

# ET 1002

LÍNEAS AÉREAS CON CONDUCTORES DESNUDOS  
DE MEDIA TENSIÓN 13,2 y 33 kV



**EMPRESA PROVINCIAL DE ENERGÍA  
DE CÓRDOBA**

**ET 1002**

Emisión: 20/4/2016

**LINEAS AÉREAS CON CONDUCTORES DESNUDOS DE MEDIA  
TENSIÓN 13,2 / 33 KV.**

**INDICE**

1	ALCANCE.....	3
2	DEFINICIONES .....	3
2.1	TIRO .....	3
2.2	VANO.....	3
2.3	FLECHA .....	3
2.4	ALTURA LIBRE.....	3
2.5	ZONAS .....	3
2.5.1	Zona urbana .....	3
2.5.2	Zona rural .....	3
2.6	CONDUCTOR .....	3
2.7	CONDUCTOR COMPUESTO .....	3
2.8	ALAMBRE HETEROGÉNEO .....	3
2.9	APOYO .....	3
2.9.1	Apoyo de alineación .....	3
2.9.2	Apoyo de desvío .....	4
2.9.3	Apoyo de retención.....	4
2.9.4	Apoyo de cruce.....	4
2.9.5	Apoyo terminal.....	4
2.9.6	Apoyo combinado.....	4
2.9.7	Apoyo especial .....	4
2.9.8	Apoyo adoptado como nominal.....	4
2.10	AISLACIÓN.....	4
2.10.1	Aislación de apoyo.....	4
2.10.2	Aislación suspendida.....	4
2.10.3	Aislación especial .....	4
2.11	DISPOSITIVOS ANTIVIBRATORIOS.....	4
2.11.1	Dispositivos antivibratorios pasivos o de refuerzo .....	4
2.11.2	Dispositivos antivibratorios activos o amortiguadores.....	5
3	CONDICIONES PARA EL PROYECTO Y CÁLCULO.....	5
3.1	PLANOS.....	5
3.2	SISTEMA.....	6
3.3	TENSIONES NOMINALES .....	6
3.4	NIVEL DE AISLACIÓN.....	6
3.5	CAÍDAS DE TENSIÓN.....	6
3.6	TRAZADO.....	6
3.7	RETENCIONES .....	6
3.8	TRANSPOSICIONES.....	6
3.9	COEFICIENTES DE SEGURIDAD .....	6
3.10	TENSIONES ADMISIBLES .....	7
3.11	CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES.....	7
3.12	HIPÓTESIS DE CÁLCULO .....	8
3.12.1	Condiciones climáticas .....	8
3.12.2	Sobrecarga por hielo .....	8
3.12.3	Sobrecarga por viento en la condición de viento máximo.....	8
3.12.4	Esfuerzos sobre los apoyos.....	8
3.12.5	Postes dobles .....	9
3.13	VANO MÁXIMO.....	9
3.14	ALTURA LIBRE MÍNIMA .....	9
3.15	UBICACIÓN RELATIVA.....	10
3.16	DISTANCIAS MÍNIMAS .....	10

3.16.1	Entre conductores de energía de la misma línea .....	10
3.16.2	Entre conductores de energía de líneas distintas que corren paralelas .....	10
3.16.3	Entre conductores de energía o piezas sometidas a tensión y elementos no sometidos a tensión pertenecientes a la línea u otra instalación eléctrica .....	11
3.16.4	Horizontal entre conductores a distinto nivel .....	11
3.16.5	Entre puntos de dos conductores .....	11
3.16.6	Entre conductor de protección y demás conductores .....	11
3.16.7	Vertical entre conductores de energía y de telecomunicación montados sobre los mismos apoyos ..	11
3.16.8	Entre conductores de líneas que se cruzan .....	11
3.16.9	Entre conductores de energía y edificios, estructuras a tierra no pertenecientes a líneas eléctricas o accidentes del terreno accesibles a personas .....	12
3.16.10	Entre conductores de líneas de energía y líneas pertenecientes a prestatarios de servicio telefónico que corren paralelas: .....	13
3.17	FLECHAS DE CONDUCTORES DE PROTECCIÓN .....	13
4	NORMAS CONSTRUCTIVAS .....	13
4.1	CONDUCTOR DE PROTECCIÓN .....	13
4.2	TIPOS DE APOYO .....	13
4.3	UBICACIÓN DE LOS APOYOS .....	14
4.4	ARMADO DE LOS APOYOS .....	14
4.5	DISPOSITIVO DE SEGURIDAD .....	14
4.6	FUNDACIONES .....	14
4.7	EMPOTRAMIENTO .....	15
4.8	PUESTA A TIERRA .....	15
4.8.1	Conexión a tierra .....	15
4.8.2	Electrodos de puesta a tierra .....	15
4.8.3	Puesta a tierra en apoyos existentes a utilizar .....	16
4.8.4	Conexión a tierra de alambrados .....	16
4.9	DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN .....	16
4.10	TIPO DE AISLACIÓN .....	16
4.10.1	Aislación de apoyo para 13,2 kV .....	16
4.10.2	Aislación suspendida vertical para 13,2 kV .....	16
4.10.3	Aislación de amarre para 13,2 kV .....	16
4.10.4	Aislación de apoyo para 33 kV .....	16
4.10.5	Aislación suspendida vertical para 33 kV .....	16
4.10.6	Aislación de amarre para 33 kV .....	16
4.11	TENDIDO Y SUJECION DE CONDUCTORES .....	17
4.12	VIBRACIONES .....	17
4.13	NUMERACIÓN DE LOS APOYOS .....	17
4.14	CRUCES FERROVIARIOS .....	17
4.14.1	Apoyos .....	17
4.14.2	Dispositivo de puesta a tierra .....	17
4.14.3	Conductores de energía .....	17
4.14.4	Amarre de los conductores de energía .....	17
4.14.5	Conductor de protección .....	17
4.14.6	Documentación .....	17
4.15	CRUCES CARRETEROS, FLUVIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN .....	17
4.15.1	Documentación .....	17
4.16	DESPEJE DE LA ZONA AFECTADA POR LA LÍNEA .....	17
5	MATERIALES .....	18
5.1	CONDUCTORES DE PROTECCIÓN .....	18
5.2	CONDUCTORES DE ENERGÍA .....	18
5.2.1	Normas .....	18
5.3	AISLADORES .....	18
5.4	ACCESORIOS METÁLICOS .....	18
5.5	POSTES, CRUCETAS Y MÉNSULAS .....	18
5.5.1	Hormigón armado .....	18
5.5.2	Madera .....	18
5.5.3	Metálicos .....	18

**EMPRESA PROVINCIAL DE ENERGÍA  
DE CÓRDOBA**

**ET 1002**

Emisión: 20/4/2016

**LINEAS AÉREAS CON CONDUCTORES DESNUDOS DE MEDIA  
TENSIÓN 13,2 / 33 kV**

**1 ALCANCE.**

Esta especificación se refiere a las condiciones generales para el proyecto, cálculo y montaje de líneas aéreas trifásicas de energía eléctrica de 13,2 y 33 kV **con conductores desnudos.**

Cuando por razones justificables sea necesario alterar esta especificación, las modificaciones serán determinadas o aprobadas por **EPEC** y se incorporarán a las especificaciones particulares, prevaleciendo entonces sobre lo aquí consignado.

**2 DEFINICIONES** (a los fines de esta especificación).

2.1 **TIRO:** El tiro de un conductor es el producto de su sección real por la tensión mecánica de tracción a que se encuentra sometido.

2.2 **VANO:** Es la distancia horizontal entre dos apoyos consecutivos.

2.3 **FLECHA:** Es el segmento comprendido entre el conductor y la recta que une dos puntos consecutivos de fijación del mismo, tomado sobre el plano vertical normal a la traza de la línea y en el punto que se considere de la misma.

2.4 **ALTURA LIBRE:** Es la distancia medida verticalmente entre el nivel del suelo y el conductor más bajo, en el punto que se considere de la traza de la línea.

2.5 **ZONAS:**

2.5.1 **Zona urbana:** Es la zona correspondiente a una población que así se considere en las especificaciones particulares. Si su límite no fuera expresamente consignado, se lo entenderá trazado a 200 m más allá del cruce con la última calle abierta o proyectada.

2.5.2 **Zona rural:** Es toda zona exterior a las zonas urbanas e incluye las poblaciones que no sean consideradas como zonas urbanas en las especificaciones particulares.

