

CAPÍTULO V

Redes de Distribución en Media Tensión

(versión corregida por
Resolución de 23-03-2006 de la
D.G. Industria, Energía y Minas)

CAPÍTULO V

REDES DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN

SUMARIO

- | | |
|---|------------------------|
| 1 | Introducción |
| 2 | Niveles de aislamiento |
| 3 | Modelos de red |
| 4 | Redes subterráneas |
| 5 | Redes aéreas |

1 INTRODUCCIÓN

Este Capítulo tiene por finalidad establecer las características técnicas que deben reunir en su construcción y montaje las redes de distribución en Media Tensión (MT) de ENDESA en Andalucía, así como de las instalaciones que vayan a integrarse en la misma, en los términos contemplados en la Reglamentación vigente.

Las redes o líneas podrán ser aéreas, con conductores desnudos o aislados; o bien subterráneas.

2 NIVELES DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento nominal de una red de M.T. quedará definido de la siguiente forma:

a) Tensión nominal de la red ≤ 20 kV:

- Tensión más elevada para el material24 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 125 kV cresta
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial50 kV eficaces

b) Tensión nominal de la red: $20 \text{ kV} < U \leq 30 \text{ kV}$

- Tensión más elevada para el material36 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo 170 kV cresta
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial70 kV eficaces

No obstante lo anterior, en aquellos casos excepcionales en los que se han de esperar niveles de contaminación marina o industriales no normales, se tendrá en cuenta lo prescrito en la Norma UNE 21062, CEI 815 así como la información suministrada por ENDESA, basada en la experiencia propia de la zona, y el documento ENDESA NZZ009. En función de dichos niveles de contaminación, las longitudes mínimas de las líneas de fuga de los aislamientos en intemperie serán las de la tabla siguiente:

TIPO DE ZONA	LONGITUD DE LA LINEA DE FUGA (mm/kV) ⁽¹⁾
NORMAL	20
ALTA CONTAMINACION	40
MUY ALTA CONTAMINACION	60

Tabla 2 Longitud de la línea de fuga, según contaminación en la zona

(1) kV de la tensión más elevada de la red entre fase y tierra. Para altitudes superiores a 1.000 m sobre el nivel del mar se añadirán 20 mm/kV, incrementándose esta cantidad en 20 mm/kV cada 1.000 m de altitud adicionales.

3 MODELOS DE RED

3.1 ZONA RURAL DISPERSA


Corresponden a municipios con menos de 200 suministros, así como los suministros ubicados fuera de los núcleos de población que no sean polígonos industriales o residenciales.

La red, generalmente será aérea con estructura radial. Normalmente no existirá apoyo de otras líneas.

3.2 ZONA RURAL CONCENTRADA

Se definen como tales, los municipios con un número de suministros entre 200 y 2.000.

Para la alimentación de estos suministros, la estructura de la red será similar a la de zona rural dispersa, con la salvedad de que pueda ser subterránea en las áreas más céntricas de la población.

	<p align="center">NORMAS PARTICULARES 2005 (versión corregida por Resolución de 23-03-2006 de la D.G. Industria, Energía y Minas)</p>	<p align="center">Capítulo V REDES DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN</p>
---	--	--

En estas áreas en que la red sea subterránea, la estructura será como la indicada para Zona Urbana.

3.3 ZONA SEMIURBANA

Corresponden a municipios con un número de suministros entre 2.000 y 20.000.

La red será generalmente aérea , con posibilidad de otras alimentaciones de la misma subestación (a ser posible de diferente barra) o de otras subestaciones próximas. Podrá ser subterránea en el interior del núcleo, en cuyo caso, la estructura de la red será como la indicada para Zona Urbana

En todo caso, en los núcleos de más de 2.000 suministros, la red de distribución de ENDESA en Andalucía debe desarrollarse respetando el criterio de doble alimentación de los suministros.

3.4 ZONA URBANA

Se definen como tales, los municipios con más de 20.000 suministros y las capitales de provincia.

En general, las redes serán subterráneas.

Siempre que se trate de red subterránea, todo Centro de Transformación y todo suministro en Media Tensión debe tener posibilidad de alimentación alternativa para caso de fallo de su alimentador en servicio. Consiguientemente, en estas redes, todo Centro de Transformación y todo suministro en Media Tensión, debe tener entrada y salida de línea; bien sea porque esté incluido en un bucle de la red de Media Tensión, o bien porque tenga circuito trifásico de reserva, con apartamento de maniobra para poder realizar el cambio de alimentador mediante simple maniobra. Por su parte, las secciones de los conductores de las redes subterráneas de Media Tensión, se preverán para poder garantizar esa alimentación alternativa en caso necesario.

3.5 ZONAS ESPECIALMENTE SENSIBLES

Son zonas locales estratégicas, en mercados de gran dispersión que requieren doble alimentación por necesidades específicas de calidad de suministro. Igualmente pueden existir requerimientos locales que obliguen a la realización de redes subterráneas como si se tratase de Zona Urbana, en zonas donde no es estrictamente necesario, a tenor de los criterios anteriores. En todo caso y a tenor de lo dispuesto en el artículo 35 del vigente Reglamento de Líneas Aéreas

de Alta Tensión, para que sea exigible que una línea aérea MT sea subterránea, será necesario que los terrenos estén urbanizados o en curso de urbanización.

3.6 POLÍGONOS INDUSTRIALES

Las redes serán aéreas o subterráneas en función de la normativa local.

El esquema de la red se orientará al bucle, pudiendo existir alimentaciones directas a clientes de MT de elevada potencia.

En casos en que la red (o parte de ella) tenga que ser subterránea, el esquema será el de anillo, al menos en los tramos soterrados.

3.7 ZONAS DE DEMANDA ESTACIONAL

Son aquellas zonas que en determinadas épocas del año, multiplican la demanda y que pueden requerir un tratamiento correspondiente a una densidad de demanda superior (considerar la situación más desfavorable).

4 REDES SUBTERRÁNEAS


4.1 CONDUCTORES

Los conductores elegidos son unipolares de aluminio homogéneo con secciones normalizadas de 150 y 240 mm², pudiendo emplearse cable de 400 mm² en aquellos casos en que sea necesario. Estos cables reunirán las características indicadas en la Norma ENDESA DND001, así como cumplirán con las Especificaciones Técnicas de Materiales de ENDESA 6700022 a 6700024, según corresponda en cada caso.

A la salida de subestaciones, o en tramos con 3 ó más ternas de cables próximas, se utilizará el conductor de 240 mm² considerando su capacidad de carga como de 150 mm², a fin de compensar su disminución por proximidad, con la mayor sección elegida.

A fin de reforzar la garantía de la calidad de servicio eléctrico, en las líneas de tensión nominal 20 kV, el conductor a instalar será 18/30 kV.

Las pantallas de los cables serán conectadas a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas especificadas en los reglamentos en vigor.

	<p align="center">NORMAS PARTICULARES 2005 (versión corregida por Resolución de 23-03-2006 de la D.G. Industria, Energía y Minas)</p>	<p align="center">Capítulo V REDES DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN</p>
---	--	---

4.2 ACCESORIOS

Se entienden como tales los empalmes, terminaciones y respectivos complementos, destinados a cables con aislamiento seco (XLPE y EPR), tanto para instalaciones de interior, como de exterior.

