¡: 15 metros.

También se prohíbe la instalación de apoyos que, aun cumpliendo con las separaciones anteriores, se encuentren a menos de ocho metros de la arista exterior de la explanación o a una distancia del borde de la plataforma inferior a vez y media su altura.

Por lo que se refiere a ferrocarriles y cursos de agua, navegables o flotables, se prohíbe la instalación de líneas eléctricas a distancias inferiores a 25 metros, ni a vez y media la altura de sus apoyos con respecto al extremo de la explanación o borde del cauce, respectivamente.

A estas distancias mínimas podrá autorizarse el paralelismo en longitudes que no superen a un kilómetro para líneas de primera y segunda categoría, y en longitudes no superiores a cinco kilómetros para líneas de tercera categoría.

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 y el paralelismo en longitudes mayores de las anteriormente señaladas.

Artículo 35º.- Paso por zonas.

1. Bosques, árboles y masas de arbolado.

No son de aplicación en este caso las prescripciones de seguridad reforzada establecida en el artículo 32.

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, deberá establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de corta de arbolado ambos lados de la línea, cuya anchura será la necesaria para que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento a) del apartado 3 del artículo 27, su separación de la masa de arbolado en su situación normal no sea inferior a

1,5 + U/100 metros

con un mínimo de 2 metros.

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 del artículo 27.

El concesionario de la línea estará obligado a exigir periódicamente que se efectúen las operaciones de corta y poda necesarias en la zona de protección señalada.

2. Edificios, construcciones y zonas urbanas.

Salvo en los casos que a continuación se señalan, se evitará en lo posible el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión de primera y segunda categoría en terrenos que, según la Ley sobre Régimen del Suelo y Ordenación Urbana de 12 de mayo de 1956, estén clasificadas: 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. A petición del titular de la instalación, cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, podrá autorizarse por el órgano competente de la Administración el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Queda autorizado el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión 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.

Las líneas aéreas situadas en zonas de reserva urbana podrán ser variadas en su trazado o transformadas en subterráneas a partir del momento en que se apruebe un Plan parcial de ordenación para las citadas zonas. Para ello deberá tenerse en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de la Ley 10/1966, de 18 de marzo, aprobado por Decreto 2619/1966, de 20 de octubre. Para que la transformación de las líneas aéreas en subterráneas sea exigible, será necesario que los terrenos estén urbanizados o en curso de urbanización, tengan las cotas de nivel previstas en el proyecto de urbanización y se hayan cumplido las formalidades previstas en el Decreto citado en el párrafo anterior.

En el paso sobre edificios, construcciones y terrenos que estén clasificados: como suelo urbano, cuando pertenezcan a Municipios que tengan Plan de ordenación, o como casco de la población en Municipios que carezcan de Plan de ordenación, las líneas eléctricas deberán cumplir las condiciones de seguridad reforzada impuestas en el artículo 32.

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:

3,3 + U/100 metros, con un mínimo de 5 metros.

Sobre puntos no accesibles a la persona:

3,3 + U/150 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 lugares perfectamente visibles de los edificios o construcciones cercanos a la línea y, principalmente en las proximidades de las bocas de agua para incendios, se fijarán placas que indiquen la necesidad de avisar a la Empresa suministradora de energía eléctrica para que, en caso de incendio, suspenda el servicio de la línea afectada antes de emplear el agua para la extinción del fuego.

Artículo 36º.- Proximidad de aeropuertos.

No son de aplicación en este caso las prescripciones de seguridad reforzada establecidas en el artículo 32.

Las líneas eléctricas que hayan de construirse en las proximidades de los aeropuertos, aeródromos, helipuertos e instalaciones de ayudas a la navegación aérea deberán ajustarse a lo especificado en los artículos primero y segundo de la Ley de 17 de julio de 1945, que reforman los artículos, 11, 12, 13, 14 y 15 de la Ley de Aeropuertos de 2 de noviembre de 1940; en el capítulo IX de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea; en el Decreto de 21 de diciembre de 1956 sobre servidumbres radioeléctricas; en el Decreto 1701/1968, de 17 de julio, sobre servidumbres aeronáuticas, y demás disposiciones vigentes en la materia.