2.6 **CONDUCTOR:** Alambre o cordón compuesto de varios alambres, destinado a transmitir la electricidad. La denominación genérica de "conductor" incluye: 1) Conductores de energía, 2) conductores de protección y 3) conductores de telecomunicación (XDSL y CATV en cualquiera de las tecnologías actuales o futuras que implique transmisión eléctrica, aun en baja señal. Un cable de fibra óptica que involucre en su construcción, material conductor de electricidad, ejemplo: "cable aéreo auto soportado", también está incluido en este concepto).

2.7 **CONDUCTOR COMPUESTO:** Es el conductor constituido por un alma de acero y una cubierta de cobre, aluminio o aleación de aluminio o cualquier conductor que incluya alambres heterogéneos.

2.8 **ALAMBRE HETEROGÉNEO:** Es el alambre constituido por un alambre de acero recubierto totalmente por una vaina adherida y continúa de otro material conductor.

2.9 **APOYO:** Es todo conjunto formado por uno o más postes con sus crucetas, ménsulas, vínculos estructurales y accesorios o estructura reticulada que soporta a los conductores. No incluye la aislación, la fundación ni los elementos de puesta a tierra no incorporados.

2.9.1 **Apoyo de alineación:** Es el apoyo que soporta a los conductores en los tramos rectos de la línea. Se lo designará con la letra Au o Ar según corresponda a zona urbana o rural, respectivamente; seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada

- en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. (Ej.: Au-1,0; Ar+0,5).
- 2.9.2 **Apoyo de desvío:** Es el apoyo que soporta a los conductores en los puntos en los cuales la línea cambia de dirección. Se lo designará con las letras Du o Dr según corresponda a zona urbana o rural respectivamente; seguidamente se agregará el ángulo de desvío y la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. (Ej.: Du 15°; Dr 30° + 2,0).
- 2.9.3 **Apoyo de retención:** Es el apoyo que constituye un punto de refuerzo de la línea. Se lo designará con la letra Ru o Rr según corresponda a zona urbana o rural respectivamente; seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. (Ej.: Ru; Rr+0,5).
- 2.9.4 **Apoyo de cruce:** Es el apoyo que soporta a los conductores en los vanos de cruces con vías de tránsito (carreteras, férreas o fluviales) o infraestructuras de telecomunicaciones. Se lo designará con las letras Cru o Crr según corresponda a zona urbana o rural respectivamente; seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. Ej: Cru + 0,5; Crr).
- 2.9.5 **Apoyo terminal:** Es el apoyo que constituye el punto inicial o final de la línea o de un tramo de la misma. Se lo designará con la letra Tu o Tr, según corresponda a zona urbana o rural respectivamente; o con las letras Tud o Trd cuando además tenga alguna derivación a otra instalación. Seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal (Ej.: Tud + 0,5; Tr).
- 2.9.6 **Apoyo combinado:** Es el apoyo destinado a cumplir dos o más de las funciones de los apoyos anteriores. Se lo designará con el conjunto de letras correspondientes a las funciones simples. Seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. (Ej.: Apoyo de retención rural y desvío de 30° con longitud 1,00 m mayor que la del nominal: (RrD 30° + 1,00).
- 2.9.7 **Apoyo especial:** Es el apoyo destinado además a alguna otra función no comprendida en los tipos de apoyos anteriores. Se lo designará con las letras Eu o Er según corresponda a zona urbana o rural respectivamente. Seguidamente se agregará la longitud en más o en menos (expresada en metros) en que difiera de la total del apoyo adoptado como nominal. (Ej.: Eu; Er - 0,5).
- 2.9.8 **Apoyo adoptado como nominal:** Es el apoyo de características físicas y mecánicas definidas que se adopta en cada proyecto como resultado del cálculo del vano económico.
- 2.10  **AISLACIÓN:** Es el conjunto de aisladores con sus pernos, grampas y accesorios, pertenecientes a un apoyo que sostiene a los conductores de energía.
- 2.10.1 **Aislación de apoyo:** Es el tipo de aislación que, debido al peso del conductor, soporta fundamentalmente, esfuerzo de compresión. Cuando no se exprese lo contrario esta denominación se aplicará a la aislación de apoyo rígida. Se la designará con la letra "a" cuando sea simple y con las letras "aa" cuando sea doble.
- 2.10.2 **Aislación suspendida:** Es el tipo de aislación que soporta, fundamentalmente, esfuerzos de tracción. Podrá ser para amarre o para suspensión vertical. Cuando no se exprese lo contrario esta denominación se aplicará a la aislación suspendida y articulada. Se la designará con la letra "s" cuando se trate de aislación suspendida para suspensión vertical y con la letra "r" cuando se refiera a la aislación suspendida para amarre. Para ambos casos si la aislación es doble, se lo designará con "ss" o "rr", respectivamente.
- 2.10.3 **Aislación especial:** Es todo tipo de aislación no comprendido en las denominaciones anteriores. Se lo designará con la letra "e".
- 2.11 **DISPOSITIVOS ANTIVIBRATORIOS**
- 2.11.1 **Dispositivos antivibratorios pasivos o de refuerzo:** Son los destinados a disminuir o evitar los efectos perjudiciales de las vibraciones del conductor, sobre sí mismo y el resto de los elementos (varillas para refuerzo de los puntos de sujeción, grampas especiales, etc.).

- 2.11.2 **Dispositivos antivibratorios activos o amortiguadores:** Son los que impiden que las vibraciones alcancen magnitudes peligrosas: Amortiguadores tipo *Stockbridge* neumáticos, a pistón, a palanca oscilante, a pesa y resorte, etc.

### **3 CONDICIONES PARA EL PROYECTO Y CÁLCULO.**

- 3.1 **PLANOS:** Los planos se confeccionarán de acuerdo con lo consignado en las especificaciones técnicas ET 12, ET 13 y ET 20 de EPEC. Los planos de los apoyos incluirán circuito de puesta a tierra, fundación, aislación y detalles de los elementos y accesorios: Aislación (conjunto), aisladores, herrajes, elementos para la puesta a tierra y para fijación de los conductores. Se indicarán, además de todas las cotas principales: Cargas de rotura y pesos aproximados de los postes, crucetas y ménsulas, la aislación, circuito de puesta a tierra y fundación con sus dimensiones. Los apoyos se los representará tal como se los observa al avanzar según las progresivas crecientes o sentido de descripción de la traza de la línea. Se consignará su denominación según se establece en la ET4 en vigencia como así también el o los números de apoyo que les correspondan en coincidencia con los de la planialtimetría. En la planimetría general se indicarán, además de la poligonal de la traza, las calles, caminos, sendas, vías férreas, líneas de energía, líneas de telecomunicaciones, gasoductos, acueductos y todas las instalaciones y accidentes topográficos de importancia existentes que sirvan de referencia y orientación para ubicar el trazado en el terreno. Se marcarán en forma objetiva los distintos tramos en que se halle dividida la planialtimetría de detalles, individualizándolos con los correspondientes números. La planialtimetría incluirá todos los accidentes topográficos, obstáculos relacionados con la traza de la línea y demás detalles importantes (caminos, ríos, ferrocarriles, líneas telefónicas, eléctricas y telegráficas, acueductos y gasoductos, etc.). Será ejecutada a escala y con los signos cartográficos del Instituto Geográfico Militar. La escala vertical de la altimetría (salvo en detalles) será siempre 1:500. La escala horizontal se cambiará de acuerdo con las características de la zona recorrida por la línea, adoptándose 1:2500 para terrenos llanos o sin accidentes importantes y frecuentes y 1:2000 para terrenos accidentados o zonas urbanas. Para los detalles la escala vertical será de 1:250 y la horizontal 1:500.

En la carátula de la planimetría se indicará el número del tramo (o "tramo único") en caracteres destacados, las progresivas, límites del mismo y el cómputo de apoyos por tipos, aislación y fundaciones que a ese tramo correspondan. Además se dibujará en forma esquemática la poligonal completa del trazado, remarcando la parte correspondiente a cada tramo. En el dibujo de la planialtimetría se realizará la vista en planta y corte longitudinal de toda la traza. En la vista en planta se emplearán para representar las líneas proyectadas y existentes, los símbolos indicados en la ET 20. En el corte longitudinal se indicarán esquemáticamente y a escala, los apoyos, dibujándose como mínimo la curva del conductor inferior en el estado de máxima flecha en reposo, de manera tal que permita verificar a escala la distancia mínima a puntos significativos. Se dibujarán, además, en los casos que sean necesarios, las curvas correspondientes a los otros conductores, en el mismo o distintos estados. El trazado de las curvas se efectuará con una tolerancia en exceso de 1 mm. Además se representarán todos los cortes transversales y se harán los planos de detalles que sean necesarios para justificar el dimensionamiento de la obra: Zanjas, vados, depresiones (inundables o no), canales, acequias, niveles de calzada, erosiones, taludes, etc.