Los accesorios estarán constituidos por materiales premoldeados o termorretráctiles u otro sistema de eficacia equivalente. No se admitirán accesorios basados en encintados. Solamente se admitirán cintas en operaciones de relleno y de obturación, nunca en misiones de aislamiento o de cubierta.

Los accesorios cumplirán con las siguientes Normas y documentos:

- a) Las terminaciones cumplirán las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700048 a 6700065 ó 6700070 a 6700077, según proceda en cada caso.
- b) Los terminales rectos de aleación para instalación interior cumplirán la Norma ENDESA NNZ014, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700012, 6700013 ó 6703561, según proceda. Por su parte, los terminales rectos de aleación para instalación exterior cumplirán la Norma ENDESA NNZ015, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700101, 6700102 ó 6700340, según proceda en cada caso.
- c) Los empalmes cumplirán la Norma ENDESA DND002, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700048 a 6700053 ó 6702061 a 6702066, según proceda en cada caso
- d) Los manguitos de unión cumplirán la Norma ENDESA NNZ036, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 67000082, 67000083, 6700084, 6700085, 6700446 ó 6703811, según proceda en cada caso.

Para aquellos casos particulares que puedan presentarse, se dispondrá, además, de elementos especiales susceptibles de aplicar, según sean las circunstancias de instalación.

4.3 MONTAJE

La instalación de las líneas subterráneas de distribución se hará necesariamente sobre terrenos de dominio público, o bien en terrenos privados, en zonas perfectamente delimitadas, con servidumbre garantizada sobre los que pueda fácilmente documentarse la servidumbre que adopten tanto las líneas como el personal que haya de manipularlas en su montaje y explotación, no

permitiéndose líneas por patios interiores, garajes, parcelas cerradas, etc. Siempre que sea posible, discurrirán bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos de los cables, a respetar en los cambios de dirección.

En la etapa de proyecto se deberá consultar con las empresas de servicio público y con los posibles propietarios de servicios para conocer la posición de sus instalaciones en la zona afectada. Una vez conocida, antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado previsto en el proyecto.

Los conductores deberán ir siempre bajo tubo de polietileno de 160 mm o de 200 mm de diámetro nominal que cumplirán con las normas UNE EN 50086 y ENDESA CNL002, así como con la Especificación Técnica de Materiales de ENDESA nº 6700144.

En los cruces bajo calzada se instalará un segundo tubo como reserva y se construirá sobre ellos un dado de hormigón. También se dispondrá de un segundo tubo de reserva en las zonas en que se prevea una posible futura ampliación de la red.

La profundidad mínima de la canalización será de 900 mm en acera o de 1100 mm en calzada a fin de preservar a estos circuitos de las incidencias que se desarrollan en el subsuelo urbano, es decir, la construcción de otras redes eléctricas de B.T. de alumbrado público, las acometidas de redes subterráneas de B.T., de agua potable, redes y acometidas subterráneas de teléfonos, acometidas de gas y, eventualmente, alcantarillados muy superficiales.

Se colocará encima de los cables una protección mecánica consistente en una placa de polietileno para protección de cables, y asimismo una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos por debajo de ella (Especificación Técnica ENDESA nº 6700157 y 6700151, respectivamente). Solamente en el caso de canalizaciones entubadas bajo dado de hormigón se prescindirá de la instalación de la placa de protección de cables.

Los croquis de las zanjas y sus dimensiones, se atenderán a lo recogido en los documentos Endesa siguientes: DPH00301, DPH01301, DPH02301, DPH03301, DPH00801, DPH01801, DPH02801, DPH03801, DPH04101, DPH04201 y DPH04301.

Será necesaria la construcción de arquetas en todos los cambios de dirección de los tubos y en alineaciones superiores a 40 m, de forma que ésta sea la máxima distancia entre arquetas; así como en empalmes de nueva ejecución. Los marcos y tapas para arquetas cumplirán con la Norma ONSE 01.01-14. En todo caso, las tapas de fundición serán de Clase D400.

Se evitará la construcción de arquetas donde exista tráfico rodado; pero cuando no haya más remedio, se colocarán tapas de fundición. Esta solución no debe, sin embargo, autorizarse en urbanizaciones de nueva construcción donde las calles y servicios deben permitir situar todas las arquetas dentro de las aceras. Igualmente se colocarán tapas de fundición en aquellos lugares en que las Ordenanzas Municipales así lo obliguen.

Cuando fuera estrictamente necesario, podrá admitirse una profundidad menor a la indicada anteriormente en este mismo apartado, siempre que se dispongan canalizaciones entubadas especialmente protegidas; teniendo en cuenta, además, las distancias que deben guardarse reglamentariamente a otras canalizaciones.

En los casos en que los cables no puedan ir en zanjas y puedan ser accesibles a personal no especializado, cada terna de cables se instalará bajo tubo de acero galvanizado con grado de protección IK 09 según UNE 50102, que deberá estar puesto a tierra.

Cuando discurran por las zonas sólo accesibles al personal especializado, los conductores podrán instalarse sobre bandejas, o en canales construidos al efecto.

Dada la trascendencia que ello tiene para la integridad de los cables, la manipulación y el tendido de los mismos se realizará con especial cuidado para evitar daños que pueden resultar desastrosos en la explotación y calidad de servicio, debiendo seguirse cuidadosamente las "Instrucciones para el Tendido de Cables en Líneas Subterráneas de MT" (documento ENDESA DMD002).

4.4 MANIOBRAS

A fin de poder realizar las maniobras necesarias y sin perjuicio de lo indicado en el apartado de Centros de Seccionamiento del Capítulo IV de estas Normas Particulares en relación con los telemandos, automatismos e interruptores automáticos, toda salida y/o entrada de cable aislado desde un centro de transformación o de seccionamiento, debe partir/llegar de una celda de línea, que cumplirá las Normas ENDESA FND002 ó FND003, según corresponda.

4.5 PRUEBA DE LAS LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE MEDIA TENSIÓN

Antes de su incorporación a la red de Endesa, las líneas subterráneas de Media Tensión, deben ser probadas según el Procedimiento ENDESA DMD003.

En el caso de cesión de instalaciones, deberá aportarse un certificado emitido por un Organismo de Control Autorizado por la Comunidad Autónoma (O.C.A.) en el que se acredite la realización de dichas pruebas, con resultado satisfactorio.

5 REDES AÉREAS

5.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las líneas aéreas de media tensión, se estructurarán a partir de la subestación, donde se instalarán el interruptor y la protección de la línea. Las líneas principales serán de sección uniforme adecuada a las características de carga de la línea; igualmente las derivaciones tendrán la misma sección en todo su recorrido.

En general las líneas se diseñarán para un solo circuito, si bien cuando por condiciones de explotación, trazado o impacto ambiental se requiera podrán ser de doble circuito.

En el trazado de las líneas se deberán cumplir todas las reglamentaciones y normativas relativas a distancias a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios, tanto en cruces como en paralelismos, así como los requerimientos mecánicos y eléctricos en ellas establecidos.

En el trazado de las líneas aéreas de MT se procurará reducir al máximo su impacto medio ambiental sobre el entorno. Se procurará que su traza discurra por lugares en que pasen lo más desapercibidas posible. Así, en zonas montañosas discurrirán preferentemente por las laderas de modo que desde los lugares habituales de tránsito, queden proyectadas sobre horizontes opacos. Se evitará el paso por zonas de espacios protegidos. Si esto no fuera posible, se adoptarán las medidas adecuadas para la protección de la avifauna específica.

