

NO-DIS-DI-0001/00

# NORMA DE DISEÑO DE INSTALACIONES DE DISTRIBUCIÓN

VERSIÓN: 00

VIGENCIA: 2006-08-01

Revisado por:	Aprobado por:
<p>Ing. Luís García - Gte. de Sector Proyectos y Normalización</p> <p>Ing. Virginia Mansilla - Subgte de Normalización</p>	<p>Ing. Héctor González - Gte. de Área Distribución</p>
FECHA: AÑO-MES-DIA	FECHA: AÑO-MES-DIA

## **0.- TRÁMITE Y REVISIONES**

### **0.1.- TRÁMITE**

Este documento fue elaborado por un grupo de trabajo integrado por los siguientes funcionarios:

Leonardo Campón (Gerencia Regional Este)  
Lucy Rodríguez (Gerencia Sector Obras y Proyectos Montevideo),  
Marcelo Alvarez (Gerencia Sector Explotación Montevideo),  
Inés Almaraz (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Enrique Angielczyk (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Virginia Mansilla (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Luis García (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Rodolfo Speyer (Gerencia Sector Obras y Proyectos Montevideo),  
Daniel Scanagatta (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Ricardo Correa (Gerencia Regional Centro) .

Colaboraron en los ítems de Estaciones

Carmen Carminati (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización),  
Juan Lujan (Gerencia de Sector Proyectos y Normalización).

### **0.2.- REVISIONES**

No aplica . Primera versión del documento.

Se tomaron como base las Instrucciones Reglamentarias IRAT, IRBT e IRSET vigentes hasta la aprobación de esta norma de diseño.

## **1.- MARCO GENERAL**

### **1.1.- INTRODUCCIÓN**

La presente norma establece los requisitos mínimos de diseño, que deben cumplir las instalaciones de distribución de energía de hasta 60kV.

### **1.2.- OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La presente Norma de diseño tiene por objeto establecer los requisitos técnicos, de seguridad, legales y ambientales que deben cumplir las instalaciones de distribución de energía, así como las condiciones para el cálculo mecánico y eléctrico de las mismas.

Es de aplicación en nuevas instalaciones, en todo el ámbito geográfico de DIS.

Se entiende por instalación nueva a aquella que previamente no existía, en la ubicación física actual.

También aplica a la parte nueva de una instalación que se ejecute como consecuencia de una obra de mejora.

En el resto de los casos no aplica. Específicamente no se aplica para las partes nuevas de instalaciones que se ejecuten como consecuencia de acciones de mantenimiento correctivo y/o preventivo.

En aquellos casos especiales en los que la aplicación estricta de la presente norma no conduzca a la solución óptima, y previa la debida justificación, DIS puede autorizar valores o condiciones distintos de los establecidos con carácter general en la presente Norma.

### **1.3.- ALCANCE**

Este documento contiene 4 capítulos:

- Diseño eléctrico ( se excluye el tema protecciones en esta versión)
- Disposiciones de seguridad
- Diseño mecánico y constructivo
- Disposiciones ambientales

### **1.4.- VIGENCIA**

La fecha de entrada en vigencia es el 2006-08-01.

### **1.5.- INVOLUCRADOS**

Este documento se difunde de acuerdo al listado de responsables de difusión de documentos de DyC.

DIS L1 REDES Y DISTRIBUCION

DIS L2 EXPLOTACION

DIS L3 OBRAS Y PROYECTOS



## 2.- DEFINICIONES / ABREVIATURAS / SIMBOLOS

### 2.1.- DEFINICIONES

**Apoyo:** Estructura que mantiene los conductores en el espacio aéreo y que se vincula con estos a través de aisladores y accesorios. El apoyo se compone de postes crucetas, ménsulas y vínculos. El mismo se mantiene en su posición mediante empotramiento en el suelo por medio de fundaciones, por riendas o por la combinación de ambas.

**Apoyo de suspensión:** Apoyo que sirve solamente para sostener los conductores, sin que se interrumpan mecánicamente.

**Apoyo de ángulo:** Apoyo que se utiliza para sostener los conductores en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones. Pueden ser de suspensión o de amarre.

**Apoyo de derivación:** Apoyo diseñado para una doble función, como apoyo de suspensión o amarre de la línea principal y apoyo terminal o antena de la línea derivada.

**Apoyo terminal:** Apoyo que debe resistir en sentido longitudinal de la línea la solicitud conjunta de todos los conductores.

**Apoyo amarre:** Apoyo que debe proporcionar puntos fijos que limiten la propagación en la línea de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.

**Apoyo falso amarre:** Apoyo destinado a sostener la línea sin soportar esfuerzos longitudinales de carácter excepcional, con interrupción mecánica de los conductores.

**Apoyos especiales:** Son aquellos apoyos que tienen una función diferente a las definidas en la clasificación de apoyos.

**Cantón:** Tramo de línea entre dos amarres consecutivos.

**Creciente extraordinaria:** Es el promedio de todos aquellos valores de la “media diaria” que superan el valor de la “creciente ordinaria”.

**Creciente ordinaria:** Es el promedio de todos aquellos valores de la “media diaria” que superen el valor del nivel medio.

**Líneas de subtransmisión** – Solo a los efectos del presente documento, se definen como líneas de subtransmisión, las líneas de 30 y 60 kV con hilo de guardia

**Líneas de distribución**- Solo a los efectos del presente documento, se definen como líneas de distribución, las líneas de MT que no son de subtransmisión.

**Media diaria:** Es el promedio de las lecturas del día en que se recaba la información de campo, mas el valor correspondiente a la ultima lectura del día anterior y la primera del día siguiente.

**Puesta a tierra de protección:** Es la conexión directa a tierra de las partes conductoras de los elementos de una instalación no sometidos normalmente a tensión eléctrica, pero que pudieran ser puestos en tensión por averías o contactos accidentales, a fin de proteger a las personas contra contactos con tensiones peligrosas.

**Puesta a tierra de servicio:** Es la conexión que tiene por objeto unir a tierra temporalmente parte de las instalaciones que están normalmente bajo tensión.

Estas puestas a tierra pueden ser:

- Directas: cuando no contienen otra resistencia que la propia de paso a tierra.
- Indirectas: cuando se realizan a través de resistencias o impedancias adicionales.

**Red tensada:** Red aérea sostenida mediante pinzas de suspensión y de amarre que someten al conductor a tensión mecánica.

**Red posada:** Red aérea montada sobre una fachada por intermedio de una fijación (abrazaderas - collarines) que no somete al conductor a tensión mecánica.

**Vano:** Distancia entre dos apoyos consecutivos.

**Sistema TT:** Sistema de distribución de BT en el que la PAT del neutro de la red de distribución es eléctricamente independiente de la PAT de los clientes.

## 2.2.- ABREVIATURAS

BT – baja tensión.

CD – Caja de distribución

CGP- Caja general de protección

CMT – cable subterráneo de media tensión

CBT – cable subterráneo de baja tensión

DIS - Gerencia de Area Distribución

$kV_{cr}$  – nivel de tensión de la cresta en el ensayo de impulso

LAMT- línea aérea de media tensión

LABT – línea aérea de baja tensión

MRT - monofásica retorno por tierra

MT – media tensión

MTOP- Ministerio de Transporte y Obras Públicas

PAT – puesta a tierra

$R_p$  – Resistencia del aterramiento de protección

TMT – tablero de media tensión

TBT – tablero de baja tensión

$SF_6$  – Hexafluoruro de azufre

U – tensión nominal fase-fase expresada en kV

$U_o$  – tensión nominal fase-tierra expresada en kV

## 2.3.- SIMBOLOS

No aplica

### **3.- REFERENCIAS**

#### **3.1.- INTERNAS**

GL-DYC-OR- 0000- Glosario

N.MA.01.28 Norma de señalización de actividades laborales e instalaciones de seguridad e higiene

N.MA.00.02 Símbolos gráficos para diagramas de estaciones.

#### **3.2.- EXTERNAS**

Reglamento de Calidad de Servicio (URSEA)

Código NESC

IEC 71

IEC 71-2 Coordination de l' isolement

IEC 71-3.

IEC 815 Guide for the selections of insulators in respect of polluid conditions

IEC 60287

IEC 61936-1

NRECA

Guía EDF B13.21 "Mise a la terre des reseaux HTA et BTB"

IEEE 80

Normas de materiales y equipos \_ NO-DIS-MA vigentes

UNIT 50 – 84

Reglamento DGIA

Constitución de la República. Art.47.Protección del Medio Ambiente

Ley 17283.Protección del Medio Ambiente.

Política Ambiental de UTE. R38-99

Ley 16.466.Evaluación del Impacto Ambiental. Artículos 6 l y 6 m

Decreto 349/005. Artículo 2. Numerales 33 y 34

Decreto Ley 14.859.Código de Aguas

Listado de Áreas Naturales Protegidas de DI.NA.MA.

Campos Electromagnéticos. R 931/05

## **4.- DESARROLLO**

Todos los materiales y equipos utilizados en instalaciones de Distribución deben cumplir con las normas NO-DIS-MA vigentes .

Todas las instalaciones de DIS deben durante su ejecución y en su posterior explotación señalizarse de acuerdo a la norma NO-DIS-MA 01.28.

### **4.1.- DISEÑO ELECTRICO**

Este punto establece:

- Las corrientes admisibles de las redes aéreas y subterráneas.
- Los niveles de aislación requeridos para las instalaciones en general, y en particular los requerimientos de aislación para los equipos y demás aislantes utilizados en las mismas.
- Los requerimientos a cumplir en las instalaciones de puesta a tierra de Media y Baja Tensión de Distribución y sus equipos, en particular los valores mínimos exigidos de resistencia de puesta a tierra y los diferentes conexiones entre los circuitos de tierra involucrados.
- Equipamiento de subestaciones y estaciones

#### **4.1.1.- CORRIENTES ADMISIBLES**

##### **4.1.1.1.- CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES MÁXIMAS PERMANENTES ADMISIBLES EN CABLES UNIPOLARES AISLADOS O PROTEGIDOS DE BAJA TENSIÓN, MEDIA TENSIÓN Y SUBTRASMISIÓN**

A continuación se exponen los criterios para la selección de las secciones de cable para instalación enterrada o aérea, en función de la intensidad máxima en régimen permanente que habrán de conducir y de la tensión nominal y categoría de la red en que se va a instalar. La misma se refiere a cables de cobre y aluminio con aislación XLPE o EPR para tensiones nominales de 1 a 60 kV.

El cálculo de las intensidades máximas admisibles se realiza en base a la norma IEC 60287, de acuerdo a las hipótesis que se aplican en cada caso particular y que se detallan a continuación. Los valores para cada tipo conductor se encuentran en las normas de material correspondientes.

##### **4.1.1.1.1.- INSTALACIÓN AL AIRE**

- Temperatura máxima soportada por la aislación: 90°C (No se puede en ningún caso someter a los conductores aéreos autoportantes a una temperatura mayor a la que se utiliza para el cálculo mecánico)
- Temperatura máxima del aire: 40°C
- Disposición que permita una eficaz renovación del aire

En el caso de redes protegidas, se deben contemplar los coeficientes incluidos en la IEC 60287 para la separación correspondiente entre fases impuesta por el espaciador o la distancia entre aisladores.



En el caso de redes preensambladas se debe considerar los coeficientes correspondientes a cables unipolares en contacto mutuo.

#### **4.1.1.1.2.- INSTALACIÓN ENTERRADA**

- Temperatura máxima soportada por la aislación: 90°C
- Temperatura del terreno: 25°C
- Una terna de cables unipolares en contacto mutuo
- Resistividad térmica del terreno: 100 °C.cm/W

#### **4.1.1.1.3.- FACTORES DE CORRECCIÓN**

Cuando las condiciones reales de instalación sean distintas de la tipo, la intensidad admisible se debe corregir aplicando los factores correspondientes, de entre los que, por su mayor significación para las redes de distribución, señalamos los siguientes:

- a. Cables instalados al aire en ambientes de temperatura menor de 40°C. Se aplican los coeficientes indicados en la siguiente tabla:

Temperatura ambiente	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
Coeficiente de corrección	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00

- b. Varias ternas de cables enterrados directamente en una misma zanja. Se aplican los coeficientes indicados en la siguiente Tabla.

Ternas situadas en un mismo plano horizontal	NÚMERO DE TERNAS							
	2	3	4	5	6	8	10	12
Con una separación aproximada de 7cm (Espesor de un ladrillo)	0,85	0,75	0,68	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50
En contacto	0,80	0,70	0,64	0,60	0,56	0,53	0,50	0,47

NOTA: Estos coeficientes no se aplican en el tramo correspondiente a entrada o salida de estaciones o subestaciones.

- c. Ternas de cables enterrados en una zanja, en el interior de tubos o similares.

Se recomienda aplicar un coeficiente corrector de 0,8 en el caso de una terna de cables unipolares instalada en el interior de un mismo tubo y de 0,9 si los cables de la terna están

en tubos diferentes. Es obligatorio, en el primer caso, que la relación entre el diámetro del tubo y el diámetro aparente de la terna no sea inferior a 2.

No obstante lo anterior, cuando se trate de instalaciones en tubos que no superen longitudes de 15 m (cruces de calles, carreteras, etc.), no es necesario aplicar coeficiente corrector.

#### **4.1.1.2.- INTENSIDADES MÁXIMAS DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES**

Se indican las fórmulas para el cálculo de las intensidades de corriente de cortocircuito admisibles para diferentes tiempos de duración de mismo, en el caso de cables de aislación seca (XLPE o EPR).

Estas intensidades corresponden a una temperatura  $T_2 = 250^\circ\text{C}$  alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito es absorbido por el propio conductor, a partir de una temperatura inicial igual a la temperatura máxima de operación en régimen permanente  $T_1 = 90^\circ\text{C}$ .