Al pie de la planialtimetría y a todo lo largo de la traza se consignarán los siguientes datos: N° de piquete - Cotas del terreno - Distancias: parciales y progresivas (del relevamiento) - ángulo poligonal y desvío - Distancia entre apoyos parciales y progresivas - Distancia entre apoyos con aislación suspendida para amarre - N° y tipo de apoyo - Tipo de aislación - Terreno: Tipo y propietario - Cuando el terreno sea de propiedad privada se indicará si es "cultivable" o "no cultivable" y el nombre correcto del propietario actual - Si es público, su denominación correcta así como la de la repartición a que pertenece. Se consignarán todos los accidentes significativos de la traza, naturales o no, los apoyos de la línea. Los límites de propiedades o de tipo de terreno deben tener indicados su correspondiente

progresiva y cotas. También se indicará en forma esquemática en la altimetría, la disposición de los conductores de energía en el primer apoyo y en todos aquellos en que se realice un cambio de la posición de los mismos (por cambio en la configuración de las ternas y por rotación de los conductores). A cada fase se le asignará una letra o número y se indicará el número de apoyo en que se hará el próximo cambio (salvo que sea el inmediato siguiente).

- 3.2 **SISTEMA:** El sistema será trifásico de tres conductores, con neutro conectado directamente a tierra, con una frecuencia de 50 Hz.
- 3.3 **TENSIONES NOMINALES:** Las tensiones nominales entre fases serán 13,2 y 33 kV.
- 3.4 **NIVEL DE AISLACIÓN:** Se realizará la coordinación de aislación según norma IRAM 2211.
- 3.5 **CAÍDAS DE TENSIÓN:** La caída de tensión acumulada máxima será igual al 5%. Para los cálculos eléctricos, en el caso de conductores compuestos, se tendrá en cuenta únicamente la sección de la cubierta. Se entiende por caída de tensión acumulada a la diferencia de tensión desde la fuente hasta el extremo de la línea.
- 3.6 **TRAZADO:** El trazado será el más corto posible, procurando seguir a la vera de los caminos transitables o hacer un recorrido próximo a ellos, que requiera el menor número de servidumbres administrativas de electroducto y que facilite el acceso a las líneas para su mantenimiento.
- 3.7 **RETENCIONES:** Las Retenciones se realizarán como máximo cada 2 km, mediante el tipo de apoyo respectivo.
- 3.8 **TRANSPOSICIONES**  
 Cuando la disposición de los conductores sea coplanar el ciclo helicoidal completo de las transposiciones se realizará cada 25 km o fracción mayor de 15 km. Para cualquier otra disposición se realizará cada 50 km o fracción mayor de 30 km, (Se entenderán aún como coplanares aquellas disposiciones que formen triángulo siempre que la altura no sea mayor que el 15% de la base, tomando para ésta el lado mayor del triángulo). La distancia entre dos transposiciones consecutivas cualesquiera será igual a  $0,33 \pm 0,03$  de la longitud del ciclo helicoidal completo. Salvo indicación expresa del Pliego Particular de Especificaciones, el ciclo helicoidal de las transposiciones tendrá sentido dextrógiro según las progresivas ascendentes o sentido de descripción de la traza de la línea. En zonas urbanas no se realizarán transposiciones en más de un apoyo.
- 3.9 **COEFICIENTES DE SEGURIDAD:** Los coeficientes de seguridad referidos a la carga de rotura de los distintos elementos, excepto conductores, serán como mínimo los que se consignan en la tabla I. Para los elementos no consignados se adoptará como mínimo 3. Para los conductores se aplicarán las tensiones máximas admisibles según el punto 3.10. Para los postes de eucalipto se podrá considerar un coeficiente de 1,75 referido a las cargas admisibles mínimas citadas en la IRAM 9513 cuando no se disponga de las cargas de rotura correspondientes.

**TABLA I: COEFICIENTES DE SEGURIDAD**

Aislación de apoyo, conductores y herrajes	2
Postes y elementos de madera	2,5
Postes y elementos de hormigón armado común	2,5
Postes y elementos de hormigón armado pretensado	2,1

- 3.10 **TENSIONES ADMISIBLES:** Las tensiones admisibles para apoyos metálicos reticulados serán las consignadas en la tabla IIa siguiente:

TABLA IIa: (en kg/mm <sup>2</sup> )		IRAM 503	(A)	(B)
Perfiles (IRAM 561) tracción y flexión		F20	18,3	18,3
		F24	22,0	16,0
Bulones (IRAM 512)	Aplastamiento	F24	34,0	25,0
		F30	46,0	33,4
	Tracción y corte	F24	15,4	11,2
		F30	20,6	15,0

Las tensiones máximas admisibles para los conductores, según nota al pie, serán las consignadas en la tabla IIb siguiente:

TABLA IIb: TENSIONES MÁXIMAS ADMISIBLES (kg/mm <sup>2</sup> )	Zona Urbana o Zona Rural	
	(A)	(B)
Conductor de cobre duro (IRAM 2004)	19	10
Conductor de aleación de aluminio (IRAM 2212)	8	
Conductor de Al/Ac (IRAM 2187 - Alma de acero tipo B)		
Formaciones normales:	8	R/4
Formaciones especiales (relación 4,3):	8	R/4
Formaciones especiales (relación 3):	8	R/4
Cordón de acero para conductor de protección (IRAM 722)	37	R/4
Conductores de otros materiales	R/3	R/4
Alambres de cualquier material	R/4	R/5

R: Tensión de rotura del conductor, cordón o alambre, según el caso.

(A): Tensión máxima admisible.

(B): Tensión admisible en la condición d) del punto 3.12.1.

**NOTA:** Los valores consignados se refieren a la componente horizontal de la tensión en el punto de fijación de mayor cota. En los conductores tendidos la tensión en los puntos de fijación no deben exceder más de un 5% los valores consignados en la tabla IIb, pero no será necesaria su verificación si los puntos de fijación estuvieran aproximadamente al mismo nivel y la flecha máxima no superara el 4% de la longitud del vano.

- 3.11 **CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDUCTORES:** Para los cálculos mecánicos se adoptarán los valores siguientes:

**TABLA III:**

	(A)	(B)	(C)
Conductor de cobre duro (IRAM 2004)	8,89	12000	17 x 10 <sup>-6</sup>
Conductor de aleación de aluminio (IRAM 2212)	2,70	6000	23 x 10 <sup>-6</sup>
Conductor de aluminio con alma de acero (IRAM 2187)			
Formaciones normales:	-	7700	18,7 x 10 <sup>-6</sup>
Formaciones especiales (relación 4,3):	-	8350	17,7 x 10 <sup>-6</sup>
Formaciones especiales (relación 3):	-	9200	16,9 x 10 <sup>-6</sup>
Cordón de acero (IRAM 722)	7,80	20000	11,5 x 10 <sup>-6</sup>
Alambre de acero (IRAM 580)	7,80	22000	11,5 x 10 <sup>-6</sup>

(A): Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)



- (B): Módulo de elasticidad final (kg/mm<sup>2</sup>).  
(C): Coeficiente de dilatación lineal (1/°C).

NOTA: Las secciones reales, diámetro exterior y peso por unidad de longitud serán los consignados en las normas IRAM respectivas. Para las secciones que las normas IRAM consignen más de una formación se adoptará la de mayor número de alambres.

En toda jurisdicción de EPEC o aquella línea que a futuro pasará a EPEC, la sección mínima de los conductores de energía será de 35 mm<sup>2</sup> para cables de cobre, de 50 mm<sup>2</sup> para cables de aleación de aluminio y de 50/8 mm<sup>2</sup> para cables de aluminio con alma de acero.

### 3.12 **HIPÓTESIS DE CÁLCULO**

#### 3.12.1 **Condiciones climáticas:**

- a) Temperatura:  $t = 50^{\circ}\text{C}$ , sin viento.  
b) Temperatura:  $t = 10^{\circ}\text{C}$ , con viento.  
Presión del viento (normal a la línea)  $P = 59 \text{ kg/m}^2$ .  
c) Temperatura  $t = -10^{\circ}\text{C}$ , sin viento.  
d) Temperatura  $t = 16^{\circ}\text{C}$ , sin viento.