5.2 ESTRUCTURA DE LA RED

Los principales criterios que se aplicarán en el diseño de las líneas, serán los siguientes:

- **Líneas Principales:**

Los conductores de las líneas principales serán de sección uniforme. Se usarán los tipos LA-180 o LA-110, de cargas máximas 400 y 315 A, respectivamente (criterio de calentamiento para que la temperatura en el conductor no supere los 50°C).

ENDESA, en función de las características propias de la línea y de las características de explotación de la red, elegirá el sistema más adecuado de protección, automatización, telecontrol y seccionamiento.

- **Derivaciones:**

Los conductores de las derivaciones serán de sección uniforme. Se usarán los tipos LA-110 o LA-56.

En el arranque de las derivaciones se instalará un dispositivo de seccionamiento que la aisle de la línea principal. Se situará en el primer apoyo de la derivación que sea de fácil acceso.

Las derivaciones estarán protegidas desde la cabecera de la línea. Cuando por criterios de explotación deba existir una protección intermedia, ésta será selectiva con la de cabecera de la línea.

- **Líneas aéreas MT aisladas y trenzadas:**

En aquellos casos en que se estime conveniente, de común acuerdo entre Promotor y ENDESA, podrán instalarse líneas aéreas MT aisladas y trenzadas. Los conductores a utilizar en estos casos cumplirán la Norma ONSE 50.53-12.

- **Para la maniobra y protección de las líneas principales y derivaciones, se utilizarán básicamente los siguientes elementos:**

5.2.1 Maniobra

A fin de no tener que dejar sin tensión la totalidad de la línea para efectuar las maniobras, en los puntos adecuados se instalarán interruptores seccionadores en atmósfera de SF₆, bien sea de tipo intemperie, o bien instalado en el interior de un Centro de Seccionamiento.

En derivaciones aéreas a un solo centro de transformación con potencia no superior a 400 kVA y longitud de la derivación no superior a 200 metros, la maniobra podrá realizarse por medio del accionamiento de seccionadores unipolares de tipo intemperie, una vez que se haya asegurado que la derivación está sin carga.

5.2.2 Protección

- **Reconector automático**

Es un interruptor automático, generalmente aéreo, de tipo intemperie, situado normalmente en las derivaciones de líneas de MT. Está dotado de maniobra de apertura y cierre automático.

Detecta tanto la corriente de fase como la corriente homopolar y si circulan corrientes de defecto superiores a los niveles de disparo predefinidos interrumpe automáticamente las tres fases. Realiza un ciclo de reconexión predeterminado, y su ajuste debe coordinarse con las protecciones de cabecera de línea.

Se instalarán en el inicio de derivación aérea conectada a una línea que alimente a más de 1.000 clientes en Zona Urbana o Zona Semiurbana, o una potencia superior a 2.000 kVA.

■ **Seccionalizador**

Dispositivo de seccionamiento, diseñado para ser utilizado en derivaciones de la red de MT, que abre automáticamente cuando la línea se encuentra sin tensión después de un número determinado de pasos de corriente de falta. Deberá ir asociado al ciclo de reconexión del interruptor de cabecera de la línea y la apertura se realizará necesariamente de forma tripolar.

Se instalarán en el inicio de derivación aérea conectada a una línea que alimente a clientes en Zona Urbana o Zona Semiurbana en un número no superior a 1.000 y potencia no superior a 2.000 kVA;

En los casos en que se trate de lugar con nivel de contaminación alto, deberá instalarse Reconectador automático, o bien un Centro de Seccionamiento con funcionalidad equivalente a la del Seccionalizador.

■ **Cortacircuito fusible**

Dispositivo de corte-protección, diseñado para ser utilizado, junto con seccionadores unipolares, en derivaciones de la red de MT y en centros de transformación como elemento de protección de corte unipolar, cuando se produce la fusión del elemento fusible.

Será necesario instalar esta apartamenta en toda nueva derivación de la red de distribución aérea en MT de ENDESA en Andalucía, en que no se instale Reconectador automático o Seccionalizador.

Para derivaciones que alimenten a un solo transformador de hasta 250 kVA y estén situadas en puntos de la red donde la Icc sea menor que 8 kA, podrán emplearse corta circuitos fusibles de expulsión. En los demás casos en que se empleen fusibles, éstos serán de alto poder de ruptura (APR).

- En los casos en que las necesidades de la explotación lo aconsejen, se podrá instalar un Centro de Seccionamiento, de acuerdo con lo indicado en el apartado correspondiente del Capítulo IV de estas Normas Particulares.
- Cuando la longitud de la red de distribución derivada sea menor o igual a 100 m, ésta se considerará como parte de la propia línea principal o derivación principal, y, en consecuencia, no se instalará ni seccionador ni protección en su arranque.
- En los pasos de aéreo a subterráneo, se instalarán pararrayos de óxido metálico para la protección de sobretensiones.

5.3 ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS AÉREAS DE MT

5.3.1 Conductores

Los conductores que se emplearán para la construcción de las LAMT cumplirán los requisitos indicados en la Norma ENDESA AND010, así como en las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700516, 6701453, 6701454, 6701801, 6701802, 6701803 ó 6701804, según corresponda en cada caso. Se emplearán conductores de aluminio con alma de acero tipo LA. en zonas consideradas con nivel de contaminación normal o alta. En zonas con nivel de contaminación muy alto, se emplearán conductores de aluminio con alma de acero recubierto de aluminio tipo "LARL". En caso de contaminación excepcionalmente elevada, se estudiaría la conveniencia de emplear conductor de cobre (C35, C50E, C95).

De manera excepcional, en el paso por zonas boscosas podrá emplearse cable recubierto de material aislante, sin garantizarse el aislamiento pleno (cable forrado) en aquellos casos en que se justifique su utilidad. No obstante, el empleo de estos cables no deberá generalizarse indiscriminadamente, pues aún no se tiene experiencia suficiente sobre su comportamiento y resultado. En ningún caso deberá emplearse en lugares de alta o muy alta contaminación.

5.3.2 Empalmes

Los empalmes de plena tracción que se empleen en el vano serán los denominados, comprimidos o de varillas preformadas de plena tracción. Quedan expresamente prohibidas las uniones por tornillo en particular, y en especial, aquellas que provoquen que los ejes de los conductores a unir no formen una misma línea recta y aquellos que sean desmontables. En una línea de nueva construcción, los empalmes deberán realizarse en el puente flojo de un apoyo con cadenas de amarre.

5.3.3 Piezas de conexión

Las piezas de conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos. En zonas de alta y muy alta contaminación se cubrirán con cinta de protección anticorrosiva estable a la intemperie, para que las superficies de contacto no sufran oxidación.

Las piezas de conexión se dividirán en terminales y piezas de derivación. Las características de las piezas de conexión se ajustarán a las normas UNE 21021 y CEI 1238-1

Terminales

Serán de aluminio, adecuados para que la conexión al cable se efectúe por compresión hexagonal. La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará mediante tornillos a presión.

Los terminales cumplirán la Norma ENDESA NNZ015, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700096, 6700097 ó 6700098, según corresponda en cada caso.