CAPITULO VIII

Derivaciones, Seccionamiento y Protecciones

Artículo 37º.- Derivaciones. Seccionamiento de líneas.

Las derivaciones de líneas se efectuarán siempre en un apoyo. En el cálculo de dicho apoyo se tendrán en cuenta las cargas adicionales más desfavorables que sobre el mismo introduzca la línea derivada.

En la derivación no será necesaria la instalación de seccionadores en el caso de que en la explotación del conjunto línea principal línea derivada no sea ventajoso el seccionamiento.

En los demás casos deberá instalarse un seccionamiento en el arranque de la línea derivada.

En las derivaciones para otra Empresas o particulares en que no haya acuerdo sobre la disposición del enganche, la Administración resolverá sobre la cuestión planteada.

Artículo 38º.- Seccionadores o desconectad ores. Conmutadores, acoplamiento.

En el caso en que se instalen seccionadores en el arranque de las derivaciones, la línea derivada deberá ser seccionada sin carga o, a lo sumo, con la correspondiente a la de vacío de los transformadores a ella conectados, siempre que la capacidad total de los mismos no exceda de 500 kVA.

Sin embargo, previa la justificación de características, podrán utilizarse los denominados seccionadores bajo carga.

Las disposiciones de seccionadores y conmutadores y la posibilidad o no de efectuar maniobras de acoplamiento se indicará con toda claridad en el esquema unipolar que el solicitante ha de presentar en el correspondiente proyecto. Con carácter general se establecen las siguientes normas:

a. Los desconectadores serán siempre trifásicos, con mando mecánico o a mano, a excepción de los empleados en las líneas a que se refiere el apartado b).

b. Únicamente se admitirán desconectadores unipolares accionables con pértiga para líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV.

c. Los desconectadores tipo intemperie estarán situados a una altura del suelo superior a cinco metros, inaccesibles en condiciones ordinarias, con su accionamiento dispuesto de forma que no pueda ser maniobrado más que por el personal de servicio, y se montarán de tal forma que no puedan cerrarse por gravedad.

d. Las características de los desconectadores serán las adecuadas a la tensión e intensidad máxima del circuito en donde han de establecerse y sus contactos estarán dimensionados para una intensidad mínima de paso de 200 amperios.

e. Siempre que existan dos alimentaciones independientes se dispondrá un conmutador tripolar que permita tomar energía de una u otra línea alternativamente.

f. En aquellos casos en que el abonado o solicitante de la derivación posea fuentes propias de producción de energía eléctrica se prohíbe establecer dispositivos que permitan efectuar maniobras de acoplamiento, a no ser que se ponga de manifiesto la conformidad por ambas partes por escrito.

Artículo 39º.- Interruptores.

En el caso en que por razones de explotación del sistema fuera aconsejable la instalación de un interruptor automático en el arranque de la derivación, su instalación y características estarán de acuerdo con lo dispuesto para estos aparatos en el Reglamento Técnico correspondiente.

Artículo 40º.- Protecciones.

En todos los puntos extremos de las líneas eléctricas, sea cual sea su categoría, por los cuales pueda fluir energía eléctrica en dirección a la línea, se deberán disponer protecciones contra cortocircuitos o defectos en línea, eficaces y adecuadas.

En los finales de líneas eléctricas y sus derivaciones sin retorno posible de energía eléctrica hacia la línea se dispondrán las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones necesarias de acuerdo con la instalación receptora, de conformidad con lo especificado en el Reglamento Técnico correspondiente.

El accionamiento automático de los interruptores podrá ser realizado por relés directos solamente en líneas de tercera categoría.

Se prestará particular atención en el proyecto del conjunto de las protecciones a la reducción al mínimo de los tiempos de eliminación de las faltas a tierra, para la mayor seguridad de las personas y cosas, teniendo en cuenta la disposición del neutro de la red (puesto a tierra, aislado o conectado a través de una impedancia elevada).