3.12.2 **Sobrecarga por hielo:** Cuando así se lo consigne en las especificaciones particulares, se considerará la sobrecarga (G) producida por la formación de un manguito de hielo en el conductor, cuyo espesor será el que en aquellas se establezca. El peso del manguito se calculará con la siguiente fórmula:  $G = 2,9 e (e + d)$ .

- en la cual:  $G$  = peso del manguito de hielo, en g/m.  
 $e$  = espesor del hielo, en mm.  
 $d$  = diámetro del conductor en mm.

3.12.3 **Sobrecarga por viento en la condición de viento máximo** (Sobre los conductores, apoyos, aislación y además elementos):

La presión del viento (P) se supondrá uniforme en todo el tramo que se considere y en particular igual sobre todos los conductores, cualquiera sea su disposición.

La sobrecarga (F) producida por el viento se calculará con la siguiente fórmula:

$$F = P \times S_n$$

En la cual:  $S_n$  =Proyección normal a la dirección del viento de las superficies expuestas, planas o cilíndricas, en m<sup>2</sup>. En las superficies cilíndricas  $S_n$  = diámetro x la longitud y

- a) Para superficies planas:  $P = 118 \text{ kg/m}^2$ .  
b) Para superficies cilíndricas:  $P = 59 \text{ kg/m}^2$ .

**NOTA:** Para las estructuras tales como postes dobles, pórticos, reticulados, etc., las superficies de partes ocultas por otras, según la dirección del viento, se considerarán según su área total si la separación entre ambos elementos fuera mayor que 4 veces el ancho de la superficie anterior; y según la mitad de su área si la separación fuera 4 veces o menor.

3.12.4 **Esfuerzos sobre los apoyos:** Los apoyos se calcularán para las hipótesis que se consignan en los puntos 3.12.4.1 a 3.12.4.7, considerando simultáneamente los esfuerzos permanentes resultantes del peso propio de los componentes del apoyo y de los elementos que soporta.

#### 3.12.4.1 **Apoyo de alineación: (A)**

- I- Esfuerzo del viento en dirección normal a la línea.  
II- Esfuerzo del viento en dirección de la línea.

En los casos de aislación suspendida se satisfarán además las hipótesis siguientes:

III- 1/3 del tiro del conductor que produzca el esfuerzo más desfavorable sobre el apoyo en la condición b) del punto 3.12.1 y esfuerzo simultáneo del viento en dirección normal a la línea.

IV- 1/3 del tiro máximo del conductor que produzca el esfuerzo más desfavorable sobre el apoyo.

- 3.12.4.2 **Apoyo de desvío: (D)** Se deberán plantear todas las hipótesis necesarias para determinar la resultante máxima debida al tiro de los conductores y a los esfuerzos simultáneos que produzca la acción del viento y se satisfará la hipótesis más desfavorable.
- 3.12.4.3 **Apoyo de retención: (R)**  
I-Mayor tiro unilateral de los dos conductores de energía que produzcan el esfuerzo más desfavorable en la condición b) del punto 3.12.1 y esfuerzo simultáneo del viento en la dirección más desfavorable.  
II-Mayor tiro máximo unilateral de los dos conductores de energía que produzcan el esfuerzo más desfavorable.
- 3.12.4.4 **Apoyo de cruce: (Cr)**  
Se satisfarán las exigencias de las reparticiones responsables correspondientes: Ferrocarril, Vialidad, etc. En todos los casos el apoyo será del tipo que corresponda según la traza de la línea. Los apoyos para cruce de ferrocarril serán además de retención.
- 3.12.4.5 **Apoyo terminal: (T)**  
I-Tiro total de los conductores en la condición b) del punto 3.12.1 y esfuerzo simultáneo del viento en dirección normal a la línea.  
II-Tiro máximo total de los conductores.
- 3.12.4.6 **Apoyo combinado:**  
Se satisfarán simultáneamente las hipótesis para todos los apoyos correspondientes a las distintas funciones que deba cumplir el apoyo combinado, tales como Retención y Desvío (RD), Retención y Cruce (RC).
- 3.12.4.7 **Apoyo especial:**  
Se lo calculará de acuerdo con la función a que esté destinado, teniendo en cuenta las hipótesis establecidas para los demás tipos.
- 3.12.5 **Postes dobles:** Todos los apoyos constituidos por postes dobles, según la ET4 de EPEC, se considerarán con una resistencia en el plano de los ejes de los postes igual a 6 veces la resistencia individual de cada poste; y en el plano normal al de los ejes igual a 2 veces la resistencia de cada poste. Se aceptarán otros valores de resistencia si se lo demuestra experimentalmente mediante ensayos representativos.
- 3.13 **VANO MÁXIMO:** En zona urbana el vano máximo será de 80 m. Para zona rural no se establecen límites de vano.
- 3.14 **ALTURA LIBRE MÍNIMA:** La altura libre mínima final de los conductores, en metros, será la que se consigna en la tabla IV siguiente:

**TABLA IV: ALTURAS LIBRES** (en metros)

Tensión de línea		13,2 kV	33 kV
Zona urbana		8,50	8,50
Zona rural	En propiedad privada. Cruce o zona de camino rural. Por ruta nacional, provincial o camino a más de 15 m del borde de la calzada	6	6
	Cruce de ruta o camino nacional o provincial. Por ruta o camino nacional a 15 m o menos del borde de la calzada	7	7

**NOTA:** Además de lo indicado precedentemente, para tendidos paralelos y cruces de caminos y ferrocarril deberán respetarse todas las normas y especificaciones que establezcan los organismos competentes (Direcciones de Vialidad o Ferrocarril). Para cruces de lagos, la altura libre mínima de los conductores sobre el nivel máximo del agua, será de 20,1 m (en condiciones de máxima cota). Esta altura permitirá la navegación de embarcaciones (veleros) cuyos mástiles, medidos desde sus respectivas líneas de flotación (embarcación vacía), no superen los 16 m de altura. Los 4,1 m restantes corresponden a la distancia de seguridad que debe respetarse entre conductores de energía y estructuras a tierra no pertenecientes a líneas eléctricas.

- 3.15 **UBICACIÓN RELATIVA:** Cuando dos líneas sean montadas sobre los mismos apoyos o se crucen, la de mayor tensión irá o cruzará por arriba. En caso de tensiones iguales, cuando una sola de ellas lleve conductor de protección, ésta cruzará por arriba. **EPEC** podrá admitir lo contrario en casos especialmente considerados.
- 3.16 **DISTANCIAS MÍNIMAS:** Las distancias mínimas entre conductores en reposo, medidas en cualquier punto del vano (salvo indicación en contrario), o entre conductor y elemento no sometido a tensión, serán las que resulten de aplicar las fórmulas y datos que se indican en los puntos 3.16.1 a 3.16.10 para cada caso en particular. Los símbolos utilizados en los mismos son los siguientes:  
 d: distancia mínima, en metros.  
 U: tensión entre fases en kV.  
 fm: flecha máxima del conductor en reposo, en metros.  
 ha: longitud de la aislación suspendida, en metros.  
 k: coeficiente según la tabla V siguiente:

**TABLA V: COEFICIENTE K**

DISPOSICIÓN DE LOS CONDUCTORES:	Ángulo de inclinación del conductor:			
	Hasta 40°	Más de 40° y hasta 55°	Más de 55° y hasta 65°	Más de 65°
Todos en un mismo nivel	0,60	0,62	0,65	0,70
En triángulo equilátero con dos en un mismo nivel	0,62	0,65	0,70	0,75
Cualquier otra disposición	0,70	0,75	0,85	0,95

- 3.16.1 **Entre conductores de energía de la misma línea:** La distancia mínima, según 3.16 será:

$$d = k\sqrt{fm + ha} + \frac{U}{150} \text{ pero no menor de 0,5 m.}$$

Cuando la aislación sea de apoyo o suspendida en amarre, ha=0. Cuando uno de los conductores de una terna cambie de posición de un extremo al otro del vano pasando alternativamente a derecha e izquierda de un eje ideal, a los fines del cálculo de estas distancias se lo considerará ocupando la posición de este eje ideal. Se deberá verificar además que las separaciones entre conductores en los puntos de mayor flecha en la condición "b" del punto 3.12.1 no sean menores de  $d = U/150$  para oscilaciones opuestas de los conductores, con una inclinación igual a 0,2 del valor de la máxima inclinación que puedan experimentar por acción del viento.