Piezas de derivación

La conexión de conductores en las líneas aéreas de MT se realizará en lugares donde el conductor no esté sometido a sollicitaciones mecánicas. Así pues, las conexiones para dar continuidad a la línea o para conectar una derivación se realizarán en el bucle entre dos cadenas horizontales (puente flojo) de un apoyo. En este caso la pieza de conexión, además de no aumentar la resistencia eléctrica del conductor, tendrá una resistencia al deslizamiento de, al menos, el 20 % de la carga de rotura del conductor.

La continuidad de la línea y la conexión de derivaciones a la línea principal se efectuará mediante conectores de presión constante, de pleno contacto y de acuñaamiento cónico, que cumplirán las Especificaciones Técnicas ENDESA 6701483, 6701484 y 6701491 a 6701496.

5.3.4 Aisladores

Los aisladores se dimensionarán en función del nivel de aislamiento de la línea, de la línea de fuga requerida, en función del lugar por donde discurra, y de la distancia entre partes activas y masa.

Los aisladores serán en general de vidrio formando cadenas de suspensión o de amarre. Los aisladores rígidos únicamente podrán emplearse en los puentes

flojos, para fijar los cables en su paso por los apoyos y asegurar las distancias; pero no podrán ser elementos de sujeción al comienzo o final de un vano.

En zonas de alta o muy alta contaminación, deberán emplearse aisladores compuestos (poliméricos a base de goma silicona), de características equivalentes, o crucetas aislantes. A efectos de la delimitación de estas zonas, se tendrá en cuenta lo indicado en el documento ENDESA NZZ009.

Los elementos de acoplamiento entre aisladores así como entre éstos y los herrajes o las grapas, serán:

- Acoplamiento Norma 11 según CEI 120 (\varnothing vástago mm): Carga de rotura mínima 4000 daN
- Acoplamiento Norma 16 según CEI 120 (\varnothing vástago mm): Carga de rotura mínima 7000 daN

El aislamiento adquirirá la condición de reforzado, cuando las características dieléctricas que le corresponden en función de la tensión más elevada del material de la línea, se eleven al escalón inmediato superior de la tensión que le corresponde, y que se indica en el artículo 24 del RLAT. En general, esta condición se cumple incrementando en una unidad el número de aisladores de la cadena.

Los aisladores deberán soportar:

- Las solicitaciones mecánicas de la línea.
- Las solicitaciones eléctricas.

a) Aisladores de vidrio:

Los aisladores de vidrio estarán constituidos por elementos aislantes formando cadenas articuladas, cuyo número de elementos dependerá del nivel de contaminación de la zona.

Los aisladores y las cadenas que se formen con ellos, así como sus características, se ajustarán a las indicadas en la Norma ENDESA AND008, así como en las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700743 ó 6701834, según corresponda en cada caso.

Se usarán aisladores U40BS en líneas de todo tipo de conductores normalizados, excepto el LA180 y LARL 145. Los aisladores U70BSz podrán utilizarse para todos los conductores normalizados.

b) Aisladores Compuestos (Poliméricos):

Los aisladores compuestos (poliméricos a base de goma silicona) constarán de:

- La barra autoportante aislante, de fibra de vidrio impregnada de resina.
- El recubrimiento protector que configura las aletas, de goma silicona.
- Los herrajes de acoplamiento, de acero galvanizado.

Sus características serán equivalentes a las indicadas para las cadenas de aisladores de vidrio, y se ajustarán a la Norma ENDESA AND012, así como a las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6702341 a 6702344, según proceda en cada caso.

c) Brazos aislantes:

Incorporan en un mismo elemento la función de cruceta de brazos independientes y la de aislamiento. Cumplirán la Norma ENDESA AND014

5.3.5 Herrajes

Los herrajes utilizados para la formación de cadenas se ajustarán a la Norma ENDESA AND009, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA siguientes:

Material:	Especificación Técnica de ENDESA Referencia nº:
Horquilla bola HB11	6700746
Horquilla bola HB16	6701455
Grillete Normal GN	6700747
Grillete revirado GR	6700748
Anilla bola AB11	6700753
Anilla bola AB16	6701731
Anilla bola larga AB16-P	6701842
Rótula guardacabos LRG16	6701841
Rótula de horquilla corta RH11	6701481
Rótula de horquilla corta RH16	6701482
Rótula larga R11-P	6700745
Rótula larga R16-P	6701456
Rótula normal R11	6700752
Rótula normal R16	6701861
Rótula normal R16-A	6701511
Alargadera de acero galv. 300 mm	6700749
Grapa de amarre GA2	6701512
Grapa de amarre GA3	6701513
Grapa de suspensión GS1	6701457
Grapa de suspensión GS2	6701458
Grapa de suspensión GS3	6701459
Grapa de suspensión armada GSA-110	6701852

Grapa de suspensión armada GSA-125E	6701854
Grapa de suspensión armada GSA-145E	6701855
Grapa de suspensión armada GSA-56	6701851
Grapa de suspensión armada GSA-78	6701853

5.3.6 Apoyos

Los apoyos que se utilizarán en la construcción de las líneas aéreas de MT serán en general de celosía. Podrán utilizarse, como alternativa, apoyos de hormigón vibrado o de chapa plegada. Excepcionalmente, para aplicaciones provisionales o especiales y previa autorización de ENDESA, se podrán utilizar de madera.

Los apoyos se adecuarán a las características mecánicas de la línea y estarán integrados al entorno en el cual se realice su implantación. Cuando las condiciones lo requieran se aplicarán tecnologías mixtas teniendo un especial cuidado en su integración al entorno.

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

Apoyos de alineación: Su función es la de sostener los conductores, manteniéndolos elevados del suelo la distancia establecida en el proyecto.

Apoyos de ángulo: Su función es la de sostener los conductores, en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones.

Apoyos de anclaje Proporcionarán puntos firmes que eviten la propagación a lo largo de la línea de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Se instalarán como mínimo cada tres kilómetros.

Apoyos de fin de línea Son los situados en el origen y final de la línea y su función es la de soportar en sentido longitudinal, las sollicitaciones de todos los conductores.

Apoyos especiales Son aquellos que tienen una función diferente a las indicadas en los puntos anteriores.

Atendiendo a su naturaleza constructiva, los apoyos pueden ser de los siguientes tipos:

Apoyos de celosía

Los apoyos de celosía cumplirán la norma ENDESA AND001, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA siguientes:

Material:	Especificación Técnica de ENDESA Referencia nº:
Apoyo metálico C 500 12	6701351
Apoyo metálico C 500 14	6701352
Apoyo metálico C 500 16	6701353
Apoyo metálico C 500 18	6701354
Apoyo metálico C 500 20	6701355
Apoyo metálico C 500 22	6701356
Apoyo metálico C 1000 12	6700376
Apoyo metálico C 1000 14	6700377
Apoyo metálico C 1000 16	6701357
Apoyo metálico C 1000 18	6701358
Apoyo metálico C 1000 20	6701359
Apoyo metálico C 1000 22	6701360
Apoyo metálico C 2000 12	6700378
Apoyo metálico C 2000 14	6700379
Apoyo metálico C 2000 16	6701361
Apoyo metálico C 2000 18	6701362
Apoyo metálico C 2000 20	6701363
Apoyo metálico C 2000 22	6701364
Apoyo metálico C 3000 12	6701365
Apoyo metálico C 3000 14	6701366
Apoyo metálico C 3000 16	6701367
Apoyo metálico C 3000 18	6701368
Apoyo metálico C 3000 20	6701369
Apoyo metálico C 3000 22	6701370
Apoyo metálico C 4500 12	6701371
Apoyo metálico C 4500 14	6701372
Apoyo metálico C 4500 16	6701373
Apoyo metálico C 4500 18	6701374
Apoyo metálico C 4500 20	6701375
Apoyo metálico C 4500 22	6701376
Apoyo metálico C 7000 12	6701377
Apoyo metálico C 7000 14	6701378
Apoyo metálico C 7000 16	6701379
Apoyo metálico C 7000 18	6701380
Apoyo metálico C 7000 20	6701381
Apoyo metálico C 7000 22	6701382
Apoyo metálico C 7000 24	6701383
Apoyo metálico C 7000 26	6701384
Apoyo metálico C 9000 12	6701385
Apoyo metálico C 9000 14	6701386
Apoyo metálico C 9000 16	6701387
Apoyo metálico C 9000 18	6701388
Apoyo metálico C 9000 20	6701389
Apoyo metálico C 9000 22	6701390
Apoyo metálico C 9000 24	6701391
Apoyo metálico C 9000 26	6701392