Para conductor de cobre:

$$\left(\frac{I_{cc}}{S}\right)^2 * t = 115679 * \log\left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right]$$

Para conductor de aluminio:

$$\left(\frac{I_{cc}}{S}\right)^2 * t = 48686 * \log\left[\frac{T_2 + 228}{T_1 + 228}\right]$$

Donde :

$I_{cc}$  = Corriente de cortocircuito máxima (A)

$S$  = Sección del conductor ( $\text{mm}^2$ )

$t$  = duración del cortocircuito (s)

$T_1$  = temperatura máxima de operación del conductor en régimen permanente ( $^\circ\text{C}$ )

$T_2$  = temperatura máxima de operación del conductor en cortocircuito ( $^\circ\text{C}$ )

#### **4.1.1.2.1.- INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LA PANTALLA**

Se debe utilizar la fórmula:

$$\left(\frac{I_{cc}}{S}\right)^2 * t = 115679 * \log\left[\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right]$$

considerando la temperatura máxima en la pantalla de cobre  $T_2 = 200^\circ\text{C}$ , a partir de una temperatura de régimen de  $T_1 = 85^\circ\text{C}$ , siendo "S" la sección de la pantalla y "t" el tiempo de duración del cortocircuito.

#### **4.1.1.3.- CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES EN RÉGIMEN PERMANENTE ADMISIBLES EN CONDUCTORES DESNUDOS PARA REDES AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN Y SUBTRASMISIÓN**

La corriente en régimen permanente del conductor depende de las dimensiones y material constitutivo de éste, de condiciones ambientales (temperatura ambiente, viento, radiación solar) y de la temperatura del conductor, que debe asumirse.

Los límites de temperatura a los efectos del cálculo son los siguientes:

- Temperatura máxima soportada por el conductor:  $90^\circ\text{C}$  (No se puede en ningún caso someter a los conductores aéreos a una temperatura mayor a la que se utiliza para el cálculo mecánico)
- Temperatura máxima del aire:  $40^\circ\text{C}$

Los valores sugeridos para la temperatura ambiente según la época del año son:

En invierno  $T_{\text{amb}} = 5^\circ\text{C}$ .

En verano (máximo diurno):  $T_{\text{amb}} = 40^\circ\text{C}$ .

En verano zona balnearia:  $T_{\text{amb}} = 20^\circ\text{C}$ .

Promedio anual:  $T_{\text{amb}} = 20^\circ\text{C}$ .

Los valores de referencia a emplear para el resto de las condiciones ambientales son:

Viento :  $0,6 \text{ m/s}$  ( $2,16 \text{ km/h}$ )

Radiación solar directa:  $1000 \text{ w/m}^2$

##### **4.1.1.3.1.- CÁLCULO DE LA CORRIENTE DEL CONDUCTOR (EN A) EN FUNCIÓN DE LOS DEMÁS PARAMETROS**

$$I = \sqrt{\frac{(W_{cf} + W_r) \left( \frac{d_c}{1000} \right) \cdot \pi - W_s}{R}}$$

$W_{cf} (\text{W/m}^2)$  : Convección forzada, según la velocidad de viento.

$$W_{cf} = 95,5 \cdot \frac{\sqrt{P_{atm} \cdot v_{viento}}}{\left(\frac{T_{amb} + T_c}{2}\right)^{0,125} \cdot \sqrt{d_c}} \cdot (T_c - T_{amb})$$

dc (mm) = diámetro del conductor

v<sub>viento</sub> (km/h) = velocidad del aire

P<sub>atm</sub> (Atm) = presión atmosférica

T<sub>amb</sub> (°C) = Temperatura ambiente

T<sub>c</sub> (°C) = Temperatura del conductor

W<sub>r</sub> (W/m<sup>2</sup>) : Radiación

$$W_r = 57000 \cdot K_{emis} \cdot \left[ \left( \frac{T_c + 273}{1000} \right)^4 - \left( \frac{T_{amb} + 273}{1000} \right)^4 \right]$$

K<sub>emis</sub> = coeficiente de emisividad del conductor (usualmente 0,8)

W<sub>s</sub> (W/m) = Potencia solar absorbida por el conductor

$$W_s = W_{sol} \cdot K_{abs} \cdot \left( \frac{d_c}{1000} \right)$$

W<sub>sol</sub> (W/m<sup>2</sup>) = radiación solar

K<sub>abs</sub> = coeficiente de absorción del conductor (usualmente 0,7)

R (Ω/m): resistencia en alterna del conductor a la temperatura de operación

$$R = R_{20} \cdot (1 + \alpha_{20} \cdot (T_c - T_{amb}))$$

R<sub>20</sub> (Ω/m) = Resistencia en alterna del conductor a 20 °C

α<sub>20</sub> (1/°C) = Coeficiente de variación de la resistencia (Cu: 0,00393, Al: 0,00403)

#### **4.1.2.- NIVELES DE AISLACION**

##### **4.1.2.1.- REDES DE BAJA TENSIÓN**

Las tensiones nominales para las redes de BT son 230 V y 400 V.

Para ambas tensiones, se define por cada equipo los siguientes niveles de aislación a frecuencia industrial y a impulsos:

Tipo de equipamiento	Tensión mas elevada (clase de aislación)	Tensión soportada a frecuencia industrial, 1 min (kV)	Tensión soportada a impulso 1,2/50μs (kV <sub>cr</sub> )
----------------------	--	---	--

Bobinado de 0,23 o 0,4 kV (Transformador MT/BT)	3,6 kV	10	20
Cajas o Tableros de protección de BT	1 kV		
- entre partes activas		3,5	
- entre partes activas y masa para envolvente metálica		3,5	8
- entre partes activas y masa para envolvente aislante		5,25	
Cables BT subterráneos	1 kV	3,5	---
Cables BT aéreos	1 kV	4	20

#### **4.1.2.2.- TENSIONES NOMINALES, NIVELES DE AISLACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL Y A IMPULSO DE LAS REDES DE MT**

En la tabla siguiente se exponen las tensiones nominales y niveles de aislación mínimos para las diferentes redes de MT, lo cual incluye a los diferentes equipos que las componen.

Las tensiones nominales normalizadas, así como los valores correspondientes de las tensiones más elevadas corresponden a los establecidos en el Reglamento de Calidad de Servicio. Los niveles de aislación a frecuencia industrial en seco (1 minuto) y a impulso de onda normalizada 1,2/50  $\mu$ s se corresponden con la norma IEC 71.

Tensión nominal de la red (kV)	Tensión más elevada (clase de aislación) (kV)	Tensión de aislación a impulsos (kV <sub>cr</sub> )	Tensión de aislación frecuencia industrial en seco (kV)
6,4	7,2	60	20
15	17,5	95	38
22	24	125	50
31,5	36	170	70
60	72,5	325	140

##### **4.1.2.2.1.-CARACTERISTICAS DE AISLACIÓN PARTICULARES DE LOS EQUIPOS**

Además de los niveles generales de aislación definidos en la tabla anterior, se especifican características particulares relativas a la aislación de los diferentes equipos utilizados en las redes de MT.

Tales características adicionales son específicas según la función del equipo y el entorno en el cual va a ser montado, a saber:

- nivel de aislación a frecuencia industrial bajo lluvia (frecuencia industrial)
- distancia de fuga
- nivel de aislación en distancia de seccionamiento (frecuencia industrial)

#### **4.1.2.2.2.-AISLADORES POLIMERICOS**

Comprende los diferentes tipos de aisladores para redes aéreas de MT que incluyen compuestos orgánicos en la composición de su aislación.

CLASE DE AISLACIÓN			17,5 kV	24 kV	36 kV	72,5 kV
<b>Dist. Mín. fuga (mm)</b>	Zona Normal	SILICONA	350	480	720	1450
		EPDM/ETC	455	624	936	1885
	Zona Poluída (*)	SILICONA	438	600	900	1813
<b>Tensión resistida frec. Ind. bajo lluvia, 1 minuto (kV)</b>			38	50	70	140

(\*) Según la Guía IEC 815, para nivel de polución III.

#### **4.1.2.2.3.-AISLADORES “LINE POST” DE PORCELANA**

		CLASE DE AISLACION			
		17,5 kV	24 kV	36 kV	72,5 kV
<b>Distancia de fugas mínima (mm)</b>	<b>Zona Normal</b>	350	480	720	1450
	<b>Zona Poluída (*)</b>	438	600	900	1813
<b>Tensión resistida a frecuencia industrial bajo lluvia, 1 minuto (kV)</b>		38	50	70	140

(\*)- Las distancias de fuga indicadas siguen la Guía IEC 815, para nivel de polución III.

#### **4.1.2.2.4.-SECCIONADORES E INTERRUPTORES**

Comprende los diferentes tipos de seccionadores (interiores o exteriores, unipolares o tripolares, corte bajo carga o no), seccionadores-fusible (cut-out) y también los interruptores tripolares interiores y exteriores usados en las redes de MT.

<b>CLASE DE AISLACIÓN (kV)</b>	<b>7,2</b>	<b>17,5</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>72,5</b>
<b>Distancia de fugas mínima (mm)</b>					
<b>Zona normal</b>	130	320	438	660	1450
<b>Zona Poluída (*)</b>	180	438	600	900	1813
<b>Tensión de ensayo a frecuencia industrial 50 Hz, 1 min. (kV)</b>					
<b>a) entre fases y contra masa</b>	20	38	50	70	140
<b>b) en distancia de seccionamiento</b>	23	45	60	80	160
<b>Tensión de ensayo de impulso a onda plena 1,2 x 50 microseg (kVcr)</b>					
<b>a) entre fases y contra masa</b>	60	95	125	170	325
<b>b) en distancia de seccionamiento</b>	70	110	145	195	375

(\*) Según la Guía IEC 815, para nivel de polución III.

#### **4.1.2.2.5.-RECONECTADORES**

Estos equipos están especificados bajo normas ANSI, por lo cual muestran niveles de aislación diferentes respecto de los equipos bajo normativa IEC:

<b>Tipo</b>	<b>Estación</b>	<b>Estación/Poste</b>
<b>Clase de aislación (kV)</b>	36	17,5
<b>Tensión de ensayo de impulso a onda plena 1,2 x 50 μseg (kVcr)</b>	150 (*)	110 (**)
<b>Tensión mínima soportada a frecuencia industrial en seco durante 1 minuto (kV)</b>	70	50 (***)

Tipo	Estación	Estación/Poste
Tensión mínima soportada a frecuencia industrial bajo lluvia durante 10 seg.(kV) (#)	60	45

(\*) - inferior al valor IEC (170 kVcr)

(\*\*) - superior al valor IEC (95 kVcr)

(\*\*\*) - superior al valor IEC (38 kV)

(#) – IEC especifica tensión a frecuencia industrial bajo lluvia 1 minuto

#### **4.1.2.2.6.-PROTECCIÓN DE EQUIPOS ANTE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DE LA RED. DESCARGADORES**

Eventualmente los niveles de aislación a impulso especificados pueden ser superados por sobretensiones transitorias. Como medida adicional para la protección de equipos considerados estratégicos en las redes de Distribución en el caso de sobretensiones transitorias (esencialmente ondas impulsivas generadas por caída de rayos), se deben instalar juegos de descargadores según se especifica mas adelante.

Los descargadores se deben instalar lo mas cerca posible del elemento a proteger, sin intercalar ningún elemento de seccionamiento, según los criterios que se exponen a continuación.

La tensión residual nominal de los descargadores debe ser tal que este al menos un 30 % por debajo de la aislación a impulso del equipo a proteger (correspondiente al factor de seguridad recomendado por IEC 71-2 de aproximadamente 1,4).

##### **4.1.2.2.6.1.- PROTECCIÓN DE EQUIPOS DE MT Y TRANSFORMADORES MT/BT**

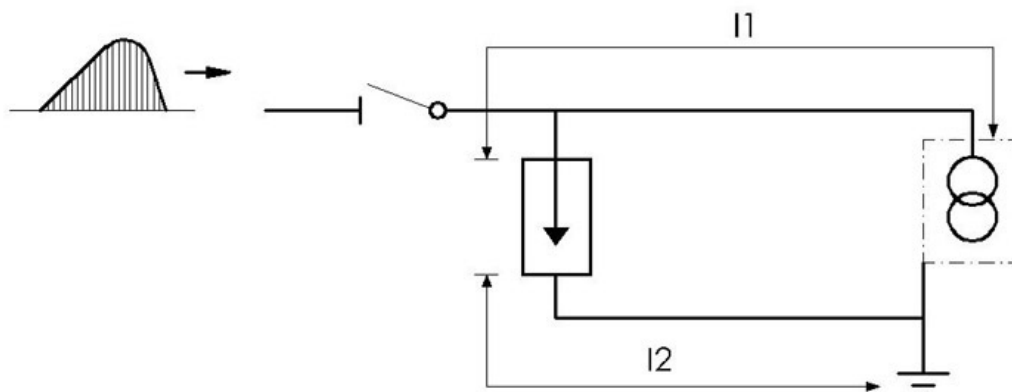
Las siguiente prescripciones son válidas tanto para transformadores como para equipos de la red de Distribución que se desee proteger (reguladores, reconectadores, cables aislados, etc).