- 3.16.2 **Entre conductores de energía de líneas distintas que corren paralelas:** Cuando las trazas de dos o más líneas de energía sean paralelas (sobre los mismos o distintos apoyos) o aproximadamente paralelas, la distancia mínima entre los conductores de ambas líneas será:

$$d = k'\sqrt{fm' + ha'} + \frac{Us}{150} \text{ pero no menor de 0,5 m.}$$

k': mayor coeficiente de los dos que correspondan de la tabla V.

fm': mayor de las dos flechas máximas de los conductores en reposo, de ambas líneas, en m.

ha': mayor de las dos longitudes de aislación, en m. (Con aislación de apoyo o suspensión en amarre, ha'=0).

Us: suma de las dos tensiones nominales de ambas líneas en kV.

Se deberá verificar además que las separaciones entre conductores de cada línea en los puntos de mayor flecha en la condición "b" del punto 3.12.1 no sean menores de  $d = U/150$  para oscilaciones opuestas con una inclinación igual a 0,2 del valor de la máxima inclinación que pueden experimentar por el viento.

- 3.16.3 **Entre conductores de energía o piezas sometidas a tensión y elementos no sometidos a tensión pertenecientes a la línea u otra instalación eléctrica:** La distancia mínima, según 3.16 será:

$$d = 0,1 + \frac{U}{150} \text{ pero no menor de } 0,2 \text{ m.}$$

Se deberá verificar, además, que las distancias no sean menores de  $d=U/150$  para la máxima inclinación del conductor. Para los puentes de los amarres se considerará el ángulo de máxima inclinación igual a 1/3 del ángulo de máxima inclinación de los conductores de los vanos adyacentes.

- 3.16.4 **Horizontal entre conductores a distinto nivel:** Cuando se considere la formación de hielo, la distancia horizontal mínima, según 3.16 será:

$$d = \frac{U}{150}$$

- 3.16.5 **Entre puntos de dos conductores:** La distancia mínima entre dos puntos en los que estén fijados los conductores o sus accesorios sometidos a tensión será:

$$d = \frac{U'}{150} \text{ pero no menor de } 0,3 \text{ m.}$$

U': suma de las dos tensiones de fase (tensiones con respecto a tierra) de ambos conductores.

- 3.16.6 **Entre conductor de protección y demás conductores:** La distancia mínima será la que resulte de aplicar el método de Langrehr para los conductores en reposo y teniendo en cuenta las consideraciones del punto 3.17. Se deberá verificar, además, que la distancia mínima no sea menor que la calculada según el punto 3.16.1 para los conductores de energía correspondientes a la línea (según el tipo de aislación que corresponda). Todo elemento sometido a tensión deberá estar dentro de la zona protegida por el conductor y los anillos de protección conectados a tierra.

- 3.16.7 **Vertical entre conductores de energía y de telecomunicación montados sobre los mismos apoyos:** La distancia vertical mínima entre conductores de energía de 13,2 o 33 kV y de telecomunicación, será de 1,8 m.

- 3.16.8 **Entre conductores de líneas que se cruzan:** La distancia mínima en metros entre conductores de energía y/o telecomunicación será la consignada en la tabla VI. Si el cruce se produjera en un mismo apoyo, los valores de la tabla VI se reducirán al 40% de los mismos. Esta reducción se aplica también para derivaciones y desvíos en el mismo apoyo en los que los conductores de un vano se dispongan a distinta altura con respecto a los del vano contiguo.

TABLA VI	Telefonía	13,2 kV	33 kV	66 kV	132 kV
13,2 kV	1,8	1,2	1,2	1,5	2,8
33 kV	2,6	1,2	1,5	1,9	3,2

Las Prescripciones de este punto son válidas aunque una de las líneas no pertenezca a EPEC.

En los cruces o paralelismos de líneas de cualquier tensión con líneas eléctricas de baja tensión 220/380 V y las derivaciones domiciliarias de líneas telefónicas, la separación mínima será de 1,5 m.

Cuando una o ambas líneas que se cruzan tengan conductor de protección, las distancias de los conductores de energía de una al conductor de protección de la otra, será:

$$d = 0,1 + \frac{U}{150} \text{ pero no menor de } 0,4 \text{ m.}$$

Los valores anteriores se adoptarán siempre que la suma de las distancias del punto del cruce a los apoyos más cercanos de cada una de las líneas sea menor de 30 m. Si la suma fuera mayor de 30 m, la distancia vertical se incrementará en 1 cm por metro en exceso. Cuando las líneas que se cruzan deban interconectarse entre sí, la distancia vertical en el punto de cruce entre ambas estará comprendida entre 0,80 m y 1,00 m y la disposición de los conductores de ambas líneas en el vano del cruce, será en napa horizontal.

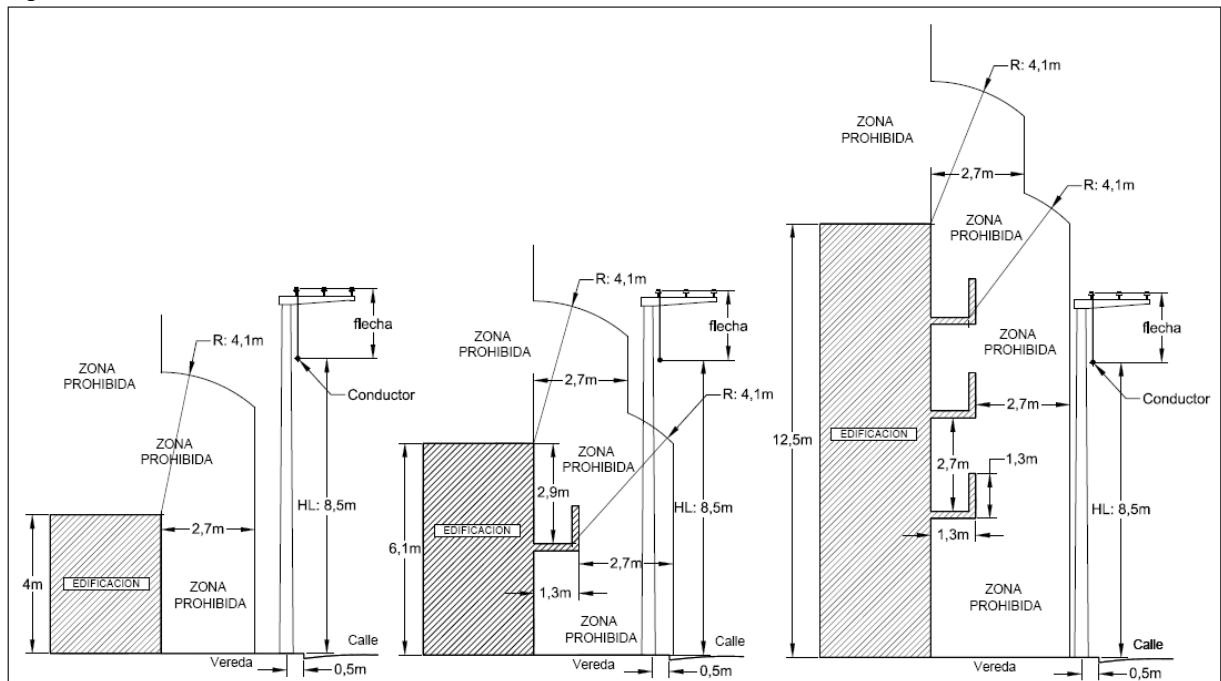
### 3.16.9 Entre conductores de energía y edificios, estructuras a tierra no pertenecientes a líneas eléctricas o accidentes del terreno accesibles a personas:

Las distancias mínimas horizontales entre el conductor más cercano de una línea de media tensión a una edificación o a su respectiva línea municipal en zona urbana o al límite de propiedad privada en zona rural, serán:

Condición Climática	Temperatura (°C)	Viento (kg/m <sup>2</sup> )	Distancia (m)
"a"	50	0	2,7
"b"	10	59	1,9

La distancia mínima horizontal entre el punto fijo con tensión más próximo a una edificación, o a su respectiva línea municipal en zona urbana, o al límite de propiedad privada en zona rural, la menor, será de 2,4 m.

Figura 1.