No obstante lo anterior, también podrán admitirse apoyos de celosía que cumplan con las Normas ONSE 46.22-15B, 46.22-16B, 46.22-17B, 46.22-20B, 46.22-21B, 46.22-22B, 46.22-23B, 46.22-24B, 46.22-25B, 46.22-26B, 46.22-27B o 46.22-28B. Estos apoyos deberán tener la certificación AENOR según las citadas Normas.

Apoyos de Hormigón

Los apoyos de hormigón cumplirán con la Norma ENDESA AND002, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA siguientes:

Material:	Especificación Técnica de ENDESA Referencia nº:
Poste hormigón HV 250 R 9	6700355
Poste hormigón HV 250 R 11	6700670
Poste hormigón HV 250 R 13	6700671
Poste hormigón HV 400 R 9	6700356
Poste hormigón HV 400 R 11	6700360
Poste hormigón HV 400 R 13	6700371
Poste hormigón HV 630 R 9	6700357
Poste hormigón HV 630 R 11	6700361
Poste hormigón HV 630 R 13	6700372
Poste hormigón HV 800 R 9	6700358
Poste hormigón HV 800 R 11	6700362
Poste hormigón HV 800 R 13	6700373
Poste hormigón HV 800 R 15	6701501
Poste hormigón HV 1000 R 9	6700359
Poste hormigón HV 1000 R 11	6700363
Poste hormigón HV 1000 R 13	6700374
Poste hormigón HV 1000 R 15	6701502
Poste hormigón HV 1600 N 11	6700370
Poste hormigón HV 1600 N 13	6700375

Apoyos de Madera

Los apoyos de madera, que excepcionalmente se puedan utilizar, se emplearán únicamente en alineación y cumplirán la Norma ENDESA AND003, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA siguientes:

Material:	Especificación Técnica de ENDESA Referencia nº:
PM 9 III	6700350
PM 9 V	6702107
PM 10 III	6700351
PM 11 V	6700352
PM 12 V	6700353
PM 13 V	6700354

Apoyos de Chapa plegada

Los apoyos de chapa metálica plegada cumplirán con la Norma ENDESA AND004, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA siguientes:

Material:	Especificación Técnica de ENDESA Referencia nº:
Apoyo chapa CH 160-7 P-B	6700400
Apoyo chapa CH 160-9 P-B	6700401
Apoyo chapa CH 250-7 P-B	6700402
Apoyo chapa CH 250-9 P-B	6700403
Apoyo chapa CH 400-7 P-B	6700404
Apoyo chapa CH 400-9 P-B	6700405
Apoyo chapa CH 400-11 P-B	6701881
Apoyo chapa CH 400-13 P-B	6701882
Apoyo chapa CH 630-7 P-B	6700406
Apoyo chapa CH 630-9 P-B	6700407
Apoyo chapa CH 630-11 P-B	6701883
Apoyo chapa CH 630-13 P-B	6701884
Apoyo chapa CH 800-7 P-B	6700408
Apoyo chapa CH 800-9 P-B	6700409
Apoyo chapa CH 800-11 P-B	6701885
Apoyo chapa CH 800-13 P-B	6701886
Apoyo chapa CH 1000-7 P-B	6700410
Apoyo chapa CH 1000-9 P-B	6700411
Apoyo chapa CH 1000-11 P-B	6701887
Apoyo chapa CH 1000-13 P-B	6701888
Apoyo chapa CH 1600-11 P-B	6701889
Apoyo chapa CH 1600-13 P-B	6701890
Apoyo chapa CH 1600-15 P-B	6701891

5.3.7 Armados

Los armados que se utilizarán en la construcción de las líneas aéreas de MT serán:

- Semicruceta atirantada.
- Cruceta boveda.
- Cruceta tresbolillo tipo canadiense.

Los casos de carga que podrán soportar las crucetas, en función de las magnitudes y direcciones de las cargas de trabajo, así como la simultaneidad de aplicación de las cargas, se ajustarán a los criterios que se contemplan en la Norma ENDESA AND001:

Semicrucetas atirantadas

Se utilizará en los apoyos metálicos de celosía, bien en triángulo en líneas existentes o con apartamenta, o en tresbolillo en líneas de nueva construcción

tanto si son de circuito simple o doble. Se utilizarán para apoyos de cualquier función: alineación, ángulo, anclaje o fin de línea.

La longitud será de 1,5 m y podrán montarse con una separación entre ellas de 1,20 ó 1,80 m.

En casos especiales, cuando se precise mayor separación entre conductores, podrán utilizarse semicrucetas de 2 m de longitud.

El montaje 0 se realizará como se propone en la Fig. 1, El doble circuito se realizará utilizando como base la figura 2, acoplando semicrucetas simétricamente.