Se debe colocar un juego de descargadores próximo al equipo o transformador, o bien directamente soportado en la cuba o envoltente metálica si existe, de tal forma que la longitud  $I1+I2$  sea lo mas pequeña posible, siendo:

I1 : tramo de cable de fase entre el borne de alta tensión del descargador y el bushing del transformador o equipo

I2 : tramo de cable de PAT entre el borne de tierra del descargador y la cuba del transformador o envoltente metálica del equipo





Se debe procurar que la suma  $I1+I2$  no sea mayor a 3 mts, teniendo presente que cuanto menor sea esta suma, mas eficiente es la protección del descargador. En caso de no lograrse este valor (o bien se pretenda calcular para casos particulares) se puede comparar el nivel de aislación a impulso del elemento a proteger con el cálculo de la sobretensión de impulso sobre el mismo, mediante la fórmula aproximada siguiente:

$$U_{imp} = U_{res} + 2 \times S \times L/v$$

Donde:

$U_{res}$  = tensión residual nominal del descargador (kV<sub>cr</sub>)

$S$  = tiempo de subida de la onda incidente (kV/microseg)

$L$  =  $I1+I2$ , distancia de conexión entre el descargador y el equipo a proteger (m)

$v$  = velocidad de propagación de la onda incidente (m/microseg)

$U_{imp}$  = sobretensión de impulso sobre el equipo a proteger (kV<sub>cr</sub>)

Nota: en caso de no disponerse de valores estadísticos se sugieren los siguientes valores:

$S$ = 2000 kV/microseg

$v$ = 300 m/microseg (velocidad de la luz en el vacío)

**Ejemplo:** Distancia aproximada “L” para valores típicos ( $U_n$ : tensión nominal del equipo o bobinado)

$U_n$ (kV)	$U_{imp}(kV_{cr})$	$U_{res} (kV_{cr})$	$S$ (kV/microseg)	$v$ (m/microseg)	$L$ (m)
6,4	60	26	2000	300	3
15	95	60	2000	300	3
31,5	170	120	2000	300	4

60	325	180	2000	300	11
----	-----	-----	------	-----	----

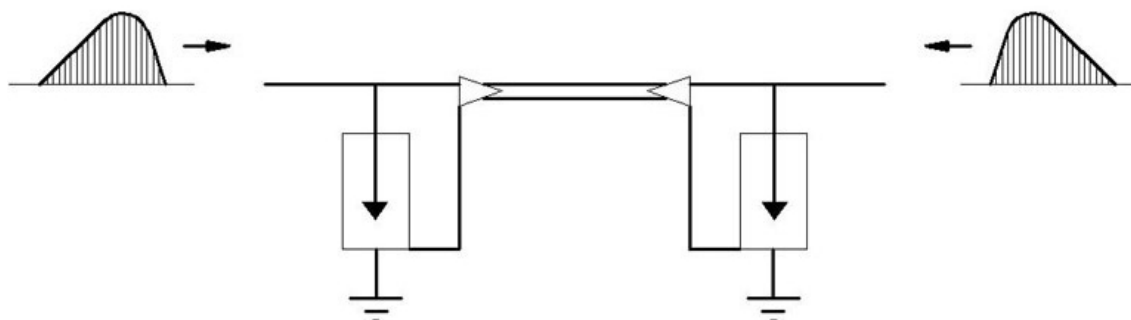
#### **4.1.2.2.6.2.- PROTECCION DE CABLES DE MT EN TRANSICIONES CON LINEA AEREA DESNUDA**

Este punto aplica a cables de MT apantallados, ya sean subterráneos o preensamblados aéreos.

Se deben colocar siempre descargadores en ambos extremos del cable, a fin de protegerlo contra sobretensiones que lleguen desde ambas líneas desnudas, a menos que el costo total de montaje y materiales de ambos juegos de descargadores supere el 20 % del costo total del propio tramo de red a proteger.

La colocación física de los descargadores debe ser de tal forma que se minimicen los largos de los siguientes tramos de cable:

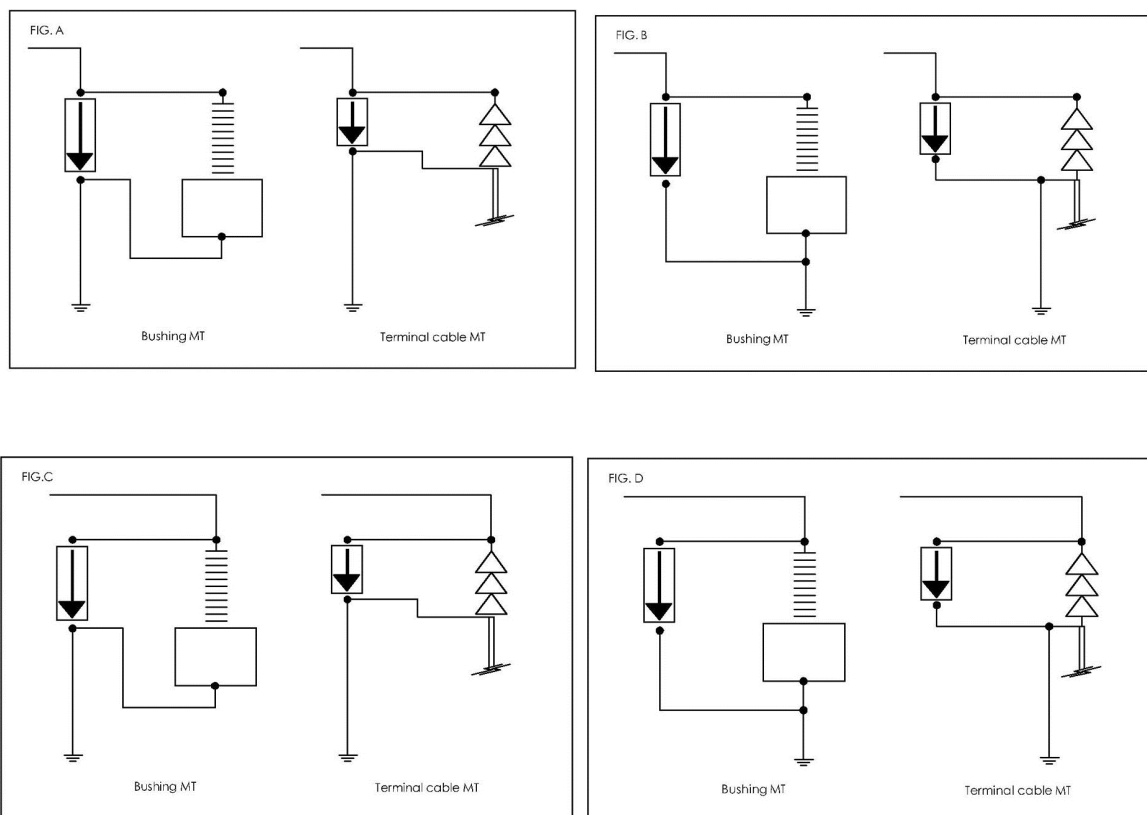
- el chicote de conexión entre el borne de alta tensión del descargador y el conector de fase del terminal del cable.
- el chicote entre el borne de tierra del descargador y la pantalla de alambres del cable.



En caso de que el montaje no lo permita, se pueden estimar los mínimos admisibles mediante la fórmula aproximada descrita en el punto anterior.

#### **4.1.2.2.6.3.- RECOMENDACIONES DE MONTAJE**

Además de las prescripciones relativas a la suma  $l_1 + l_2$  de los tramos de conductor que conectan el descargador con la línea y con tierra, y a los efectos de optimizar el grado de protección del descargador, se prefiere el esquema de montaje de la figura A. De no ser posible este montaje, se deben utilizar los esquemas B o C. Los montajes tipo D deben evitarse.



#### 4.1.2.2.7.- DISTANCIAS MINIMAS EN AIRE

En la siguiente tabla se especifican las distancias mínimas fase-fase y fase-tierra para los niveles de aislación a impulso correspondientes, según IEC 71-2 y 71-3.

Las mismas aplican a distancias en instalaciones que no pueden ensayarse para verificar su aislación de impulso (por ejemplo antenas de estación, barras, etc). No son de aplicación en equipos que satisfagan el ensayo de tipo de impulso para el nivel correspondiente.

Estos valores no incluyen coeficientes de seguridad por efectos de viento, ni refieren a distancias de seguridad para las personas. **No son de aplicación en líneas aéreas.**

Tensión nominal de la red (kV)	Tensión de aislación a impulsos (kV cresta)	Mínima distancia en aire fase-tierra o fase-fase (mm)
6,4	60	90
15	95	160
22	125	220
31,5	170	320
60	325	630

#### **4.1.3.- PUESTAS A TIERRA**

##### **4.1.3.1.- ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE BT**

El aterramiento del neutro de BT debe ser eléctricamente independiente de la tierra de los clientes a alimentar (sistema TT). Por tanto, se debe evitar la conexión directa del neutro a la tierra del cliente o bien la conexión de cualquier aterramiento del neutro con la tierra de los clientes. Si por razones prácticas tal separación eléctrica es imposible, la vinculación debe estudiarse particularmente.

El neutro de BT se debe aterrar en los siguientes puntos:

- En el bushing de neutro de BT del transformador MT/BT de la subestación
- En las CGP o CD de cada salida subterránea de la subestación
- En las cajas tetrapolares (“cajas negras”)
- En los fines de línea (\*)
- En puntos intermedios de cada salida de línea aérea de BT, cuando la separación entre aterramientos sea mayor a 500 mts.

El sistema de aterramiento consiste de un electrodo vertical (formado por una o mas jabalinas acopladas si es necesario) conectado mediante conductores desnudos (\*\*) al equipo correspondiente.

(\*) - En caso de ampliaciones de la red que impliquen nuevas derivaciones desde una salida de BT existente y con el conductor neutro ya aterrado, se puede obviar el aterramiento en el final de la línea derivada correspondiente, siempre que la derivación sea rígida (sin elementos de seccionamiento) y la carga proyectada de dicha derivación sea menor al 20 % de la carga total que queda alimentada a partir de ese punto en adelante. También se puede omitir si se conecta el final del neutro de la derivación a otro neutro de fin de línea ya aterrado de la misma salida.

(\*\*) – para conectar al bushing de neutro del transformador MT/BT se debe usar conductor aislado cuando es necesario desacoplar el aterramiento del neutro de la tierra de protección de la subestación

Nota: El multiaterramiento del neutro de BT tiene el objetivo de reducir la resistencia global de puesta a tierra presentada por el mismo, y contribuir con la reducción del desequilibrio de tensiones en los receptores que pueda provocar una eventual desconexión accidental del conductor neutro en una salida de BT (ya sea en un elemento de protección o por falla de algún conector de derivación).

No obstante, como sea que este desequilibrio de tensiones depende del grado de equilibrio de cargas en ese momento (además del valor de PAT obtenida en cada caso), no es suficiente el multiaterramiento para garantizar las tensiones dentro del rango aceptable en todos los casos posibles, debiéndose tener especial cuidado en evitar posibles cortes intempestivos del neutro sin haber sido cortada la tensión.

**4.1.3.1.1.- CONECTIVIDAD DEL ATERRAMIENTO NEUTRO DE BT A LA TIERRA DE PROTECCION DE LA SUBESTACIÓN**

En los siguientes puntos se definen los criterios para la posible unificación o no del aterramiento del bushing de neutro de BT del transformador de MT/BT y la tierra de protección de la subestación. Se entiende por unificación la conexión directa a través de conductores de ambos aterramientos, conformando una misma puesta a tierra.

**4.1.3.1.1.1.- SUBESTACIONES AÉREAS**

En las subestaciones aéreas, siempre que sea posible, se debe aterrar el bushing de neutro de BT del transformador en forma desacoplada de la tierra de protección de la subestación.

Se entiende por tierras desacopladas lo siguiente:

- no existe conexión directa a través de un conductor
- una corriente drenando a tierra en una de ellas no afecta el potencial de la otra con respecto a un electrodo lejano.

Para efectivizar el desacople de las tierras, se debe aterrar el bushing del neutro de BT conectándolo a el/los electrodo/s de tierra mediante un conductor aislado, a una distancia mínima entre ambos aterramientos según el siguiente criterio:

**Aterr. Protección de SBA (Ohm)      Distancia mínima de separación (m) [\*]**

$R_p < 4$	6
$4 < R_p < 5$	7
$5 < R_p < 6$	8
$6 < R_p < 7$	10
$7 < R_p < 8$	11
$8 < R_p < 9$	12
$9 < R_p$	14

[\*] – Valores conservadores. Si se desea ajustar mas las distancias en casos comprometidos puede medirse en sitio el coeficiente de acoplamiento, el cual debe limitarse a 15%:

$$Acoplamiento = \frac{R_p + R_n - R_{pn}}{2 \cdot R_p} \leq 0,15$$

donde:

$R_p$ = Resistencia de aterramiento de protección de la subestación

$R_n$ = Resistencia global del neutro de BT

Rpn= Resistencia entre el aterramiento de protección y el neutro de BT

En los casos de subestaciones aéreas en las cuales no sea posible tal separación, se puede unificar los aterramientos del neutro de BT del transformador y de la tierra de protección de la subestación, siempre que se cumplan con los mismos valores de aterramiento exigidos para las subestaciones de piso.

#### **4.1.3.1.1.2.- SUBESTACIÓN DE PISO**

En las subestaciones de piso (estén o no integradas a un edificio) el bushing del neutro de BT de los transformadores se debe aterrar a la misma tierra de protección de la subestación, conformando un mismo sistema de aterramiento unificado.

#### **4.1.3.1.2.- ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE AUTOTRANSFORMADORES**

Todo autotransformador debe tener su neutro rígidamente aterrado.

Además, debe tener obligatoriamente su neutro conectado directamente al neutro de la red en la cual está conectado, y por consiguiente al neutro del trafo de la subestación.

En el caso de redes sin neutro distribuido (redes de 230 V), se debe tender un conductor neutro para conectar el neutro del transformador de la subestación (que también debe aterrarse) con el neutro del autotransformador. Si esto no es posible, no debe usarse autotransformador, pasándose a usar un transformador triángulo/estrella con el neutro de la estrella aterrado.

#### **4.1.3.2.- ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES**

##### **4.1.3.2.1.- ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES AEREAS**

Deben conectarse a este aterramiento los siguientes elementos y equipos:

- Envolvente metálica del TBT (si corresponde)
- Herrajes de la estructura de sostén de los equipos
- Cuba del/los transformador/es
- El bushing del neutro de MT del transformador (si éste lo tiene accesible) (\*)
- Pantallas metálicas y flejes de cables de MT (si corresponde) (\*\*)
- Descargadores
- Bastidores/soportes de seccionadores

Cualquier otro equipo u elemento con partes metálicas normalmente sin tensión pero expuestas al toque

(\*) – Si la red de MT no tiene neutro aterrado, el bushing del neutro de MT del transformador MT/BT no debe aterrarse

(\*\*) - En el caso de cables de MT utilizados como puentes trafo-TBT, la pantalla de cada fase se debe aterrar en un solo extremo, del lado del transformador.

El sistema de aterramiento debe consistir, siempre que sea posible, de uno o mas electrodos verticales (cada uno formado por una o mas jabalinas acopladas) conectados por conductores desnudos también en contacto con el terreno.

Se debe enterrar un primer electrodo, inmediatamente junto a la columna por la cual baja el conductor de tierra, y se debe conectar a éste. Posteriormente se realiza la medida de la resistencia de aterramiento, debiéndose agregar mas electrodos verticales en paralelo hasta lograr la resistencia requerida. La distancia entre electrodos verticales en paralelo debe ser como mínimo de 2 veces el largo de los mismos a los efectos de minimizar la resistencia de aterramiento equivalente.