En caso de que el ancho de la vereda aprobado por la municipalidad o comuna no permita el cumplimiento de alguna de las distancias horizontales especificadas, ya sea por vereda angosta, balcón, azotea o algún obstáculo insalvable, se deberá cumplir con la distancia "punto a punto" de 4,10 m, la cual deberá ser medida desde el conductor más próximo a la edificación en la condición 50° C sin viento (condición "a" del punto 3.12.1) o punto con tensión más próximo a la edificación, hasta el límite edificado correspondiente al piso del balcón y/o techo y/o azotea, sean estos accesibles o no. Figura 1

Los conductores de una línea de media tensión, en cualquier condición climática del punto 3.12.1, no podrán pasar sobre el espacio aéreo de una propiedad privada, sea ésta urbana o rural, salvo con la constitución de la correspondiente "servidumbre administrativa de electroducto". Sin perjuicio de ello, los conductores de la línea, en cualquiera de las condiciones de cálculo referidas, no podrán pasar sobre el espacio aéreo de viviendas, galpones, edificaciones o partes de ellos, sea que se encuentren en zona urbana o rural indistintamente.

En el caso de que no puedan cumplirse estas distancias, se deberá comunicar en forma fehaciente y de inmediato a la EPEC, quien analizará la solución técnica del caso.

La distancia mínima entre el conductor más cercano de una línea de media tensión a columnas y/o artefactos de alumbrado público, para cualquier de las condiciones climáticas del punto 3.12.1, será de 1,5 m.

3.16.9.1 **Construcciones edilicias próximas a líneas eléctricas aéreas:** Los edificios a construir en proximidades de líneas eléctricas aéreas, deberán cumplir con las exigencias de la **Ley Provincial Nº 8484** cuyo texto principal (Artículos 1º y 2º) expresa: "Toda habilitación para la ejecución de construcciones o instalaciones de cualquier tipo, públicas o privadas, con una altura superior a los cuatro metros, ubicadas en proximidades de líneas eléctricas ya existentes, o sobre los límites de propiedad con la vía pública deberá -previo a su autorización- ser comunicada al ente prestador del servicio de energía eléctrica por los mecanismos que la institución autorizante de las obras disponga; quedando a cargo del ente prestador del servicio eléctrico, verificar que se cumplan las disposiciones y normativas vigentes y realizando las correcciones que correspondan, a fin de adecuar la ubicación de los conductores o instalaciones a esas normativas. El responsable del cumplimiento de lo indicado será el organismo autorizante de las construcciones".

3.16.10 **Entre conductores de líneas de energía y líneas pertenecientes a prestatarios de servicio telefónico que corren paralelas:** Cuando la traza de una línea de energía sea paralela o aproximadamente paralela a la traza de una línea telefónica, las distancias mínimas entre los conductores de dichas trazas (según 3.16), serán:

Con líneas de energía de:	13,2 kV	33 kV
Distancia mínima en general:	3,50 m	4,50 m
Distancia mínima horizontal:	1,50 m	2,50 m

Además cuando la distancia horizontal fuera menor que la altura de la línea más baja, se deberá mantener una diferencia de altura o distancia vertical mínima de 1,00 m

3.17 **FLECHAS DE CONDUCTORES DE PROTECCIÓN:** Para la hipótesis c) del punto 3.12.1, la flecha máxima del conductor de protección será el 10% menor que la de los conductores de energía.

#### 4 **NORMAS CONSTRUCTIVAS.**

4.1 **CONDUCTOR DE PROTECCIÓN:** En zonas y casos que se consignen expresamente en las especificaciones particulares, las líneas de 33 kV podrán requerirse con uno o más conductores de protección, conectados a tierra en todos los apoyos.

4.2 **TIPOS DE APOYO:** En líneas a construir por cuenta y cargo de terceros y que posteriormente deban ingresar al patrimonio de EPEC, los apoyos serán de hormigón armado o pretensado ya sean vibrados o centrifugados, con crucetas o ménsulas de hormigón armado vibrado, según ET4 en vigencia. La carga de rotura nominal mínima de los postes será  $R_o=625$  kg cuando se dispongan con crucetas o  $R_o=750$  kg cuando se dispongan con ménsulas, y la de las crucetas o ménsulas  $R_x=1250$  kg. En las líneas con apoyos de madera se admitirá el uso de contrapostes. No se admitirá el uso de riendas. Para situaciones particulares y de contingencias EPEC analizará la solución constructiva a utilizar.

Los postes de eucalipto responderán a las ET17.1 y ET17.2 según sea su tipo de impregnación y las crucetas de madera MN107 a MN113 al grupo A de la ET18.

**4.3 UBICACIÓN DE LOS APOYOS**

**a) ZONA URBANA:** Los postes se ubicarán en línea de árboles (en la vereda) o lugar previsto para la misma, si la hubiera y preferentemente sobre la continuación de las líneas divisorias en los lotes. Se dejarán libres las entradas de vehículos y se evitarán, en lo posible, detalles salientes de edificios. En las calles con cordón de vereda, el bloque de fundación deberá estar a 30 cm por debajo de la parte superior del cordón. El lado mayor de la fundación de los apoyos, se orientará paralelamente al cordón de la vereda (existente o prevista).

**b) ZONA RURAL:** Cuando los apoyos se ubiquen en terrenos aptos para cultivos, o dentro de caminos, la cara superior de la fundación está a 0,50 m debajo del nivel natural del terreno. En terreno rocoso (nunca apto para cultivos), la cara superior de las fundaciones estará a nivel del terreno, mientras que en los demás terrenos esta cara se instalará a 0,50 m por debajo del nivel de los mismos.

En general, en los apoyos próximos a acequias o cunetas, la cara superior del bloque de fundación estará a 50 cm por debajo del nivel de solera de la acequia o cuneta.

La altura de los conductores se medirá desde el nivel natural del terreno. Para los apoyos que se instalen en la proximidad de desmontes o depresiones del suelo y a una distancia horizontal del borde superior del talud más próximo, menor que el doble del valor del desnivel del terreno, la cara superior de la fundación estará a igual nivel que la cota inferior del terreno circundante y la altura libre de los conductores se medirá desde la cota superior. Cuando se instalen en laderas o faldeos con pendientes naturales mayores de 1:5 o próximos a éstos, cualquier punto de la excavación, a partir del nivel superior de la base, estará a más de 2,5 m de la ladera medido horizontalmente. Para caso de terreno rocoso podrán permitirse distancias menores, las que deberán verificarse para cada caso. En ambas zonas y en todos los casos, al ubicar los apoyos, se debe tener en cuenta el posible deterioro del terreno ante la eventual acción de agentes naturales (desmoronamientos, torrentes, desagües, etc.), evitando aquellos emplazamientos que no permitan asegurar la estabilidad de los apoyos dentro de las hipótesis formuladas o, en su defecto, proponiendo la solución más adecuada para cada caso particular.

**4.4 ARMADO DE LOS APOYOS:** En el caso de apoyos en los cuales los conductores de energía se dispongan en napa vertical y montados sobre ménsulas, éstas se instalarán después del izamiento del poste. En los demás casos se permitirá el izamiento de los postes conjuntamente con las crucetas y/o ménsulas y/o vínculos, siempre que los momentos flectores referidos a cualquier sección del conjunto, que se originen como consecuencia de las operaciones de izamiento, no excedan los valores admisibles respectivos para los coeficientes de seguridad indicados.

**4.5 DISPOSITIVO DE SEGURIDAD:** Se aplicarán dispositivos aprobados por **EPEC** que impidan el escalamiento sin elementos especiales en todos los apoyos que, por sus características, así lo requieran.

**4.6 FUNDACIONES:** Todos los apoyos de hormigón armado o metálicos serán empotrados en fundaciones de hormigón simple u hormigón armado según corresponda. Las fundaciones a bloque único se dimensionarán por el método de Sulzberger u otro más adecuado al comportamiento del suelo, aplicando un coeficiente mínimo de seguridad al vuelco igual a 1,5. Salvo indicación en contrario en planos y/o pliego particular de especificaciones técnicas, el cálculo de la estructura de la fundación, ejecución y su control, se realizará en base a un hormigón de calidad mínima:

I) H-8 ( $\sigma'_{bk}=80 \text{ kg/cm}^2$ ) para hormigón simple

II) H-13 ( $\sigma'_{bk}=130 \text{ kg/cm}^2$ ) para hormigón armado ensayado según normas IRAM 1524 e IRAM 1546.