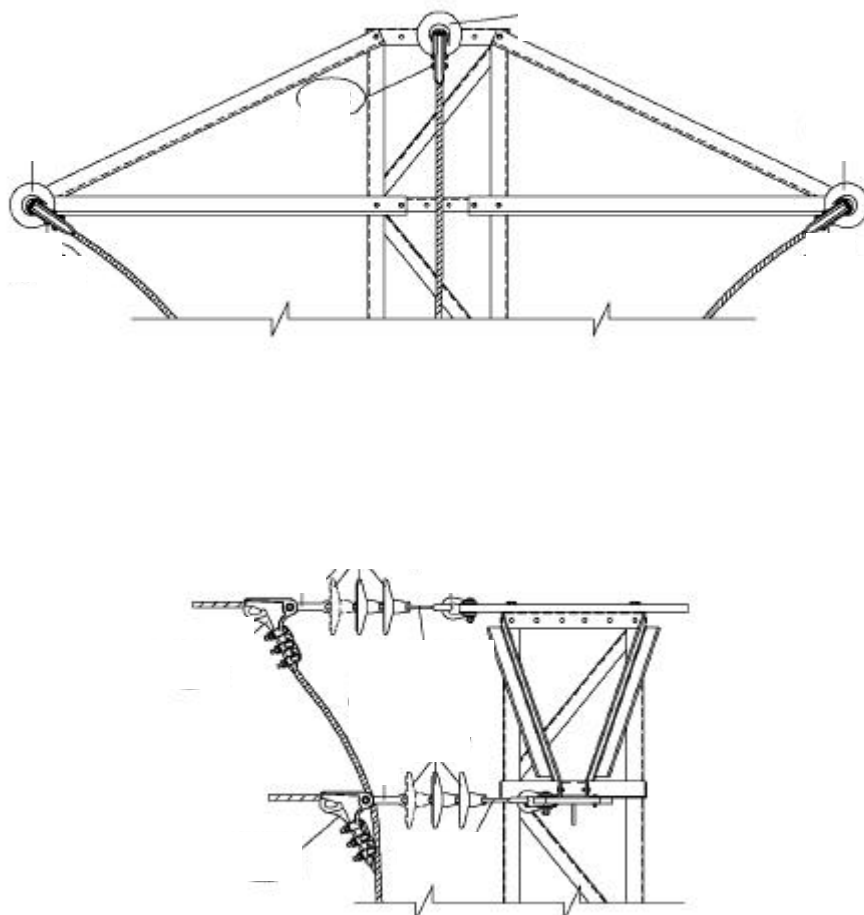


Fig. 5.3.7-A Montaje 0

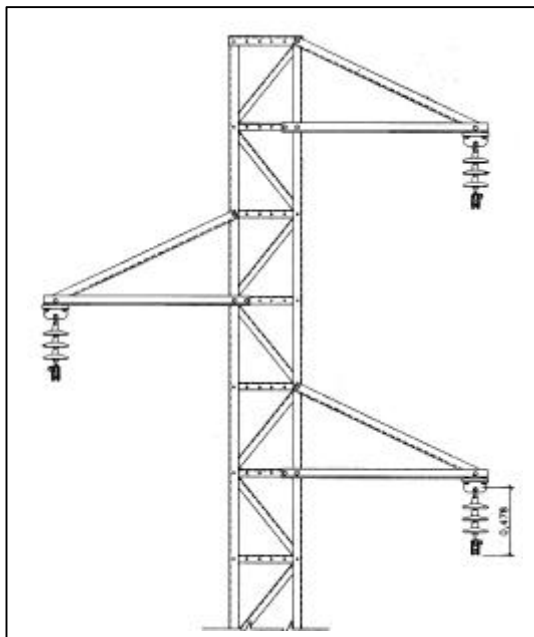


Fig. 5.3.7-B Semicrucetas atirantadas al tresbolillo

Cruceta bóveda

Las crucetas tipo bóveda se utilizará en apoyos de celosía, hormigón y chapa plegada en apoyos con función de alineación o ángulo con las limitaciones que se derivan de los cálculos mecánicos de los apoyos, también en apoyos de madera únicamente en alineación.

Las crucetas tipo BH se utilizarán únicamente en apoyos de hormigón, chapa plegada y madera, las del tipo BC se utilizarán en apoyos de celosía.

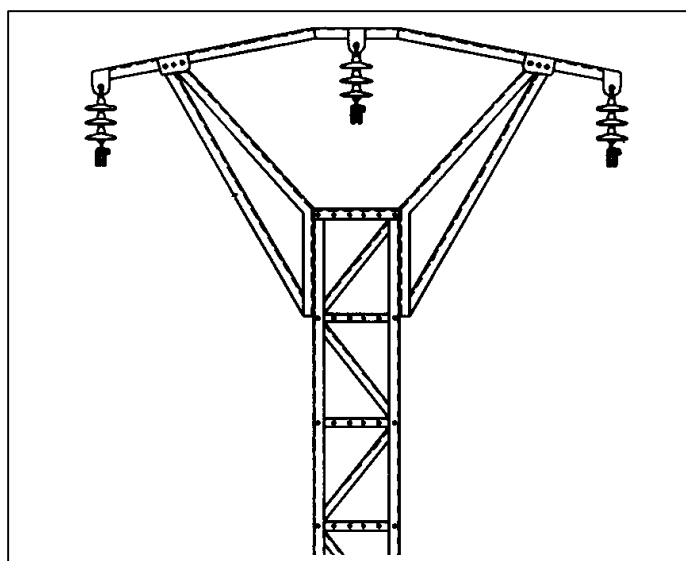


Fig. 5.3.7-C Armado tipo bóveda

Cruceta tresbolillo tipo canadiense

Las crucetas tipo canadiense se utilizará en apoyos de hormigón y chapa plegada, en apoyos con función de alineación o ángulo, con las limitaciones derivadas de los cálculos mecánicos de los apoyos. También se utilizarán en apoyos de madera, cuando excepcionalmente éstos se coloquen.

Estas crucetas están diseñadas como disuasorias de la posada de aves. Existen dos tipos de cruceta, simple para apoyos de alineación con conductor en suspensión y doble para apoyos de ángulo y cruce con conductor en amarre. Ésta última se usará con las limitaciones que puedan derivarse del cálculo.

Estarán dimensionadas para soportar las cargas de trabajo sancionadas por la práctica y los coeficientes de seguridad indicados en la tabla 16.

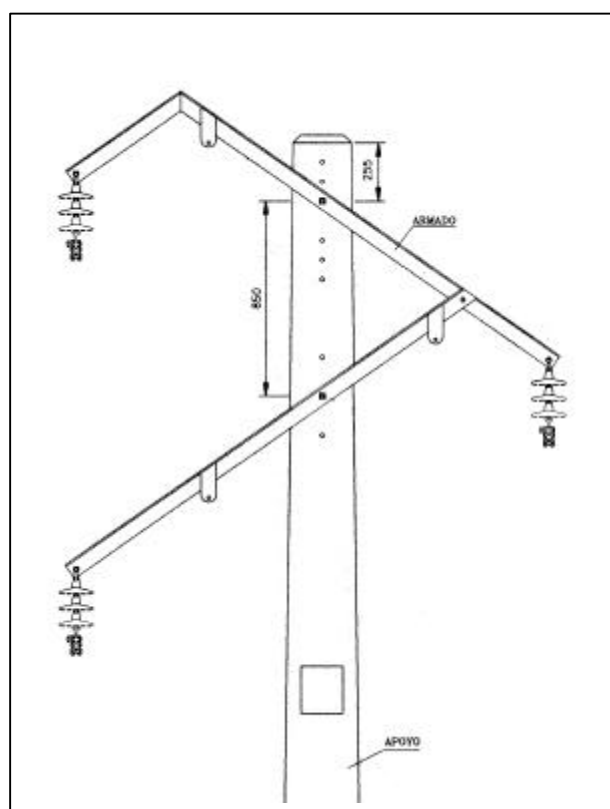


Fig. 5.3.7-D Armado tipo canadiense

Disposición y separación de conductores

Según cual sea el tipo de armado elegido y el número de circuitos de la línea, los conductores adoptarán las siguientes disposiciones:

- Triángulo o Montaje Cero
- Tresbolillo
- Doble circuito

5.3.8 Aparamenta

La aparamenta a instalar en las redes de distribución de ENDESA en Andalucía deben cumplir las siguientes Normas y especificaciones:

- Los seccionadores unipolares intemperie: Norma ENDESA AND005, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6702211, 6702212, 6702244, 6702245 ó 6702246, según corresponda en cada caso.
- Los cortacircuitos fusibles de expulsión: Norma ENDESA AND007
- Los cortacircuitos fusibles limitadores de APR: Norma ONSE 54.25-01.
- Los pararrayos: Norma ENDESA AND015, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6703005, 6702801 ó 6700522, según corresponda en cada caso.
- Los interruptores-seccionadores SF₆ intemperie: Norma ENDESA AND013, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6702491 ó 6702732, según corresponda en cada caso.
- Los reconectores y seccionalizadores deberán ser de un tipo aprobado por ENDESA

5.3.9 Puesta a tierra de apoyos

Los apoyos metálicos y de hormigón armado estarán provistos de una puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse por descargas en el propio apoyo. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente en cabecera de línea, deberá facilitar la descarga a tierra de la intensidad homopolar de defecto, y contribuir, en caso de contacto con masas susceptibles de ponerse en tensión, a eliminar el riesgo eléctrico de tensiones peligrosas. El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra será de 20 Ω .