Para el caso de terrenos rocosos o cuya dureza no permita el clavado de jabalinas, se admite la colocación de uno o mas electrodos horizontales enterrados, conectados radialmente desde el punto de bajada del conductor de tierra.

También es admisible tanto en terrenos rocosos o arenosos la posibilidad de colocar electrodos verticales mediante perforación profunda.

#### **4.1.3.2.2.-ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES DE PISO**

Deben conectarse a este aterramiento los siguientes elementos y equipos:

- Puertas y cerramientos metálicos
- Cuba del/los transformador/es
- Envoltentes metálicas de los TBT y TMT
- El bushing del neutro de BT del/los transformador/es
- Pantallas metálicas y flejes de cables de MT
- Cualquier otro equipo u elemento con partes metálicas normalmente sin tensión pero expuestas al toque

Como consecuencia de estas conexiones, la resistencia del aterramiento de protección ( $R_p$ ) vista por cualquier defecto a tierra en MT dentro de la subestación o bien en caso de defectos fase-tierra en alguna salida de BT es en definitiva el paralelo de las siguientes resistencias de puesta a tierra:

- La propia malla de tierra de la subestación
- Todas las puestas a tierra del neutro de BT que existan en cada salida de BT
- Los aterramientos de protección ( $R_p$ ) de las otras subestaciones del anillo, los cuales están conectados a través de las pantallas metálicas y los flejes de los cables de MT

Por tanto, a los efectos de la aceptación o rechazo de la resistencia de protección de la subestación debe tomarse en cuenta lo anterior, midiendo globalmente la resistencia puesta a tierra (si están hechas las conexiones entre los elementos antes descritos) o bien midiendo cada elemento separadamente y haciendo el cálculo de la resistencia efectiva vista por la corriente drenada o retornante por tierra.

Nota: estas conexiones entre diferentes sistemas de tierra tienen como efecto que cualquier defecto a tierra en una salida de BT o en MT dentro de una subestación pueden originar corrientes de retorno en los aterramientos de las otras subestaciones adyacentes.

El sistema de aterramiento debe consistir de electrodos verticales (cada uno formado por una o mas jabalinas acopladas) conectados por conductores desnudos también en contacto con el terreno. Siempre que sea posible se debe formar un anillo cerrado alrededor de la subestación, de forma de minimizar las tensiones de paso dentro de su superficie.

Los hierros de la estructura del edificio se deben unir a tierra en algún punto a los efectos de eliminar las tensiones de toque dentro del edificio.

#### **4.1.3.3.- ATERRAMIENTO DE APOYOS DE LINEA AEREA**

La resistencia de la puesta a tierra de los apoyos no debe ser superior a lo especificado en la tabla del punto 4.1.3.8. Cuando esto no sea posible, se pueden admitir resistencias mayores siempre que el umbral de funcionamiento de los dispositivos de protección sea como máximo el 50 % de la intensidad de la corriente originada por la falla en el punto.

Cuando la bajada de tierra sea exterior al apoyo, los conductores de puesta a tierra deben estar protegidos contra daños mecánicos mediante tubos adecuados, sobre todo en las zonas pobladas, e independientemente del tipo de postación (poste de madera o columna de hormigón).

En caso de apoyos en madera, se deben eliminar pequeñas distancias libres en madera entre partes metálicas (especialmente en los apoyos con riendas) a los efectos de evitar la quema del poste o las crucetas en caso de descarga de rayo o por corrientes de fuga. Esto se puede realizar puentando las partes metálicas con conductores y conectores adecuados.

##### **4.1.3.3.1.- LINEAS CON HILO DE GUARDIA**

Líneas equipadas con cables de guardia, sea cual fuera el material constituyente de los apoyos, deben disponer de puesta a tierra en cada uno de los mismos.

Dado que el hilo de guardia se encuentra entonces multiaterrado, la medición de la puesta a tierra de cada apoyo debe realizarse con un equipo capaz de realizar tal medida individual o bien se realiza con el hilo de guardia desconectado de la misma.

##### **4.1.3.3.2.- APOYOS DE MADERA**

Las partes metálicas utilizadas en postación de madera en las líneas de distribución no necesitan ser conectados a tierra, con excepción de los apoyos que contengan equipos o los cruces de carreteras.



**4.1.3.3.3.- APOYOS DE HORMIGON Y METALICOS**

Deben conectarse a tierra, mediante una conexión específica, todos los apoyos metálicos y de hormigón armado (\*)

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

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

-Conectando a tierra la armadura del hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que se exigen para los conductores de conexión a tierra. Esta forma de conexión no se admite en los apoyos de hormigón pretensado.

(\*) – en apoyos de suspensión de cables preensamblados de MT, tal aterramiento puede omitirse.

**4.1.3.3.4.- APOYOS CON EQUIPOS**

En todos los casos deben conectarse a tierra todos los apoyos que soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra, debiendo estar conectadas a tierra :

- Las carcasas y partes metálicas de los mismos.
- Herrajes
- Descargadores

En el caso de que estos aparatos tengan mando a mano para su accionamiento mecánico, dicho comando debe quedar aterrado a la misma tierra de protección. En este caso y siempre que sea posible, se debe disponer de aterramiento de tipo anillo o malla.

**4.1.3.4.- ATERRAMIENTO DE PANTALLAS Y FLEJES METALICOS DE CABLES SUBTERRANEOS Y CONDUCTORES AEREOS PREENSAMBLADOS DE MT**

Los cables de entrada/salida de las subestaciones tanto aéreas como de piso, y también los cables preensamblados de MT deben tener aterradas sus pantallas metálicas y eventuales flejes de protección mecánica en sus dos extremos.

Los cables de conexión entre el TMT y el transformador MT/BT deben tener aterradas sus pantallas en un solo extremo (el que corresponde al transformador).

Nota: En particular si el terminal de MT es de tipo enchufable, se debe verificar específicamente que la pantalla del cable haya sido aterrada a la misma tierra que la cuba del transformador al cual se conecta dicho terminal, de otra forma puede quemarse la superficie del mismo (con riesgo de incendio) en caso de una falta que eleve el potencial de una tierra respecto de la otra.

**4.1.3.5.- ATERRAMIENTOS EN TRANSFORMADORES MONOFASICOS (SISTEMAS MRT)**

Los transformadores monofásicos deben tener desacoplados el aterramiento de servicio y el aterramiento de un borne de BT.

**a) Aterramiento de servicio:**

El borne correspondiente a la tierra del primario del transformador se debe aterrizar mediante un electrodo vertical (jabalina), enterrado inmediatamente junto al poste de sostén del transformador. Por seguridad solo se admiten conexiones por soldadura entre dicha jabalina y el cable de bajada, además el conductor de bajada debe ser de cobre aislado y estar protegido adecuadamente contra daños mecánicos.

En caso de necesitarse mas electrodos para llegar al valor de resistencia requerido, pueden colocarse otras jabalinas acopladas, o bien en paralelo. En este ultimo caso se debe observar que la distancia entre ellas sea no menor a 2 veces el largo de las mismas.

Además del borne de tierra del primario del transformador, debe conectar a este mismo aterramiento lo siguiente:

- La cuba del transformador
- El descargador
- Herrajes

Nota: En caso de no poderse conseguir los valores de tierra especificados se pueden admitir valores mayores, en tanto se admitan pérdidas mayores en el aterramiento y un aumento en la caída de tensión de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$V_{\%} = Z_{trafo} \cdot I_{\%} + 0,1 \cdot \frac{R_{PAT} \cdot P_N}{V^2}$$

$$P_{dis} = \frac{P_N^2 \cdot R_{PAT}}{V^2}$$

Siendo:

$V_{\%}$  Porcentaje de caída de tensión máxima hasta los bornes de BT del transformador respecto de la tensión nominal del transformador

$P_{dis}$  Potencia disipada en la PAT (W)

$P_N$  Potencia nominal del transformador (kVA)

$R_{PAT}$  Valor de la resistencia de puesta a tierra de servicio (Ohm)

$V$  Tensión estrellada de alimentación (kV)

#### **b) Aterramiento de un borne de BT:**

Uno de los bornes de BT debe aterrarse desacopladamente del aterramiento de servicio del transformador, separando los dos aterramientos de acuerdo a las mismas distancias que se exigen para el neutro de BT en subestaciones aéreas.

El aterramiento consiste en un solo electrodo vertical. El conductor de conexión desde el borne de BT a aterrizar debe ser aislado.

#### **4.1.3.6.- PUESTA A TIERRA DE ALAMBRADOS**

Los alambrados deben ser seccionados y aterrados según los criterios que se indican:

- a) En todos los cruces de conductores no aislados sobre alambrados.
- b) En el caso de paralelismo de la línea con el alambrado a una distancia menor o igual a 15 metros cada:
  - 1000 m para sistema con neutro aislado
  - 400 m para sistema con neutro aterrado

#### **4.1.3.7.- RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZACION DE ATERRAMIENTOS**

A los efectos de obtener el valor de resistencia de aterramiento por debajo de los máximos requeridos en cada caso, es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

Deben agregarse en lo posible de a un electrodo (acoplado o en paralelo), midiéndose una vez conectado para verificar la obtención del valor correspondiente.

Toda jabalina conectada en paralelo a otra/s debe estar físicamente separada de esta/s por lo menos una distancia igual al doble de su largo.

En terrenos de alta resistividad superficial (por ejemplo terrenos arenosos o pedregosos), se recomienda medir con telurímetro de cuatro puntas la resistividad del terreno en función de la profundidad, a los efectos de verificar posibles venas subterráneas de agua. En caso de haberse detectado una disminución significativa de la resistividad en lo profundo, se realiza un electrodo vertical acoplando jabalinas o realizando un pozo hasta la profundidad de dicha vena, en lugar de conectar electrodos en paralelo.

#### **4.1.3.8.- TABLA DE VALORES MÁXIMOS REQUERIDOS PARA LOS DISTINTOS ATERRAMIENTOS**

En la siguiente tabla se especifica la realización o no de la medida de la resistencia para los diferentes aterramientos, así como su valor máximo requerido si es obligatoria su medición.

TIPO DE ATERRAMIENTO	MEDICIÓN	VALOR MÁXIMO	OBSERVACIONES
NEUTRO DE BT DESACOPLADO:			
VALOR GLOBAL	SI	5 ohm	Se mide con todos los neutros de las salidas de BT conectados
DEL BORNE DE NEUTRO DE BT DEL TRANSFORMADOR	SI	10 ohm	Medida individual (todas las salidas de BT abiertas)

EN OTROS PUNTOS DE LA RED	NO	----	Solo se verifica realización de la PAT, la medición es global
NEUTRO DE AUTOTRANSFORMADORES	SI	10 ohm	En caso de no obtenerse este valor individual una vez realizado el aterramiento, se debe medir el aterramiento global del neutro (conectada esta PAT al neutro correspondiente) no admitiéndose un valor mayor al especificado individualmente
DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES AEREAS	SI	Terreno normal: 5 ohm Terreno arenoso o pedregoso : 20 ohm	Verificar desacople respecto del aterramiento del neutro de BT (ver punto 4.1.3.1.1.1 de la presente norma)
DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES DE PISO (O SUBESTACIONES AEREAS CON NEUTRO BT CONECTADO A LA TIERRA DE PROTECCIÓN)	SI	2 ohm	Medida realizada sobre el aterramiento global (conectadas todas las pantallas de los cables de MT, y todos los neutros de las salidas de BT)
DE APOYOS DE LINEA AEREA	SI	20 ohm	En caso de no obtenerse este valor, ver punto 4.1.3.3
DE APOYOS CON EQUIPOS Y EN CRUCES DE CARRETERAS	SI	20 ohm Equipos con descargadores: idem PAT de Protección SEA	En caso de no obtenerse este valor, ver punto 4.1.3.3
EN TRANSFORMADORES MONOFASICOS (SISTEMAS MRT):  <i>ATERRAMIENTO DE SERVICIO</i>	SI	Trafo 5 KVA: 15 ohm Trafo 10 KVA: 7 ohm Trafo 15 KVA: 5 ohm	En caso de no obtenerse este valor, ver punto 4.1.3.5

ATERRAMIENTO DE UN BORNE DE BT	NO	----	Solo se verifica realización de la PAT
PUESTA A TIERRA DE ALAMBRADOS	NO	----	Solo se verifica realización de la PAT

#### 4.1.3.9.- GUIA DE DISEÑO

La siguiente tabla establece el coeficiente K para distintas configuraciones de electrodos de aterramiento, siendo:

$$R_{pat} = K \cdot \rho$$

Donde  $\rho$  es la resistividad media del terreno, y  $R_{pat}$  la resistencia del aterramiento. Se supone jabalinas de diámetro normalizado, separadas una distancia suficiente para reducir el acoplamiento a valores razonables (del orden de 2 veces el largo).

Largo de las jabalinas (*) (mts)	2	4	6	8	10
Diámetro jabalinas (mts) :	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016
Distancia entre jabalinas (mts)	5	9	13	17	21
Numero de jabalinas en paralelo	Coeficiente K (**)				
jabalina individual	0,495	0,275	0,194	0,151	0,125
2	0,263	0,146	0,103	0,080	0,066
3	0,182	0,101	0,071	0,055	0,046
4	0,141	0,078	0,055	0,043	0,035
5	0,115	0,064	0,045	0,035	0,029

(\*)- Por jabalina se entiende una jabalina o varias jabalinas acopladas

(\*\*)- El cálculo desprecia el aporte del propio conductor de conexión entre las jabalinas, por lo que el valor real es siempre menor

#### 4.1.3.10.- DISEÑO DE PUESTA A TIERRA DE ESTACIONES

Se toma como base para el diseño la norma IEEE 80, mas las prescripciones particulares que se indican a continuación.

##### 4.1.3.10.1.- TENSIONES MÁXIMAS APLICABLES AL CUERPO HUMANO

Las Estaciones de Distribución deben disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso o contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en la red unida a ella) que resulten de la aplicación de las fórmulas que se recogen a continuación.

Se deben determinar las máximas tensiones de paso y contacto admisibles en una instalación, de acuerdo a las expresiones siguientes:

- 1) Tensión de paso admisible (V):

$$V_p = \frac{116}{\sqrt{t}} \cdot \left( 1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right)$$

- 2) Tensión de contacto admisible (V):

$$V_c = \frac{116}{\sqrt{t}} \cdot \left( 1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right)$$

Donde:

t = duración de la falta en segundos.