La fundación tendrá como mínimo 200 mm de espesor entre la generatriz del agujero y la superficie lateral externa y 200 mm entre el fondo del agujero y la superficie inferior, sin considerar en ambos casos, el espesor de la colada final para la fijación del poste. **EPEC** podrá solicitar un estudio de suelo que permita tener un conocimiento acabado acerca de

las cualidades del terreno de fundación a saber: tipo de suelo; características mecánicas; presión admisible cota de fundación; índice de compresibilidad, etc. incluyendo análisis químico para verificar grado de agresividad del suelo y/o líquidos que estarán en contacto con la fundación. Los estudios y ensayos de suelo se realizarán en Laboratorios de reconocido prestigio. El recubrimiento mínimo de las armaduras será de 30 mm para evitar oxidación de las mismas. La composición y proporción del hormigón se establecerá en forma empírica teniendo en cuenta que, tanto el contenido mínimo de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón compactado, así como el asentamiento del hormigón (medido en el cono de Abrams), la relación agua-cemento y las demás disposiciones, se ajustarán según lo prescripto en el "Reglamento CIRSOC 201 y Anexos". En zona rural y solo para apoyos de alineación, se admitirá el uso de postes de hormigón armado sin fundación, de acuerdo al punto 4.7.

4.7 **EMPOTRAMIENTO:** El empotramiento mínimo de los apoyos en las fundaciones de hormigón será igual al 10% de la longitud total del apoyo. El empotramiento de los apoyos sin fundación será verificado por el método de Sulzberger y como mínimo igual al 10% de la longitud total del poste más 80 cm en terrenos con resistencia menor a 2 kg/cm<sup>2</sup>; e igual al 10 % más 60 cm en terrenos de mayor resistencia.

4.8 **PUESTA A TIERRA:** Todas las piezas metálicas no sometidas a tensión, pertenecientes a líneas con apoyos metálicos o de hormigón armado, ubicada a 10 m o menos, a ambos lados de los conductores extremos, deberán conectarse a tierra. En zona urbana los elementos que se pondrán a tierra serán considerados especialmente. De existir el conductor de protección, se conectarán a tierra en todos los apoyos. La resistencia del circuito de puesta a tierra no será mayor de 10 Ohm. La ejecución de las puestas a tierra podrá ser en forma conjunta para los elementos metálicos no sometidos a tensión y conductor de protección en caso de existir. El circuito de puesta a tierra estará constituido por la "conexión a tierra" (conductor y elementos de unión) y por los "electrodos de puesta a tierra" (dispersores).

4.8.1 **Conexión a tierra:** El conductor de conexión a tierra seguirá el recorrido más corto posible hasta el respectivo dispersor y será conductor de cobre según IRAM 2204 o acero recubierto de cobre según IRAM 2281, de 25 mm<sup>2</sup> de sección mínima, y los elementos de unión serán totalmente de bronce.

Los conectores de las uniones deberán estar previamente estañados y todo el conjunto se protegerá con una capa de pintura asfáltica.

Parte del conductor de conexión a tierra podrá ser la armadura de los postes de hormigón armado o las estructuras metálicas y se hará a través de los bloquetes de puesta a tierra de los postes, conforme al plano TC1201, siempre que se asegure una continuidad eléctrica correcta por medio de soldadura o conectores y de modo que el desmontaje de alguna parte de la estructura no interrumpa la continuidad eléctrica a tierra. Los terminales del conductor de conexión a tierra serán a presión o soldados y las uniones serán soldadas o mediante conectores, siempre que se asegure una resistencia eléctrica por unidad de longitud menor que el resto del circuito. No se admitirá soldadura con estaño o aleaciones de características similares.

El conductor pasará a través de un caño de PVC o polietileno incorporado en el hormigón de la base.

El conductor de conexión a tierra, cuando sea independiente de la armadura o estructura, no será alojado dentro de tubos u otras armaduras metálicas que formen espiras cerradas a su alrededor, debiendo protegerse adecuadamente hasta una altura de 3 m mediante un caño de polipropileno con resistencia a los rayos ultravioletas, el cual no deberá fijarse con abrazaderas que formen espiras cerradas alrededor del conductor de puesta a tierra.

Todos los apoyos deberán contar con las puestas a tierra indicadas.

La conexión a tierra de las subestaciones aéreas se ajustará a lo indicado en el tipo constructivo de EPEC TC1206 "mallas de puesta a tierra para subestaciones aéreas".

4.8.2 **Electrodos de puesta a tierra:** Los electrodos de puesta a tierra o dispersores estarán constituidos por lanzas o jabalinas de cobre o acero recubierto por una capa de cobre en un todo de acuerdo con lo especificado en la norma IRAM 2309, con una longitud mínima de 1.500 mm. Se instalarán en el suelo, desde una profundidad de 0,50 m a partir del nivel



de vereda y por lo menos a un metro de distancia de la base. Los dispersores de puesta a tierra independientes deberán estar separados entre sí una distancia igual a 2 (dos) veces la longitud del dispersor seleccionado, como mínimo.

- 4.8.3 **Puesta a tierra en apoyos existentes a utilizar:** En todos los apoyos de H°A° existentes que se encuentren en la traza de la línea, que carezcan de sistema de puesta a tierra, se deberá crear el mismo mediante la colocación de un conductor de cobre según IRAM 2204 o acero recubierto de cobre según IRAM 2281, de 25 mm<sup>2</sup> de sección mínima, por fuera del apoyo, en el tramo comprendido entre la cima y la perforación que deberá efectuarse a 15 cm por sobre el nivel de la vereda terminada; lugar donde se colocará una tuerca de bronce que permitirá alojar un bloquete Q 320 E.

El conductor deberá ser protegido hasta una altura de 3 m metros de acuerdo a lo indicado en 4.8.1 y el resto deberá encuadrarse a lo exigido en 4.8.2.

Todo lo anterior deberá asegurar en forma absoluta la continuidad eléctrica, la confiabilidad mecánica y una correcta terminación.

- 4.8.4 **Conexión a tierra de alambrados:** En todos los alambrados que corran paralelos a la línea, a una distancia de la traza igual o menor a 10 m, se instalará una puesta a tierra cada 500 m.

Para el caso de alambrados que crucen la traza de la línea en ángulo, se pondrán a tierra en el punto del cruce y a ambos lados de éste a una distancia de 20 m. Si dentro de la distancia especificada, el alambrado se discontinúa, se pondrá a tierra en el punto extremo del alambrado.

En todos los casos la puesta a tierra de alambrados se ejecutará según lo especificado en TC 1207 "puesta a tierra para alambrados".

- 4.9 **DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN:** Los descargadores deberán estar conectados a una puesta a tierra independiente de la correspondiente a la columna y conductor de protección, la cual será construida en base a lo especificado desde 4.8 a 4.8.3. Los descargadores deberán estar conectados al conductor de puesta a tierra en forma independiente.

- 4.10 **TIPO DE AISLACIÓN:** En vanos mayores de 120 m la aislación será suspendida vertical o de amarre.

- 4.10.1 **Aislación de apoyo para 13,2 kV:** En líneas con crucetas y/o ménsulas de madera, se utilizarán aisladores campana tipo MN3. En líneas con postes y crucetas o ménsulas de hormigón armado o de acero, se utilizarán aisladores campana tipo MN3a. En lugar de los aisladores de porcelana o vidrio: MN3 y MN3a, podrá utilizarse un aislador orgánico perno rígido según IRAM 2355, apto para 15 kV, montado sobre perno metálico con cabeza de polietileno reticulado de alta densidad.

- 4.10.2 **Aislación suspendida vertical para 13,2 kV:** Se utilizará uno o más aisladores tipo MN12a en cadena por fase o aisladores orgánicos horquilla según IRAM 2355, apto para 15 kV.

- 4.10.3 **Aislación de amarre para 13,2 kV:** Se utilizarán cadenas de dos aisladores o más tipo MN12a en cadena o aisladores orgánicos horquilla según IRAM 2355, apto para 15 kV.

- 4.10.4 **Aislación de apoyo para 33 kV:** Se utilizará un aislador tipo MN14 o un aislador orgánico perno rígido según IRAM 2355, apto para 35 kV.

- 4.10.5 **Aislación suspendida vertical para 33 kV:** En líneas con ménsulas y/o crucetas de madera se utilizarán dos o más aisladores MN12a en cadena por fase o un aislador orgánico horquilla según IRAM 2355, apto para 35 kV, en líneas con postes y crucetas o ménsulas de hormigón armado o de hierro, se utilizarán tres o más aisladores MN12a en cadena por fase o un aislador orgánico horquilla según IRAM 2355, apto para 35 kV.