Cuando, debido a las características del terreno, no fuera posible obtener el valor de la resistencia de puesta a tierra indicado en el párrafo anterior, se admitirá un valor superior, siempre que se refuerce el aislamiento del apoyo hasta el valor correspondiente al escalón superior de tensión normalizada (aislamiento reforzado).

Los apoyos situados en lugares de pública concurrencia, que soporten aparatos de maniobra, o en conversiones aéreo-subterráneas, dispondrán de una toma de tierra en forma de anillo cerrado, enterrado alrededor de la cimentación, a 1 m de distancia de las aristas de ésta y a 0,5 m de profundidad. Al anillo se le conectarán como mínimo dos picas de 2 m hincadas en el terreno, de modo que se consiga un valor de resistencia menor de 20Ω . Caso de no conseguirse el valor exigido, se ampliará el electrodo mediante picas alineadas, y el cálculo de la puesta a tierra se hará según un método de acreditada solvencia, como por ejemplo, el recogido en la publicación *Instalaciones de Puesta a Tierra en Centros de Transformación y su hoja de aplicación a la red de Compañía Sevillana de Electricidad, S.A.*, de D. Julián Moreno Clemente (2ª edición, 1991); o bien, según la publicación *Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría*, de UNESA.

La estructura metálica de los apoyos se conectará a tierra. Todos los herrajes auxiliares, así como la tierra de los pararrayos y el chasis de la apartamenta, si los hubiera, se conectarán a una línea general de tierra que a su vez estará conectada al anillo de puesta a tierra.

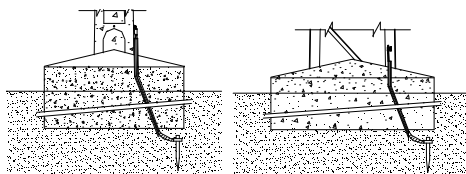


Figura 5.3.9-A Puesta a tierra en apoyo normal

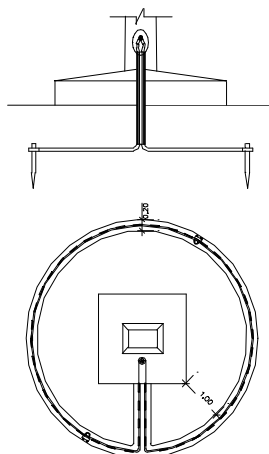


Figura 5.3.9-B Puesta a tierra en apoyo en zona de pública concurrencia o con aparato de maniobra

5.4 CÁLCULO ELÉCTRICO

Las líneas se dimensionarán teniendo en cuenta su función en la estructura de explotación de la red y la aplicación de los criterios eléctricos indicados en el presente Capítulo de estas Normas Particulares. En el cálculo eléctrico de las líneas se tendrán en cuenta: el régimen máximo de carga, la intensidad máxima admisible por el conductor y la caída de tensión de la línea.

5.4.1 Régimen máximo de carga

Se establecerá teniendo en cuenta las condiciones de explotación concretas de cada caso.

Intensidad máxima admisible en los conductores

La intensidad máxima admisible que puede circular por cada conductor en régimen permanente, para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz, se deduce de la tabla siguiente y de los coeficientes de reducción del artículo 22 del RLAT.

Conductor	d (A/mm ²)	Sección (mm ²)	Intensidad (A)
LA 56	3,70	54,6	202
LARL 56	3,70	54,6	202
LARL 78	3,24	78,6	255
LA 110	2,69	116,2	313
LARL 125E	2,68	125,1	335
LARL145E	2,40	148,1	355
LA 180	2,3	181,6	418

Tabla 5.4.1 Intensidad máxima admisible para conductores tipo LA y LARL

5.4.2 Caída de tensión de la línea

Los conductores de la línea se dimensionarán de forma que la caída de tensión en el punto más alejado del origen de la línea o de sus derivaciones, en las condiciones de explotación indicadas por la empresa distribuidora, no supere el 7% de la tensión de servicio de la línea, según indica el Real Decreto 1955/2000.

La caída de tensión se calculará teniendo en cuenta los siguientes parámetros de la línea:

- Intensidad (A)
- Tensión de servicio (V)
- Potencia a transportar (kW)

- Factor de potencia ($\cos \varphi$)
- Longitud (km)
- Resistencia a la temperatura máxima de funcionamiento (Ω/km)
- Reactancia inductiva (Ω/km)

También podrá calcularse en función del momento eléctrico $P \times L = M$ (kW x km)

5.4.3 Características eléctricas

Resistencia

La resistencia R del conductor, en Ω/km , varía con la temperatura T de funcionamiento de la línea. Se adoptará a efectos de cálculo el valor correspondiente a 50 °C. En la tabla siguiente se indica la resistencia de los conductores a 50 °C.

CONDUCTOR	RESISTENCIA A 50°C (ohm/km)
LA-56	0,6878
LA-110	0,3437
LA-180	0,2199
LARL-56	0,651
LARL-78	0,452
LARL-125	0,2838
LARL-145	0,2535

Tabla 5.4.3 Resistencia eléctrica de los conductores a 50°C

Reactancia de la línea

La reactancia de la línea se determinará en función de las características dimensionales del conductor y de la separación media geométrica entre conductores.

5.4.4 Distancias de seguridad

Distancia de los conductores al terreno

La distancia de los conductores al terreno será tal que, en el cálculo para las condiciones más desfavorables de sobrecarga o de máxima flecha vertical, se consideren situados por encima de cualquier punto del terreno o superficie de agua no navegable a una altura mínima de 7 m y de 8 m en los cruces con vías de comunicación. Con ello se compensarán pequeñas variaciones del perfil del terreno no consideradas en el estudio topográfico.

En las zonas en que puedan preverse formaciones importantes de hielo sobre los conductores, se analizará el riesgo de aproximación al suelo de los mismos.

Distancia entre conductores y entre éstos y los apoyos

La distancia entre conductores de distinta fase sometidos a tracción mecánica, así como entre conductores y apoyos, deberá ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito, teniendo en cuenta los efectos del viento y el desprendimiento de nieve acumulada sobre los conductores.

Para determinar la distancia entre conductores, se aplicarán los criterios de cálculo indicados en el artículo 25 del RLAT apartado 2.

En zonas en las que puedan preverse formaciones importantes de hielo sobre los conductores, se analizará el riesgo de aproximación entre los mismos.

5.5 CÁLCULO MECÁNICO

El cálculo mecánico, tanto de conductores como de apoyos, se realizará teniendo en cuenta todas las prescripciones del Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, aprobado por el Decreto 3151/1968 de 28 de noviembre

Podrán emplearse herramientas informáticas de reconocida solvencia para la aplicación del citado Reglamento, entre las que se encuentra el método recogido en la publicación “Cálculo de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, 5ª edición reformada” del Dr. Ingº Industrial D. Julián Moreno Clemente (Málaga 2004).