$\rho_s$  = resistividad superficial del terreno (ohm-m)

Salvo casos excepcionales justificados no se consideran tiempos inferiores a 0,1 segundos.

En caso de instalaciones con reenganche automático rápido (no superior a 0,5 segundos) el tiempo a considerar en la fórmula debe ser la suma de los tiempos parciales de mantenimiento de la corriente de defecto.

Nota: las fórmulas anteriores responden a un planteamiento simplificado del circuito, al despreciar la resistencia de la piel y del calzado, y que se han determinado suponiendo que la resistencia del cuerpo humano es de 1000 ohmios y asimilando cada pie a un electrodo en forma de placa de 200 cm<sup>2</sup> de superficie, ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo, evaluada en función de la resistividad superficial  $\rho_s$  del terreno, de  $3\rho_s$ .

Si son de prever contactos del cuerpo humano con partes metálicas no activas que puedan ponerse a distinto potencial, se debe aplicar la formula 2) de la tensión de contacto haciendo  $\rho_s=0$ .

El proyectista de la instalación de tierra debe comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo adecuado, que los valores de las tensiones de paso  $V'_p$  y de contacto  $V'_c$  que se calculen para la malla de tierra proyectada (en función de la geometría de la misma, de la corriente de defecto y de la resistividad del terreno) no superen en las condiciones más desfavorables las calculadas por las fórmulas 1) y 2) en ninguna zona del terreno afectada por la instalación de tierra.

#### **4.1.3.10.2.- PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL DIMENSIONADO**

El dimensionado de las instalaciones se debe hacer de forma que no se produzcan calentamientos que puedan deteriorar sus características o aflojar elementos desmontables.

El dimensionado de la instalación de tierra es función de la intensidad que, en caso de defecto, circula a través de la parte afectada de la instalación de tierra y del tiempo de duración del defecto.

En las instalaciones con redes de tensiones nominales distintas y una instalación de tierra común, debe cumplirse lo anterior para cada red. Puede no tomarse en consideración defectos simultáneos en varias redes.

Al efecto se dan instrucciones en los apartados que siguen sobre la forma de determinar las dimensiones, fijando en ciertos casos valores mínimos.

#### **4.1.3.10.3.- PROYECTO DE LA MALLA DE TIERRA**

Teniendo en cuenta las tensiones aplicadas máximas establecidas en las fórmulas 1) y 2), al proyectar la malla de tierra se debe seguir el procedimiento que sigue:

1. Investigación de las características del suelo (resistividad eléctrica)
2. Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y del tiempo máximo correspondiente de eliminación del defecto.
3. Diseño preliminar de la instalación de tierra.
4. Cálculo de la resistencia del sistema de tierra.
5. Cálculo de las tensiones de paso en el exterior de la instalación.
6. Cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación.
7. Comprobar que las tensiones de paso y contacto calculadas en los puntos 5 y 6 son inferiores a los valores máximos definidos en las fórmulas 1) y 2).
8. Estudio de las tensiones transferibles al exterior por tuberías, rieles, vallas, conductores de neutro, blindajes de cables, circuitos de señalización y de los puntos especialmente peligrosos, y estudio de las formas de eliminación o reducción.

Cuando por los valores de la resistividad del terreno, de la corriente de puesta a tierra o del tiempo de eliminación de la falta, no sea posible técnicamente, o resulte económicamente desproporcionado mantener los valores de las tensiones aplicadas de paso y contacto dentro de los límites fijados en los apartados anteriores, debe recurrirse al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes.

Tales medidas pueden ser entre otras:

- a) Hacer inaccesibles las zonas peligrosas.
- b) Disponer suelos o pavimentos que aislen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- c) Aislar todas las empuñaduras o mandos que hayan de ser tocados.
- d) Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma.

#### **4.1.3.10.4.- ELEMENTOS DE PUESTA A TIERRA Y CONDICIONES DE MONTAJE**

Los chicotes de tierra deben instalarse procurando que su recorrido sea lo más corto posible, evitando trazados tortuosos y curvas de poco radio. Con carácter general se recomienda que sean conductores desnudos instalados al exterior de forma visible.

En las líneas de tierra no pueden insertarse fusibles ni interruptores.

Los electrodos de puesta a tierra pueden ser jabalinas de acero cobreadas (acoplables o no), o cables de cobre desnudos.

Se debe procurar utilizar las capas de tierras más conductoras, haciéndose la colocación de electrodos con el mayor cuidado posible en cuanto a la compactación del terreno.

#### **4.1.3.10.5.- CARACTERISTICAS DEL SUELO Y DE LOS ELECTRODOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA EN LOS CALCULOS**

Para calcular la resistividad aparente del terreno se deben realizar mediciones en el mismo mediante el método de Wenner. Luego aplicando método de modelado del terreno y cálculos correspondientes, se obtiene el valor de la resistividad aparente.

En caso de no poder medirse la resistividad del terreno, se puede estimar la resistividad aparente mediante la siguiente tabla:

**TABLA I**

NATURALEZA DEL TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMIOS METRO
------------------------	------------------------------



Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceo	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

#### **4.1.3.10.6.-DETERMINACION DE LAS INTENSIDADES DE DEFECTO PARA EL CALCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO**

El proyectista debe tener en cuenta los posibles tipos de defectos a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensiones existentes en la instalación y debe tomar el valor más desfavorable.

En el caso de red con neutro a tierra, bien rígido o través de una impedancia, se debe considerar a efectos del cálculo de la tensión aplicada de contacto o paso, la intensidad de la corriente de puesta a tierra que provoca la elevación del potencial de la instalación a tierra.

#### **4.1.3.10.7.- INSTRUCCIONES GENERALES DE LA PUESTA A TIERRA**

##### **4.1.3.10.7.1.- PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN**

Se deben poner a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Salvo las excepciones señaladas en los apartados que se citan, se deben poner a tierra los siguientes elementos:

- a. Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- b. Los envoltorios de los conjuntos de armarios metálicos

- c. Las puertas metálicas de los locales
- d. Las vallas y cercas metálicas
- e. Las columnas, soportes, pórticos, etc.
- f. Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión
- g. Los blindajes metálicos de los cables (\*)
- h. Las cubas de los transformadores
- i. Cables de guardia

(\*) - En el caso de cables de MT utilizados como puentes trafo-celdas MT, la pantalla de cada fase se debe aterrar en un solo extremo, del lado del transformador.

#### **4.1.3.10.7.2.- PUESTAS A TIERRA DE SERVICIO**

Se deben conectar a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- a) Los neutros de los transformadores, que lo precisen en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
- b) Los descargadores para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- c) Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

#### **4.1.3.10.7.3.- PUESTAS A TIERRA DEL NEUTRO MT**

Cuando se trata de redes de de MT con neutro aterrado, el mismo se debe poner a tierra a través de resistencias o impedancias tales que por si solas (sin considerar ninguna otra impedancia del circuito de defecto a tierra) limiten la corriente de cortocircuito fase-tierra a 1000 A como máximo.

La conexión a tierra debe ser a la misma malla de tierra general de la Estación. Debe ponerse especial cuidado en la realización e inspección del punto de conexión a la malla del conductor que viene de resistor o impedancia de PAT, en tanto que por allí circule toda la corriente de defecto a tierra, distribuyéndose luego entre los diferentes conductores de la malla.

#### **4.1.3.10.7.4.- INTERCONEXIÓN DE LAS INSTALACIONES DE TIERRA**

Las puestas a tierra de protección y de servicio deben interconectarse constituyendo una instalación de tierra general.

En el caso excepcional en que esto no sea posible, y coexistan instalaciones de tierra separadas o independientes, se deben tomar medidas para evitar el contacto simultáneo inadvertido con elementos conectados a instalaciones de tierra diferentes, así como la transferencia de tensiones peligrosas de una a otra instalación.

#### **4.1.4.- PROTECCIONES**

En estudio.

#### **4.1.5.- DISEÑO ELECTRICO DE ESTACIONES**

##### **4.1.5.1.- SECCIONES DE MT**

Para las secciones de tipo interior se deben emplear en todos los casos celdas prefabricadas tipo metal-clad o metal-enclosed según el caso. Para secciones de intemperie se deben utilizar equipos aptos para este tipo de instalación.

##### **4.1.5.2.- EQUIPOS DE MANIOBRA**

- I Para aislar o separar máquinas, transformadores, líneas y otros circuitos, independientemente de la existencia de disyuntores, deben instalarse seccionadores cuya disposición debe ser tal que pueda ser comprobada a simple vista su estado (abierto o cerrado).
- II. Pueden suprimirse los seccionadores en el caso de utilizarse aparatos extraíbles, con los dispositivos de seguridad necesaria para evitar falsas maniobras, e impedir el acceso involuntario a los puntos con tensión que quedasen al descubierto al retirar el aparato.
- III. Dentro de celdas prefabricadas bajo envolvente metálica pueden suprimirse los seccionadores con corte visible cuando se utilicen seccionadores con corte efectivo.
- IV. Los cortacircuitos fusibles que al actuar den lugar automáticamente a una separación de contactos equiparable a las características de aislamiento exigidas a los seccionadores, deben ser considerados como tales, a efectos de lo señalado en I.
- V. La instalación de los distintos dispositivos debe ser tal que la acción de la gravedad no los opere.

##### **4.1.5.3.- TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

En general, tanto los transformadores como los autotransformadores de potencia conectados a una red trifásica, deben ser del tipo de máquina trifásica, si bien se admiten los bancos constituidos por tres unidades monofásicas.

##### **4.1.5.4.- INSTALACION DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA**

Deben ponerse a tierra todas la partes metálicas de los transformadores de medida que no se encuentren sometidas a tensión.

Asimismo se debe conectar a tierra un punto del circuito o circuitos secundarios de los transformadores de medida. Esta puesta a tierra debe hacerse directamente en los bornes secundarios de los transformadores de medida, excepto en aquellos casos en que la instalación aconseje otro montaje.

En los circuitos secundarios de los transformadores de medida se deben instalar dispositivos que permitan la separación, para su verificación o sustitución, de aparatos por ellos alimentados o la inserción de otros, sin necesidad de desconectar la instalación y, en el caso de los transformadores de intensidad, sin interrumpir la continuidad del circuito secundario.

La instalación de los transformadores de medida se debe hacer de forma que sean fácilmente accesibles para su verificación o eventual sustitución.

#### **4.1.5.5.- BATERIAS**

Las baterías de acumuladores alcalinas o ácidas deben ser selladas (en vasos cerrados).

Se deben emplazar en un local o recinto debidamente ventilado y que evite temperaturas extremas peligrosas, pudiendo coexistir con otros equipos en el mismo local.

#### **4.1.6.- DISEÑO ELÉCTRICO DE SUBESTACIONES**

##### **4.1.6.1.- TRANSFORMADORES**

Los transformadores a instalar dentro de las subestaciones MT/BT pueden ser de los siguientes tipos:

- Puros
- Configurables
- Bitensión

Además, desde el punto de vista de la aislación, pueden ser aislados en aceite o secos.

##### **4.1.6.1.1.- POTENCIAS NOMINALES DE TRANSFORMADORES BITENSION**

La potencia nominal  $P_n$  de estos transformadores está definida para el caso de utilizarse solamente la salida de tensión más elevada. Para la salida de tensión más baja la potencia debe ser  $0,75 P_n$ .

En el caso de cargas simultáneas en ambas tensiones se debe aplicar la siguiente fórmula de reparto de potencias:

$$\frac{P_1}{0,75} + P_2 = P_n$$

en la que  $P_1$  y  $P_2$  son las potencias suministradas en 230 V y 400 V respectivamente.

##### **4.1.6.1.2.- TENSIONES DE CORTOCIRCUITO**

Los valores de la tensión de cortocircuito nominal a la temperatura de referencia de 75°C y para la corriente nominal definida por la toma principal, deben ser los siguientes:

hasta 630 kVA: 4 %

1.000 y 2000 kVA: 6 %

En el caso de transformadores bitensión, para el funcionamiento sólo a 400 V, el valor de la tensión de cortocircuito es también el indicado anteriormente.

**4.1.6.2.- SUBESTACIONES DE PISO****4.1.6.2.1.- PROTECCION DEL TRANSFORMADOR****Fusibles de MT**

Cuando se proteja el transformador con fusibles, los cartuchos deben estar provistos de percutor que posibiliten la apertura trifásica de un seccionador de disparo mecánico.

**Control de temperatura**

En los transformadores debe existir un termómetro indicador de la temperatura en el aceite del transformador en la parte superior de la cuba con un juego de contactos normalmente abiertos con capacidad de 5 A a 230 V, bornera con identificación de uso en cada uno de los bornes y regulación exterior del disparo entre 0 y 120 °C claramente identificada.

**4.1.6.2.2.- CELDAS MT**

Los tableros modulares de media tensión (TMT) deben ser prefabricados con envolvente metálica, de tipo interior, con atmósfera en aire o SF<sub>6</sub>, medio de corte en aire, vacío o SF<sub>6</sub>, de clase 24 kV.

La corriente de cortocircuito admisible mínima debe ser de 16 kA. La corriente nominal en las celdas de entrada/salida de cable debe ser como mínimo de 400A.

**4.1.6.2.3.- PROTECCIONES DE BT**

Las salidas de cable de BT deben ser protegidas con fusibles tipo NH.

En el caso que no pueda obtenerse coordinación entre la protección de MT del trafo y los fusibles de las salidas de BT, se admite el uso de llaves termomagnéticas. La misma debe ser regulable, de tal forma que se pueda coordinar con la llave limitadora del cliente además de coordinar con la protección del trafo.

**4.1.6.3.- SUBESTACIONES AEREAS****4.1.6.3.1.- PROTECCION DEL TRANSFORMADOR**

El transformador se debe proteger con fusibles de MT y con descargadores ante sobretensiones impulsivas.

**Fusibles de MT**

Los fusibles deben ser de expulsión y apertura automática.

**Descargadores**

Ver punto 4.1.2.2.6.