- 4.10.6 **Aislación de amarre para 33 kV:** En líneas con ménsulas y/o crucetas de madera se utilizarán tres o más aisladores MN12a en cadena por fase o un aislador orgánico horquilla según IRAM 2355, apto para 35 kV, en líneas con postes y crucetas o ménsulas de hormigón armado o de hierro, se utilizarán cuatro o más aisladores MN12a en cadena por fase o un aislador orgánico horquilla según IRAM 2355, apto para 35 kV.

- 4.11 **TENDIDO Y SUJECION DE CONDUCTORES:** El tendido de los conductores se efectuará teniendo en cuenta la variación que experimentará el módulo de elasticidad inicial.  
La sujeción del conductor desnudo al aislador de apoyo de vidrio o cerámica, tipos MN3/3A o aisladores orgánicos, se realizará con ataduras manuales (TC1406) o mediante ataduras preformadas.
- 4.12 **VIBRACIONES:** Cuando así se lo consigne en las especificaciones particulares, se proveerán dispositivos antivibratorios o se cumplimentarán otras condiciones, que con respecto a estas se especifique.
- 4.13 **NUMERACIÓN DE LOS APOYOS:** Todos los apoyos llevarán a una altura de 4 a 5 metros sobre el nivel del terreno una chapa con numeración sucesiva a partir del arranque de la línea con el número que se indique en las especificaciones particulares.
- 4.14 **CRUCES FERROVIARIOS:** Los cruces aéreos de vías de ferrocarril se ajustarán a las respectivas normas en vigencia del Organismo responsable y a lo indicado en los puntos 4.14.1 a 4.14.6.
- 4.14.1 **Apoyos:** Los apoyos serán de acuerdo con el punto 3.12.4.4. No se admitirán apoyos de madera.
- 4.14.2 **Dispositivo de puesta a tierra:** En cada apoyo, del lado interno del cruce aéreo del ferrocarril, se instalará un dispositivo de puesta a tierra conectado según los puntos 4.8, 4.8.1 y 4.8.2. Este dispositivo estará constituido por perfiles L de hierro de 45 x 45 x 5 mm y dispondrá de una barra transversal del mismo material que sobrepasa en 0,5 m la proyección vertical de los conductores exteriores, ubicada de tal modo que su distancia a los conductores no sea menor que la prescrita en el punto 3.16.3 y tal que, en caso de rotura de uno cualquiera de los conductores, se verifique el contacto con éste antes de que el mismo toque el suelo o alguna instalación del ferrocarril: (TC19A-TC19B).
- 4.14.3 **Conductores de energía:** Los conductores del cruce deberán estar en posición de amarre en ambos lados del vano y no tendrán empalmes.
- 4.14.4 **Amarre de los conductores de energía:** El conductor de cada fase se amarrará mediante grampa de amarre sostenida por un balancín, doble cadena de aisladores en paralelo y otro balancín que una todo el conjunto al apoyo.
- 4.14.5 **Conductor de protección:** El conductor de protección deberá estar en posición de amarre en ambos lados del vano y no tendrá empalmes.
- 4.14.6 **Documentación:** La documentación y los detalles no considerados en los puntos anteriores o aquellos en que pudiera existir contradicción, se regirán por el "Reglamento sobre Conducciones Eléctricas que cruzan o corren paralelas a las líneas férreas" del Ente responsable.
- 4.15 **CRUCES CARRETEROS, FLUVIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN:** Los cruces aéreos de rutas carreteras, fluviales o líneas de telecomunicación se efectuarán con apoyos calculados para la función normal que deban cumplir (alineación, desvío, etc.). La aislación por cada fase, si fuera aislación de apoyo, será doble en paralelo. Si fuera aislación de suspensión o amarre de vidrio, cerámica u orgánicos llevarán doble cadena de aisladores en paralelo. Las líneas de MT cruzarán por arriba de las líneas de telecomunicación respetando las alturas libres correspondientes, según 3.16.8.
- 4.15.1 **Documentación:** La documentación y los detalles no considerados o aquellos en que pudiera existir contradicción, se regirán por el Reglamento del Ente responsable para cada caso.
- 4.16 **DESPEJE DE LA ZONA AFECTADA POR LA LÍNEA:** La zona afectada por la línea se despejará realizando los siguientes trabajos:  
Picadas y podas de árboles de forma tal que, para cualquier posición de los conductores, la distancia a los árboles no sea menor que la correspondiente entre los conductores de energía. Desmonte, limpieza y alisado del terreno para circulación de vehículos en una franja longitudinal de cuatro metros de ancho, ubicada debajo de la línea, en toda la zona con vegetación natural. Construcción de tranqueras o similares para el paso de vehículos,

en todos los alambrados, cercas, etc., excepto los pertenecientes al ferrocarril, que resulten cruzados por la línea. Sus características serán acordes con las cercas correspondientes.

## 5 MATERIALES.

- 5.1 **CONDUCTORES DE PROTECCIÓN:** Serán cordones de acero cincado pesado, según norma IRAM 722 y ET19, formación 1 x 19, carga de rotura efectiva mínima: 2629 – 3783 - 5429 y 7396 daN para cordón de diámetro: 6,3 - 7,5 - 9 y 10,5 mm respectivamente.
- 5.2 **CONDUCTORES DE ENERGÍA:** Los conductores de energía serán: Cobre duro, aleación de aluminio o compuesto con un alma de acero y una cubierta de cobre, aluminio o aleación de aluminio, o conductores que incluyan alambres heterogéneos.
- 5.2.1 **Normas:** Los conductores de cobre responderán a la norma IRAM 2004, los de aleación de aluminio a la norma IRAM 2212 y los de aluminio con alma de acero a la norma IRAM 2187.
- 5.2.2 **Formación:** Cuando, para una misma sección, las normas citadas establezcan dos formaciones, se adoptará la de mayor número de alambres.
- 5.3 **AISLADORES:** Los aisladores serán los normalizados por **EPEC** salvo que se consigne lo contrario en las especificaciones particulares. En los casos que se requieran otros aisladores con el objeto de satisfacer los niveles de aislación exigidos, la resistencia mecánica u otras condiciones especiales de tales aisladores deberán cumplimentar las normas IRAM o en su defecto, las normas extranjeras correspondientes. Los aisladores no normalizados por **EPEC**, deberán ser aprobados por la misma antes de su utilización.
- 5.4 **ACCESORIOS METÁLICOS (Bulonería, herrajes, grampas, etc.):** Los accesorios metálicos serán preferentemente los normalizados por EPEC, salvo que se consigne lo contrario en las especificaciones particulares. Todos los elementos que lo requieran, en especial los roscados, deberán tener trabas que impidan el aflojamiento. Todas las piezas de materiales ferrosos serán cincadas según la especificación técnica ET10 de EPEC. Los accesorios no normalizados por EPEC deberán ser aprobados por la misma antes de su utilización.
- 5.5 **POSTES, CRUCETAS Y MÉNSULAS:**
- 5.5.1 **Hormigón armado:** Los postes, crucetas, ménsulas y otros elementos de hormigón armado común, y pretensado responderán a la especificación técnica ET4 de EPEC. Los apoyos de un solo poste (monoposte) que soporten esfuerzos permanentes de flexión (cargas permanentes desequilibradas), tales como apoyos de desvío, terminales o aquellos en los cuales los conductores de energía estén dispuestos en napa vertical y montados sobre ménsulas, deberán presentar en la cima, bajo la carga de servicio, una flecha máxima admisible, no mayor al 2 % de la altura total del poste.
- 5.5.2 **Madera:** Los postes de madera responderán a la especificación técnica ET17.1 y ET17.2 de EPEC. Las crucetas de madera responderán a la especificación técnica ET18 de EPEC y serán del grupo A de la misma; las dimensiones y agujeros de las MN107 a MN113 se indican en el plano: Crucetas de Madera.
- 5.5.3 **Metálicos:** El acero para perfiles y chapas de apoyos metálicos reticulados, tendrán las siguientes características mecánicas mínimas:
- |                     |       |                      |
|---------------------|-------|----------------------|
| Límite elástico:    | 20,73 | kg/mm <sup>2</sup> . |
| Límite de fluencia: | 24,00 | “ .                  |
| Tensión de rotura:  | 37,00 | “ .                  |