5.6 PRESCRIPCIONES ESPECIALES, CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Las líneas aéreas de MT deberán cumplir las condiciones señaladas en el Capítulo VII, artículos 32 a 35 del RLAT, para líneas de 3ª categoría, en lo relativo a cruzamientos, proximidades y paralelismos con otras instalaciones y vías de comunicación, paso por zonas urbanizadas, proximidad a aeropuertos, así como lo indicado en el punto 2 de la Circular E-1/2002 de la Junta de Andalucía sobre interpretación del artículo 162 del Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Asimismo, deberán cumplir las disposiciones legales que pudieran imponer otros organismos competentes cuando sus instalaciones fueran afectadas por líneas aéreas de MT, o lo establecido en convenios particulares.

Cuando deban preverse distancias mínimas entre la línea aérea y los elementos existentes en la zona especial, deberán considerarse de la siguiente forma, tal como indica el artículo 35 del RLAT:

- Distancias horizontales:
 - A partir de la posición del conductor más desfavorable en las condiciones de desviación correspondiente al viento máximo, y con la flecha a 15° C con el viento.

- Distancias verticales:
 - A partir de la posición del conductor más desfavorable en las condiciones de máxima flecha vertical.

En los tramos de línea que discurren por zonas especiales, deberán adoptarse las medidas de seguridad que se indican en el artículo 32 del RLAT y que se resumen a continuación:

- En los apoyos que limitan los vanos del tramo especial y en los adyacentes a éstos, no se reducirá el nivel de aislamiento establecido para la línea, ni las distancias entre conductores, ni entre éstos y los apoyos. Si esos apoyos tienen cadenas de suspensión, deben dotarse de varillas de protección.
- En los tramos especiales no se utilizarán apoyos de madera.
- En caso de hipótesis normales, los coeficientes de seguridad de apoyos y armados se incrementarán en un 25% respecto a los establecidos para la línea.
- Las grapas que fijan los conductores a los aisladores deberán ser antideslizantes.

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión más elevada. En el caso de igual tensión se situará a mayor altura la que se instale con posterioridad. En casos excepcionales, previa autorización, la de menor tensión puede cruzar por encima de la de tensión superior.

Se procurará que el cruce de dos líneas se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada.

Las distancias de los conductores deben considerarse siempre, en las condiciones más desfavorables de las determinadas por el RLAT y por las disposiciones de los organismos oficiales afectados.

5.7 CRITERIOS DE CONSTRUCCIÓN

5.7.1 Trazado

Al efectuar la distribución de los apoyos se procurará que la distancia entre ellos sea lo más uniforme posible, con el fin de evitar que se produzcan esfuerzos longitudinales importantes, en los cambios de condiciones.

Cuando la traza de la línea discorra por terreno forestal se preparará un corredor, en el que se eliminará la masa forestal, de modo que se forme una zona de seguridad según indica el artículo 35 de RLAT. La separación de la línea a la masa forestal en el sentido horizontal no será en ningún caso inferior a 2 ó 3 m en zonas con especies arbóreas de crecimiento rápido. Esta distancia se considerará bajo la acción de un viento de 120 km/h y una temperatura de 15 °C.

En el diseño del trazado de la línea se tendrá en cuenta la facilidad de acceso al lugar en que se vayan a instalar los apoyos, tanto en la fase de construcción como en la de explotación.

5.7.2 Cimentaciones

Las dimensiones de las cimentaciones corresponderán a las calculadas según lo indicado en el apartado 5.5 para cada tipo de apoyo y terreno en el cual esté situado el apoyo. Las excavaciones tendrán las paredes laterales, verticales.

La dosificación de hormigón será como mínimo de 200 kg/m³.

En los casos excepcionales en que se autorizara la instalación de apoyos de madera, según se indica en el apartado 5.3.6, podrán emplearse zancas de hormigón, o empotrarse los apoyos directamente en el suelo. Las zancas o postes se empotrarán una profundidad, en metros, de:

$$\frac{H}{10} + 0,50$$

siendo H la altura total del apoyo en metros.

5.7.3 Tendido

El tendido se efectuará con medios auxiliares (poleas y cuerdas). Se evitará la formación de cocas, el arrastre del cable por el suelo y su rozamiento con el arbolado u otros accidentes del terreno.

El tensado se efectuará entre apoyos con cadenas de amarre, y se realizará tomando como referencia el vano de regulación. La flecha se ajustará a la indicada en las tablas de tendido, especificadas en el proyecto, las cuales deberán ajustarse a las condiciones existentes en el momento del tendido. El tensado se efectuará con útiles adecuados.

5.7.4 Apoyos con cadenas de suspensión

En los apoyos situados en alineación, en terrenos de poco desnivel y comprendidos entre dos apoyos con cadenas de amarre, el aislamiento podrá adoptar la condición, en suspensión. Deberá tenerse en cuenta que en condiciones extremas no se produzcan componentes de esfuerzo vertical negativas que den lugar al giro de la cadena y a la consiguiente pérdida de la distancia de seguridad.

No podrán instalarse cadenas de suspensión en apoyos que cumplan una función distinta a la de simple alineación.

5.7.5 Apoyos con cadenas de amarre

Los apoyos con cadenas de amarre se diseñarán para soportar esfuerzos en las tres proyecciones vertical, longitudinal y transversal, de forma separada o conjunta. Todos sus componentes estarán dimensionados en función de las solicitudes específicas de su ubicación en el trazado.

Todos los apoyos con cadenas de amarre que se instalen deben ser metálicos de celosía.

5.7.6 Derivaciones y conexiones

El apoyo al que concurra, además de la línea principal, una segunda línea que tenga su origen en el propio apoyo a modo de derivación de la principal, debe ser capaz de soportar simultáneamente las solicitudes mecánicas de las dos líneas en condiciones extremas. Este apoyo actuará de fin de línea para la derivación. Cuando el apoyo no sea capaz de soportar el conjunto de las solicitudes, se procederá a la sustitución del apoyo.

La conexión de una derivación se efectuará en el puente flojo comprendido entre dos cadenas de amarre. En ningún caso, en el punto de conexión los conductores quedarán sometidos a solicitudes mecánicas. La unión entre los conductores se efectuará mediante conectores de apriete por cuña. Estas mismas consideraciones son aplicables a conexiones de continuidad efectuadas a lo largo de la línea.

5.7.7 Conversiones de línea aérea a línea subterránea

En los casos en que una línea aérea deba convertirse en subterránea, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- La conexión del cable subterráneo con la línea aérea será siempre seccionable.
- En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE EN50102. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. Su diámetro será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente del terno de cables unipolares. Las dimensiones de la bandeja serán de 4,5x1,5 veces el diámetro de un cable unipolar.
- Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas.

5.7.8 Apoyos con aparamenta

El montaje de la aparamenta en los apoyos que la lleven incorporada, se ejecutará de modo que las partes en tensión queden suficientemente alejadas de las partes puestas a tierra, y estén situadas de forma que se evite la posada de aves. En todo caso, la altura mínima respecto al suelo a la que debe estar cualquier parte en tensión de la aparamenta será de 7 m.

5.7.9 Señalización

Los apoyos llevarán una señal triangular distintiva de riesgo eléctrico en una de sus caras, según las dimensiones y colores que se especifican en el Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.