**4.1.6.3.2.- ANTENAS Y CHICOTES DE BAJADA**

En el caso de subestaciones aéreas que son alimentadas en cable subterráneo debe tenerse en cuenta que la sección de cable de antena elegida admita por lo menos la misma corriente admisible del cable.

Los chicotes de bajada deben ser de cobre o aluminio, desnudos o protegidos, debiendo admitir al menos la misma corriente admisible del transformador. Las secciones mínimas por tipo de cable son: 35 mm<sup>2</sup> cobre, 35 mm<sup>2</sup> ALAL o 25/4 ACSR.

**4.1.6.3.3.- PROTECCIONES DE BT**

La protección de la salidas en BT puede ser con:

Fusibles: Los fusibles deben ser tipo NH.

Llaves termomagnéticas

**4.2.- DISPOSICIONES DE SEGURIDAD**

Este punto establece las disposiciones de seguridad para:

- Líneas aéreas de BT
- Líneas aéreas de MT
- Cables subterráneos de BT y MT
- Estaciones y subestaciones

**4.2.1.- LINEAS AÉREAS DE BT****4.2.1.1.- INSTALACION DE CONDUCTORES AISLADOS**

Los conductores a emplear en las redes de BT deben ser del tipo aislado.

La instalación se debe ajustar a los siguientes criterios:

- Red tensada: a una distancia mínima al suelo de 4 metros, salvo lo indicado en los apartados 4.2.1.3 y 4.2.1.4 del presente documento para cruces y paralelismos.
- Red posada: a una altura mínima del suelo de 2,5 metros. Se debe evitar que los conductores pasen por delante de cualquier abertura existente en los muros y respetar las disposiciones municipales vigentes.

**4.2.1.2.- EMPALMES Y CONEXIONES DE CONDUCTORES**

Las derivaciones se retienen sobre los apoyos por lo tanto los conectores de derivación se deben colocar en las cercanías de los mismos a los efectos de no generar tensión mecánica sobre el conector. Todas las conexiones de conductores a equipos, deben ser realizadas con terminales aéreos según la norma NO-DIS-MA correspondiente.

No se deben colocar más de un empalme por vano y por haz.

**4.2.1.3.- CRUCES****4.2.1.3.1.- CRUCES CON LINEAS ELECTRICAS AEREAS DE MT**

La línea de BT debe cruzar por debajo de la línea de MT.

Se debe procurar que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de MT, pero la distancia entre los conductores de la línea de BT y las partes más próximas del apoyo de la de MT no debe ser inferior a 1,5 m.

La mínima distancia vertical entre los conductores de ambas líneas en las condiciones más desfavorables no debe ser inferior, en metros, a:

$$1,5 + \frac{U + L_1 + L_2}{100}$$

en donde:

U = tensión nominal en kV de la línea de MT.

L<sub>1</sub> = longitud en metros entre el punto de cruce de los ejes de las líneas y el apoyo más próximo de la línea de MT.

L<sub>2</sub> = longitud en metros entre el punto de cruce de los ejes de las líneas y el apoyo más próximo de la línea de BT.

#### **4.2.1.3.2.- CON CARRETERAS**

El ángulo entre el eje de la línea y el de la carretera no debe ser inferior a 45°.

La altura mínima del conductor más bajo en las condiciones de flecha más desfavorable, debe ser de 6 m sobre la calzada y dentro de la faja de uso público.

En el tramo de cruce el coeficiente de seguridad de los conductores o cable portante debe ser mayor o igual a 3.

En los cruces con corredores internacionales y red primaria según la clasificación del MTOP los apoyos deben ser de hormigón o metálicos. Las carreteras comprendidas en estas categorías son las siguientes: Rutas 1,2,3,5,8,9,11,18,21,24,26,23 (de ruta 3 a ruta 12),12( de ruta 2 a ruta 23) ,30 ( de Artigas a ruta 5),200 y 201.

Los conductores no pueden presentar ningún empalme en el vano de cruce, admitiéndose durante la explotación y por causa de la reparación de la avería la existencia de un empalme por vano.

#### **4.2.1.3.3.- CON CALLES**

La altura mínima del conductor más bajo en las condiciones de flecha más desfavorable debe ser de 4,5m sobre la calzada.

El ángulo entre el eje de la línea y el de la calle no debe ser inferior a 45°.

#### **4.2.1.3.4.- CON CURSOS DE AGUA**

En los cruzamientos con ríos y canales navegables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua debe ser:

- sobre la máxima crecida conocida: 2,3 metros.

- sobre la creciente extraordinaria: G +2,3 metros

donde el valor "G" es dado por Hidrografía para los navegables en forma deportiva y comercial y en el resto se toma G =2 metros.

- sobre la media diaria: 4,5 metros

#### **4.2.1.3.5.- CON VIAS FERREAS**

El ángulo entre el eje de la línea y el eje de la vía no debe ser inferior a 45°.

La altura mínima de los conductores sobre la vía no debe ser inferior a 6 m.

En el tramo de cruce la sección de los conductores o cable portante debe ser tal que su carga de rotura no sea inferior a 800 kg. No se admiten uniones en el conductor en el tramo de cruce.

Los apoyos del tramo de cruce deben ser de hormigón o hierro.

#### **4.2.1.4.- PROXIMIDADES Y PARALELISMOS**

##### **4.2.1.4.1.- CON LINEAS ELECTRICAS DE MT**

Las líneas eléctricas de BT pueden ir en los mismos apoyos que las de MT cuando la distancia entre los conductores más próximos de las dos líneas sea por lo menos igual a la separación de los conductores de la línea de MT.

##### **4.2.1.4.2.-CON CARRETERAS**

La altura mínima del conductor mas bajo en las condiciones de flecha mas desfavorable debe ser dentro de la faja de uso publico de 6 mts  
Las líneas de BT pueden establecerse en la faja de uso publico a 4,30m cuando no atraviere zonas o espacios de posible circulación rodada.

#### **4.2.2.- LINEAS AÉREAS DE MT**

Existen tres tipos de líneas aéreas de MT:

Líneas aéreas con conductores desnudos

Líneas aéreas con conductores protegidos

Líneas aéreas con conductores aislados

Las líneas de MT con conductores protegidos se consideran a los efectos de la seguridad como líneas desnudas, excepto en lo que refiere a distancias entre fases. En este caso, el diseño debe ser tal que no permita contacto permanente entre fases.

Las líneas de MT con conductores aislados deben tenderse respetando:

- Gálibos, los mismos que una línea desnuda
- paralelismos y cruces con otras líneas aisladas de MT o BT, no se especifica distancia mínima.
- paralelismos y cruces con otras líneas desnudas, la línea aislada de MT se considera como si fuera de BT.

En lo sucesivo salvo indicación expresa y las consideraciones anteriores, este documento refiere a líneas aéreas con conductores desnudos.

##### **4.2.2.1.- GALIBOS**

La altura de los apoyos debe ser la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados:



1. Por encima de cualquier punto del terreno a una altura mínima de 6 metros.
2. Por encima de la faja de uso público de las carreteras nacionales a una altura mínima de 6.5 metros.
3. Por encima de vías de comunicación (carreteras, caminos, vías férreas, ríos) ver punto 4.2.2.3.

#### **4.2.2.2.- DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SI Y ENTRE ÉSTOS Y LOS APOYOS**

La distancia entre sí de los conductores sometidos a tensión mecánica, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores en el centro del vano se determina por la fórmula siguiente:

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

en la cual:

D = Separación entre conductores en metros en el centro del vano.

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento,  
que se toma del cuadro adjunto.

F = Flecha máxima en metros

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

U = Tensión nominal de la línea en kV.

Angulo de oscilación	Valores de K.	
	Líneas de subtrasmisión	Líneas de distribución
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores vienen dados por el cociente de la presión del viento dividida por el peso propio por metro lineal de conductor

La fórmula anterior corresponde a conductores iguales y con la misma flecha.

La separación entre conductores e hilos de guardia se determina de forma análoga a las separaciones entre conductores de acuerdo con todos los párrafos anteriores.

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

$$0,1 + \frac{U}{150} \text{ metros, con un mínimo de 0,2 metros.}$$

En el caso de las cadenas de suspensión, la distancia de los conductores y sus accesorios en tensión al apoyo, puede ser la misma de la fórmula anterior, considerados los conductores desviados bajo la acción de una presión de viento mitad de la fijada para ellos en el punto 4.3.2.6.2 .

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

#### **4.2.2.3.- CRUCES Y PARALELISMOS**

a) Los conductores e hilos de guardia no deben presentar ningún empalme en vanos de cruce.

b) Líneas con tensión inferior a 60 kV.

Todos los apoyos de cruces deben llevar puesta a tierra, independientemente del material del apoyo.

En los cruces con corredores internacionales y carreteras de primera categoría los apoyos deben ser de hormigón o metálicos.

c) Líneas con tensión igual o superior a 60 kV.

Apoyos de cruces de carreteras:

de suspensión llevan doble cadena de aisladores aceptándose como tal la disposición en "V" invertida y el doble aislador line-post.

De ángulos, anclajes y fines de línea las cadenas de amarre deben ser también dobles.

##### **4.2.2.3.1.- CRUCES**

En todos los casos que a continuación se consideran, el vano de cruce y los apoyos que lo limitan deben cumplir las condiciones impuestas en el punto anterior salvo las excepciones que explícitamente se señalan en cada caso.

##### **4.2.2.3.1.1.- LINEAS ELECTRICAS Y DE TELECOMUNICACION**

En los cruces de líneas eléctricas se sitúa a mayor altura la de tensión más elevada, y en el caso de igual tensión la que se instale con posterioridad.

Se debe procurar que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la superficie no debe ser menor de:

$$1,5 + \frac{U}{150} \text{ metros}$$

siendo U la tensión nominal en kV de la línea inferior y considerándose los conductores de la misma en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento del punto 4.3.2.6.2.

La mínima distancia vertical entre los conductores de ambas líneas, en las condiciones más desfavorables, no debe ser inferior a:

$$1,5 + \frac{U + L' + L''}{100} \text{ metros}$$

en donde:

U = Tensión nominal en kV de la línea superior

L'= longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea superior.

L''= longitud en metros entre el punto de cruce y el apoyo más próximo de la línea inferior.

Si los apoyos del vano de cruce de la a línea inferior son de suspensión , no pueden tener componente vertical ascendente.

Se pueden fijar sobre un mismo apoyo dos líneas que se crucen. En éste caso, en dicho apoyo y en los conductores de la línea superior se debe cumplir lo establecido en el punto 4.2.2.3

Las líneas de telecomunicación deben ser consideradas como líneas eléctricas de baja tensión y su cruzamiento debe estar sujeto, por tanto, a las prescripciones de este apartado.

#### **4.2.2.3.1.2.- CARRETERAS Y FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR**

La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de rieles en el caso de ferrocarriles sin electrificar debe ser la especificada en el siguiente cuadro:

Tensión en kV	Distancia	
	Carreteras, ferrocarriles sin electrificar	Caminos
Menor de 60	8 m	7 m
60	8 m	7,50 m

El ángulo entre el eje de la línea y el de la carretera en el punto de cruce, no debe ser menor de 45°.

#### **4.2.2.3.1.3.- FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVIAS Y TROLEBUSES**

La altura mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre los cables o hilos sustentadores, o conductores de la línea de contacto debe ser de 3 metros como mínimo para las líneas consideradas en el presente documento.

Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de trolley o de otros elementos de toma de corriente que puedan accidentalmente separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deben estar situados a una altura tal, que al desconectarse la toma de corriente, no quede (teniendo en cuenta la posición más desfavorable que puedan adoptar) a menor distancia que la definida anteriormente.

#### **4.2.2.3.1.4.- TELEFERICOS Y CABLES TRANSPORTADORES**

El cruce de una línea eléctrica debe efectuarse siempre superiormente salvo casos razonadamente muy justificados que expresamente se autoricen.

La distancia mínima vertical entre los conductores de la línea eléctrica y la parte más elevada del teleférico, teniendo en cuenta las oscilaciones de los cables del mismo durante su explotación normal y la posible sobreelevación que pueda alcanzar por reducción de carga en caso de accidente, debe ser de 4 metros como mínimo para las líneas consideradas en el presente documento.

La distancia horizontal entre la parte más próxima del teleférico y los apoyos de la línea eléctrica en el vano de cruce, debe ser como mínimo la distancia anteriormente indicada.

El teleférico debe ser puesto a tierra en dos puntos, uno a cada lado del cruce

#### **4.2.2.3.1.5.- RIOS Y CANALES NAVEGABLES**

En los cruzamientos con ríos y canales navegables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua debe ser:

-sobre la máxima crecida conocida:  $2,3 + U/100$  metros.

-sobre la creciente extraordinaria:  $G + 2,3 + U/100$  metros

en que G lo da Hidrografía para los navegables en forma deportiva y comercial y en el resto se toma  $G = 2$  metros.

-sobre la media diaria : 6 metros

#### **4.2.2.3.1.6.- CAUCE NO NAVEGABLES Y ZONAS INUNDABLES.**

En cauces no navegables o zonas inundables, la altura mínima de los conductores sobre la superficie del agua debe ser:

-sobre la máxima crecida conocida: 2 metros

-sobre la media diaria :6 metros

#### **4.2.2.3.2.- PARALELISMOS**

##### **4.2.2.3.2.1.- LINEAS ELECTRICAS**

Entre los conductores contiguos de las líneas paralelas no debe existir una separación inferior a la prescrita en 4.2.2.2 considerando como valor U el de la línea de mayor tensión.

La línea más elevada debe ser la de mayor tensión.

#### **4.2.2.3.2.2.- LINEAS DE TELECOMUNICACION**

Se debe evitar, siempre que sea posible, el paralelismo de las líneas eléctricas de media tensión con líneas de telecomunicación.

Para el caso de líneas MRT se debe limitar la corriente máxima a 8 A por razones de interferencia con las líneas de telecomunicaciones.

#### **4.2.2.3.2.3.- CAMINOS Y RUTAS**

Se debe tener en cuenta lo prescrito por el Art.20 de la Ley 14.197, del 8/5/74, que se transcribe:

"Artículo 20.

En propiedades linderas de todo camino público, fuera de las plantas urbanas y zonas suburbanas no se puede levantar construcción de clase alguna dentro de una faja de quince metros de ancho a partir del límite de la propiedad privada con la faja de dominio público. Frente a las Rutas Nacionales dicha faja debe tener un ancho de veinticinco metros, con excepción de las Rutas Nacionales 1, 2, 3, 5, 8, 9 y 26, frente a las que debe tener un ancho de cuarenta metros.

Esta faja queda también sujeta a la servidumbre de instalación y conservación de líneas telegráficas, telefónicas y de transporte y distribución de energía eléctrica. Esta servidumbre es de carácter gratuito, pero si su implantación causare perjuicios a la propiedad privada, esos perjuicios deben ser indemnizados de acuerdo al derecho común."

#### **4.2.2.4.- PASO POR ZONAS**

##### **4.2.2.4.1.- BOSQUES, ÁRBOLES Y MASAS DE ARBOLADOS**

###### **I) LINEAS DESNUDAS**

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica, debe establecerse, mediante la indemnización correspondiente, una zona de tala de árboles a ambos lados de la línea cuyo ancho debe ser el necesario para que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento, su separación de la masa de arbolado en su situación normal no sea inferior a:

$$1,5 + \frac{U}{150} \text{ metros, con un mínimo de 2 metros.}$$

Igualmente deben ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores.

## **II) LINEAS PROTEGIDAS**

Se admiten contactos transitorios con ramas y árboles, pero no permanentes. Por tanto son igualmente necesarias las podas, no obstante lo cual pueden ser programadas y diferidas en el tiempo.

## **III) LINEAS AISLADAS**

Se admiten contactos permanentes con ramas y arboles, no siendo necesario podar.

### **4.2.2.4.2.- EDIFICIOS, CONSTRUCCIONES Y ZONAS URBANAS**

Las distancias mínimas que deben existir en las condiciones mas desfavorables entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren debajo de ella, deben ser las siguientes:

#### 1) Estado de equilibrio del conductor

##### a) Edificios

- Distancia horizontal: 2.30 m
- Distancia vertical para puntos no accesibles a personas: 3.80 m
- Distancia vertical para puntos accesibles a personas: 4.10 m

##### b) Carteles, chimeneas, antenas y toda construcción no catalogada como edificio

- Distancia horizontal: 2.30 m
- Distancia vertical (por encima o por debajo) para estructuras accesibles a personas: 4.10 m
- Distancia vertical (por encima o por debajo) para estructuras no accesibles a personas: 2.30 m

#### 2) Estado de desplazamiento del conductor por acción del viento para todos los casos:

- Distancia horizontal: 1.40 m
- Distancia vertical: se deben cumplir las mismas distancias especificadas para el punto 1).

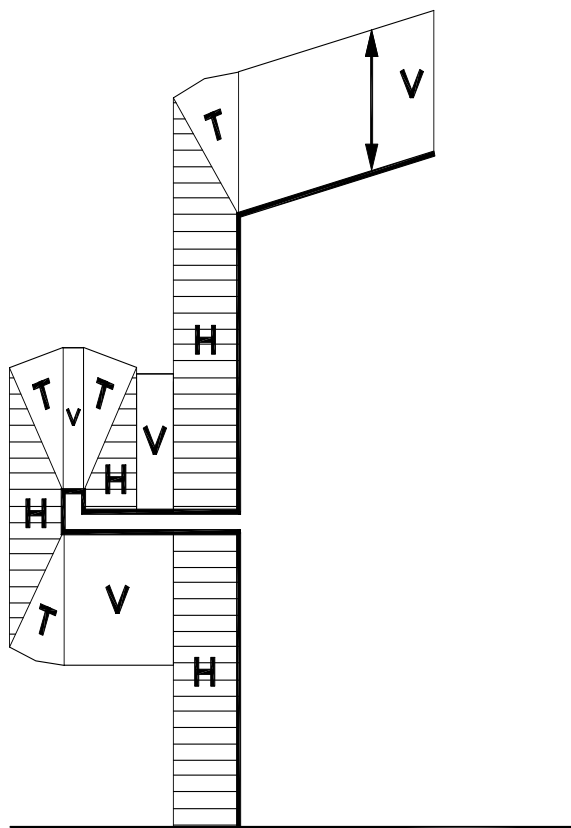
Las distancias especificadas son validas para líneas de media tensión hasta 22 kV, debiendo adicionarse 0.01m por cada kV en exceso de 22.

Las distancias horizontales rigen hasta la zona por encima del nivel de la construcción donde la diagonal iguale a la distancia vertical requerida como se muestra en el diseño adjunto.

En zonas urbanas y suburbanas se debe procurar que la distancia de seguridad horizontal mínima se exija a la línea de edificación existente, aun en el caso de ausencia de construcciones.

Para el caso particular de embarcaderos en zonas rurales o construcciones similares, la distancia a verificar debe incluir la envolvente de maniobras de los vehículos involucrados.

Para casos no contemplados en el presente capítulo se aplica lo establecido en el código NESC vigente para las condiciones de temperatura y viento locales.



H: distancia horizontal;

V: distancia vertical

T: transición

#### **4.2.2.4.3.- PROXIMIDAD DE AEROPUERTOS**

Las líneas eléctricas que hayan de construirse en las proximidades de los Aeropuertos, Aeródromos, Helipuertos e instalaciones de ayudas a la navegación aérea deben ajustarse a

lo especificado en los artículos del Reglamento de la D.G.I.A. y debe pedirse la autorización correspondiente a dicha Institución.

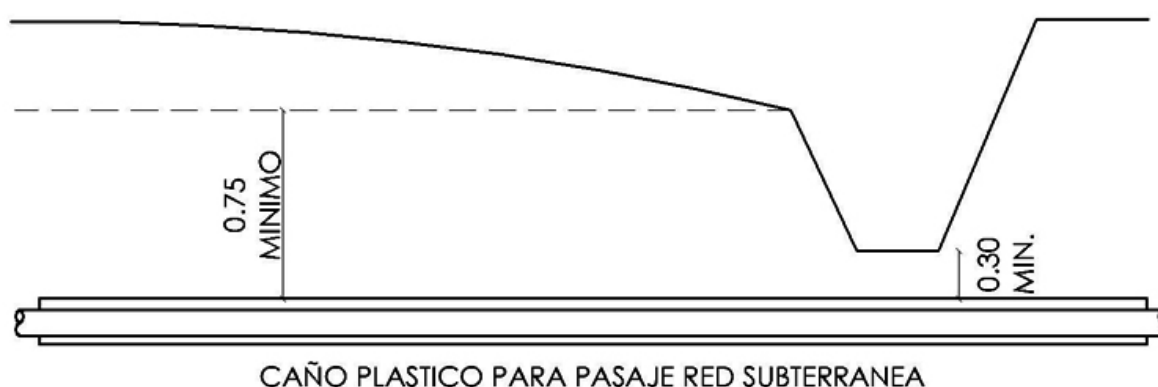
#### **4.2.3.- CABLES SUBTERRÁNEOS BT Y MT**

En todos los casos de tendidos y cruces, se requiere obtener los permisos correspondientes de las Intendencias, Vialidad o AFE según corresponda.

##### **4.2.3.1.- CRUCES, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS**

A continuación se fijan, para cada uno de los casos que se indican, las condiciones a que deben responder los cruces de conductores subterráneos.

##### **4.2.3.1.1.- CRUCES CON CALLES Y CARRETERAS**



Los conductores se deben colocar en ductos a una profundidad mínima de 0,30 metros por debajo del nivel inferior de la cuneta y 0,75 m por debajo del nivel superior del pavimento.

##### **4.2.3.1.2.- CRUCE BAJO AGUAS PERMANENTES**

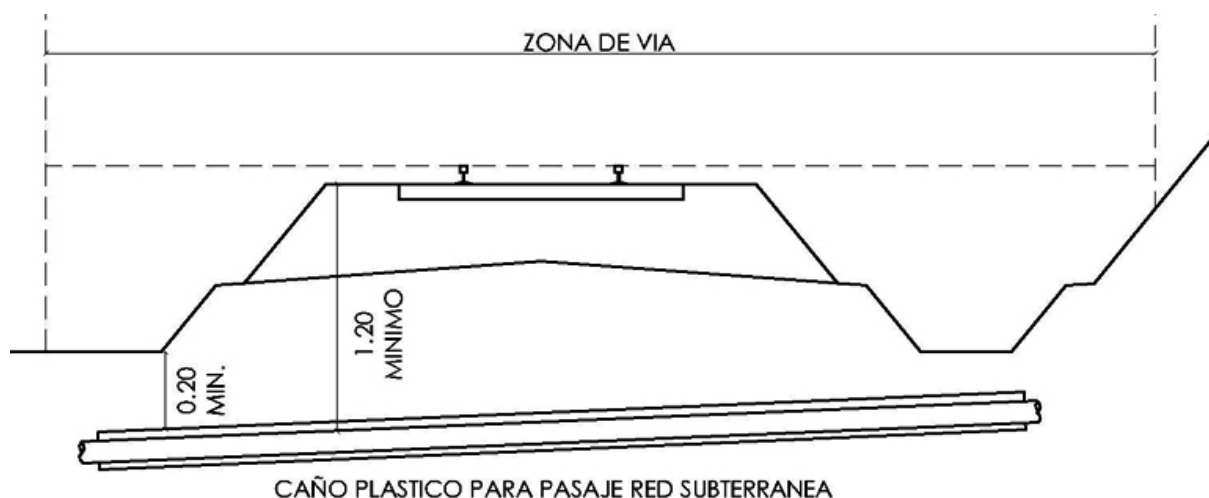
Los conductores se deben colocar en el fondo del lecho, debiendo emplearse conductores especiales aptos para funcionar permanentemente bajo agua y dispuestos de forma que no perturben la circulación de las embarcaciones ni pongan en peligro la seguridad de las personas que las utilicen o transiten por las márgenes.

##### **4.2.3.1.3.- CRUCES BAJO AGUAS CIRCUNSTANCIALES**

Se debe seguir lo indicado para calles y carreteras, aumentando la profundidad a 1 metro.

##### **4.2.3.1.4.- CRUCES CON FERROCARRILES**





Los cruces se deben efectuar en ductos a una profundidad mínima de 1,20 metros con respecto a la cara superior de los rieles y, siempre que sea posible, normalmente a la vía. Adicionalmente se debe mantener una profundidad mínima de 20 centímetros del fondo de las cunetas contiguas. Cuando no sea posible cruzar en forma normal al eje de la vía, el ángulo entre éste y el cable no debe superar los 45°.

#### **4.2.3.1.5.- CRUCES Y PARALELISMOS CON OTROS SERVICIOS (TELECOMUNICACIONES, AGUA, GAS)**

Los conductores se deben instalar directamente en zanja, a una distancia mínima de 0,20 metros de los otros servicios. En caso de que esta distancia no pueda respetarse, los conductores deben ir separados del otro servicio mediante conductos o divisorias, constituidos por materiales incombustibles y con resistencia mecánica (ladrillo o placas de hormigón).

#### **4.2.4.- ESTACIONES Y SUBESTACIONES**

##### **4.2.4.1.- ACCESIBILIDAD**

Las instalaciones eléctricas de interior deben permitir el acceso en todo momento desde la vía pública del personal de UTE en forma inmediata y directa, sin mediar autorizaciones previas e impedir el acceso en todo momento de las personas ajenas al servicio, mediante los cerramientos que correspondan.

##### **4.2.4.2.- PASILLOS Y PUERTAS (estaciones y subestaciones interiores)**

Todos los lugares de paso, tales como salas, pasillos, escaleras, rampas, salidas, etc, deben estar correctamente señalizados y estar dispuestos de forma que su tránsito sea cómodo y seguro y no se vea impedido por la apertura de puertas o ventanas o por la presencia de objetos que puedan suponer riesgos o que dificulten la salida en casos de emergencia.

Los recintos donde existan instalaciones de MT deben disponer de puertas o salidas, de tal forma que su acceso sea lo más corto y directo posible. Si los pasillos de operación no

exceden los 10 m una salida es suficiente. En caso contrario se requieren salidas hacia ambos extremos. Para salidas de emergencia se admite el uso de escaleras, u otros sistemas similares de tipo fijo. Las dimensiones mínimas de la salida son de 0.75 x 2 m y la puerta debe contar con un mecanismo de apertura fácil desde el interior.

Las puertas de acceso al recinto en que estén situados los equipos de MT y se usen para el paso del personal de servicio, deben ser en general abatibles y abrir siempre hacia el exterior del recinto.

Cuando estas puertas abran sobre la vía pública, deben poder abatirse sobre el muro exterior de fachadas. Se admite el empleo en tales recintos, de otro tipo de puertas, siempre que puedan quedar abiertas mientras exista en el interior personal de servicio.

El acceso a los locales subterráneos con uso frecuente, debe disponer de un acceso de entrada a través de una escalera de peldaños normales con el pasamanos correspondiente, y protecciones adecuadas en proximidad a equipos bajo tensión.

Cuando los accesos existentes en el pavimento, destinados a escaleras, pozos o similares estén abiertos, deben disponerse protecciones señalizadas para evitar accidentes.

Cuando existan puertas destinadas al paso de equipos de grandes dimensiones, se debe disponer de otra para la entrada y salida del personal, que puede formar parte de aquella.

El acceso a los equipos debe ser tal que permita colocarlos y retirarlos con facilidad, exigiéndose la existencia de dispositivos instalados que, en el caso de equipos pesados, permita su desplazamiento para su revisión, reparación o sustitución.

Deben tomarse en cuenta los espacios para escape de gases y en caso que sea necesario dirigirlos hacia el exterior.

#### **4.2.4.3.- PASILLOS DE SERVICIO**

El ancho de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la maniobra e inspección segura de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los equipos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

El ancho libre mínimo no debe ser inferior a 80cm. La medida se debe tomar entre las proyecciones horizontales de los elementos mas salientes (mandos o disyuntores en posición de prueba).

No deben existir elementos en tensión no aislados sobre los pasillos o zonas de circulación.

**4.2.4.4.- ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ACCIDENTALES EN ESTACIONES Y SUBESTACIONES**

Las dimensiones de la zona de protección deben estar de acuerdo con lo establecido en los apartados 7.2 y 7.3 de la norma IEC 61936-1.

Para el caso de subestaciones debe protegerse el transformador mediante una reja, barrera o similar que impida el contacto accidental de las personas que circulen por el pasillo. La distancia mínima de ésta al transformador debe ser 30 cm para tensiones de hasta 22 kV.

**4.2.5.- SUBESTACIONES AÉREAS****4.2.5.1.- ACCESIBILIDAD**

Las subestaciones aéreas deben ser siempre accesibles desde la vía pública o acceso vehicular para el personal de servicio transportando el equipo necesario para la operación y/o mantenimiento de las mismas. Para ello, deben realizarse las obras civiles necesarias.

Además deben contar a nivel de piso, para cada apoya-escalera, con una plataforma horizontal que asegure el correcto apoyo de la escalera.

**4.2.5.2.- DISTANCIAS DE SEGURIDAD**

Las subestaciones aéreas deben cumplir con las distancias de seguridad de las LAMT (puntos 4.2.2.2 y 4.2.2.4 de la presente norma).

### **4.3.- DISEÑO MECANICO Y CONSTRUCTIVO**

Este punto establece:

- las condiciones de diseño de las estructuras de sostén de las instalaciones eléctricas aéreas en cuanto a esfuerzos mecánicos producidos por viento, temperatura y cargas permanentes.
- las condiciones constructivas edilicias de las instalaciones eléctricas de DIS.
- características especiales de equipos y accesorios.
- Condiciones especiales a cumplir en zonas con polución ambiental.

#### **4.3.1.- LINEAS BT**

##### **4.3.1.1.- ESFUERZOS A CONSIDERAR EN EL CALCULO**

El calculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea cualquiera que sea la naturaleza de estos, se deben efectuar bajo la acción de las cargas y sobrecargas que a continuación se indican, combinadas en la forma y las condiciones que se fijan en los apartados siguientes:

Cargas permanentes se consideran las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, soportes y apoyos.

Sobrecarga accidental se considera la sobrecarga siguiente debida a la presión del viento:

- Sobre superficies planas: 65 daN/m<sup>2</sup>
- Sobre superficies cilíndricas de apoyo y conductores: 50 daN/m<sup>2</sup>

##### **4.3.1.2.- CONDUCTORES**

La tracción máxima sobre los mismos no debe ser superior a 1/3 de su carga de rotura, considerándolos sometidos a la hipótesis más desfavorable de las siguientes:

- a) Acción de su propio peso y a la sobrecarga de viento, a 10 °C de temperatura.
- b) Acción de su propio peso, sin sobrecarga de viento, a -10 °C de temperatura.

La flecha no debe superar la que provoque distancias al suelo inferior a las indicadas en los apartados 4.1.2, 4.1.8 y 4.1.9 (del presente documento) considerando los conductores sometidos a la acción de su propio peso, sin sobrecarga de viento, a 55°C de temperatura

##### **4.3.1.3.- APOYOS**

Para el cálculo mecánico de los apoyos se debe tener en cuenta la hipótesis más severa de las indicadas a continuación, según el tipo de apoyo, sumadas al peso y a la acción del viento sobre el propio apoyo y accesorios, cuando corresponda.

**Suspensión:**

Viento sobre los conductores a + 10°C

**Angulo, terminal, derivación y especiales:**

- a) Resultante de las tracciones a +10°C más la acción del viento.
- c) Resultante de las tracciones a -10°C, sin viento.

**4.3.1.4.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD**

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

Permanentes: todas las originadas por el peso propio de los elementos

Accidentales: todas las originadas por el viento

Elementos de hormigón armado: no debe ser inferior a 1,8 para hipótesis permanentes y 1,65 para hipótesis accidentales.

Elementos de madera: no debe ser inferior a 3 para las hipótesis permanentes y 2,5 para cargas accidentales.

Riendas: Los cables o varillas utilizados en las riendas, deben tener un coeficiente de seguridad a la rotura no menor a 1,75 para las hipótesis permanentes y accidentales.

**4.3.1.5.- CONDUCTOR NEUTRO****4.3.1.5.1.- SECCION MINIMA**

El conductor neutro debe tener, como mínimo, la sección que a continuación se especifica:

- a) Con conductores monofásicos (dos hilos): igual a la sección de fase
- b) Con conductores trifásicos (tres fases y neutro): la mitad de la sección con un mínimo de 16 mm<sup>2</sup>.

**4.3.1.5.2.- CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO**

La continuidad del conductor neutro debe quedar asegurada contra maniobras accidentales.

La interrupción sólo puede ser realizada por uniones removibles en el neutro de los equipos de protección de baja tensión, y solo pueden ser maniobradas mediante herramientas adecuadas.

**4.3.1.5.3.- PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO**

En todos los casos los dos metros inferiores de los conductores de puesta a tierra deben estar protegidos. Sobre todo en las zonas pobladas, e independientemente del tipo de postación (poste de madera o columna de hormigón).

**4.3.1.6.- INSTALACION DE RIENDA**

El empleo de riendas como complemento de resistencia de los apoyos, debe ser reservado para los casos en que los esfuerzos actuantes conduzcan a un aumento de esfuerzos sobre apoyos ya instalados. Cuando los anclajes se realicen en el suelo o a baja altura, se debe destacar su presencia hasta una altura de 2 metros del mismo.

Cuando las riendas crucen por debajo de una línea de MT, el vano de ésta debe cumplir las condiciones impuestas para su cruce con una línea

**4.3.2.- LINEAS AEREAS MT****4.3.2.1.- AISLADORES**

No se deben emplear aisladores rígidos de perno.

No se deben emplear aisladores de vidrio en zonas con vandalismo.

**4.3.2.2.- CONEXIONES Y EMPALMES DE LINEAS DE MT**

En el caso de las conexiones que actúan como uniones de conductores, deben ser siempre realizada en el puente entre cadenas horizontales de un apoyo.

En el caso de conexiones para derivación, el conductor derivado debe estar sometido a tensión mecánica reducida.

Las conexiones entre conductores de cobre y aluminio o acero deben ser del tipo bimetálico.

No se debe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor en línea nueva. Por reparación en línea existente se admiten hasta dos.

**4.3.2.3.- HILO DE GUARDIA**

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

Los hilos de guardia deben ser conectados directamente a las crucetas metálicas. En el caso de no existir crucetas metálicas (vínculos de hormigón) la conexión se debe realizar en la fijación de los aisladores.

Los hilos de guardia deben estar conectado directamente a la puesta a tierra de cada apoyo.

**4.3.2.4.- FIJACIÓN DEL CONDUCTOR**

Para los amarres de líneas de distribución se usan retenciones preformadas, para los amarres de las líneas de subtransmisión se usan grapas de amarre abulonadas.

**4.3.2.5.- APOYOS****4.3.2.5.1.- CLASIFICACION SEGÚN FUNCION**

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

**Apoyo de suspensión**

**Apoyo de ángulo**

**Apoyo terminal.**

**Apoyo amarre**

**Falso Amarre**

#### **4.3.2.5.2.- MATERIALES CONSTRUCTIVOS**

Los apoyos en general pueden ser de madera, metálicos o de hormigón. En el caso particular de cruces de rutas nacionales y vías férreas deben ser de hormigón o metálicos, según punto 4.2.2.3.1 del presente documento

#### **4.3.2.5.3.- ARRIOSTRAMIENTO**

Para aumentar la capacidad portante de un apoyo simple se pueden usar arriostramientos tales como riendas o puntales, entendiéndose por rienda un elemento o conjunto que trabaja solamente a tracción, y por puntal un elemento que trabaja solamente a compresión.

Los arriostramientos se deben fijar sobre los apoyos en el punto más próximo posible al de aplicación de la resultante de los esfuerzos actuantes sobre el mismo.

#### **4.3.2.5.4.- RIENDAS**

La rienda debe soportar el esfuerzo al cual la somete la línea con un coeficiente de seguridad mayor o igual a 1,75.

La rienda debe estar provista de aisladores.

Estos aisladores deben estar a una distancia mínima de  $U/75$  metros del conductor más próximo, estando éste en la posición que proporcione la distancia mínima al aislador, siendo  $U$  la tensión nominal en kV de dicho conductor más próximo. Los aisladores no se deben situar a una distancia inferior a 3 metros del suelo.

Las riendas deben estar convenientemente señalizadas hasta una altura de 2 metros del terreno.

#### **4.3.2.5.5.- CONEXIÓN DE LOS APOYOS A TIERRA**

En todos los casos los dos metros inferiores de los conductores de puesta a tierra deben estar protegidos. Sobre todo en las zonas pobladas, e independientemente del tipo de postación.

Los conductores de conexión a tierra se protegen contra daños mecánicos en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno. En este sentido, cuando en el apoyo exista macizo de hormigón, el conductor no debe tenderse por encima de él, sino atravesarlo.

#### **4.3.2.5.6.- SEÑALIZACIÓN**

La señalización se debe ajustar a los establecido en la norma N.MA.01.28 vigente.

#### **4.3.2.6.- CARGAS Y SOBRECARGAS A CONSIDERAR**

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea, cualquiera que sea la naturaleza de éstos, se efectúa bajo la acción de cargas y sobrecargas que a continuación

se indican, combinadas en la forma y en las condiciones que se fijen en los apartados siguientes.

#### **4.3.2.6.1.- CARGAS PERMANENTES**

Se consideran las cargas verticales debidas al peso propio de los distintos elementos: conductores, aisladores, herrajes, hilos de guardia si los hubiere, apoyos y fundaciones.

#### **4.3.2.6.2.- PRESIONES DEBIDAS AL VIENTO**

Se toma como base la norma UNIT 50 - 84 con una velocidad del viento de 135km/h, rugosidad tipo 1 y factor de seguridad correspondiente a construcciones del tipo C.

Rugosidad tipo 1-Terreno abierto y a nivel sin obstrucciones. Superficies de agua y faja costera en un ancho de 1km, aeropuertos, granjas extensas sin cercos.

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

- Sobre conductores y hilos de guardia  $80 \text{ daN/m}^2$
- Sobre superficies planas  $100 \text{ daN/m}^2$
- Sobre superficies cilíndricas de los apoyos,  
como postes de madera, hormigón, tubos, etc.  $80 \text{ daN/m}^2$
- Sobre estructuras de celosía se debe tener en cuenta lo especificado en la referida Norma ( UNIT 50 – 84).

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

No se debe tener en cuenta el efecto de pantalla entre conductores ni aún en el caso de haces de conductores de fase.

#### **4.3.2.6.3.- DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES**

##### **4.3.2.6.3.1.- DESEQUILIBRIO EN APOYOS DE ALINEACIÓN, ANGULO Y FALSOS AMARRES**

Se considera un esfuerzo longitudinal equivalente al 8 por 100 de las tracciones unilaterales de todos los conductores e hilos de guardia. Este esfuerzo se considera distribuido en el eje del apoyo a la altura de los puntos de fijación de los conductores e hilos de guardia.

En el caso de realizarse el estudio analítico completo de los posibles desequilibrios de las tensiones de los conductores, se puede sustituirse el anterior valor por los valores resultantes del análisis.

##### **4.3.2.6.3.2.- DESEQUILIBRIO EN APOYOS DE AMARRE**

Se considera, por este concepto, un esfuerzo equivalente al 50 por 100 de las tracciones máximas (provenientes de los distintos estados de carga) de todos los conductores e hilos de guardia aplicados unilateralmente en el apoyo.



Este esfuerzo se considera distribuido en el eje del apoyo en forma análoga a la indicada en el punto anterior.

En el caso de realizarse el estudio analítico completo de los posibles desequilibrios de las tensiones de los conductores, puede sustituirse el anterior valor por los valores resultantes del análisis.

#### **4.3.2.6.3.3.- TIRO EN TERMINALES**

Se considera por el mismo concepto un esfuerzo igual al 100 por 100 de las tracciones máximas (provenientes de los distintos estados de carga) de los conductores e hilos de guardia, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o hilo de guardia al apoyo.

#### **4.3.2.6.4.- ESFUERZOS LONGITUDINALES POR ROTURA DE CONDUCTORES**

##### **4.3.2.6.4.1.- EN APOYOS DE AMARRE**

En amarres se considera el esfuerzo correspondiente a la rotura de un hilo de guardia o de un conductor sin reducción alguna de su tensión. Se debe considerar la rotura del que genere mayores solicitaciones en el apoyo.

##### **4.3.2.6.4.2.- ESFUERZOS RESULTANTES DE ANGULO**

En los apoyos de ángulo se debe tener, además, en cuenta el esfuerzo resultante de ángulos de las tracciones de los conductores e hilos de guardia.

##### **4.3.2.6.5.- HIPOTESIS DE CALCULO**

Las diferentes hipótesis que se deben tener en cuenta en el cálculo de los apoyos, son las que se especifican en el cuadro adjunto, según el tipo de apoyo.

<b>Tipo de apoyo</b>	<b>1ª Hipótesis viento</b>	<b>2ª Hipótesis temperatura mínima</b>	<b>3ª Hipótesis Deseq. de tracción</b>	<b>4ª Hipótesis Rotura conductores</b>
Suspensión y falso amarre	Cargas perman. Viento máximo a + 10°C	Cargas perman. a -10°C	Cargas perman. Deseq. trac. a + 10°C	Cargas perman. Rotura cond. a + 10°C
Suspensión en vértice	Cargas perman. Resul. Ángulo Viento máximo a + 10°C	Cargas perman. Resul. Ángulo a -10°C	Cargas perman. Resul. ángulo Deseq. trac. a + 10°C	Cargas perman. Resul. ángulo Rotura cond. a + 10°C
Retención	Cargas perman. Resul. Ángulo Viento máximo a + 10°C	Cargas perman. Resul. Ángulo a -10°C	Cargas perman. Resul. ángulo Deseq. trac. a + 10°C	Cargas perman. Resul. ángulo Rotura cond. a + 10°C

Terminales	Cargas perman. Viento máximo a + 10°C	Cargas perman. a -10°C	-----	Cargas perman. a + 10°C
------------	---	---------------------------	-------	----------------------------

En el caso de los apoyos especiales se consideran las distintas solicitaciones que pueden corresponderles de acuerdo con su función.

En los apoyos de suspensión (alineación y ángulo), y falsos amarres se puede prescindir de la consideración de la tercera hipótesis, cuando en la línea se verifique que existen apoyos de anclaje cada 3 km como máximo.

#### **4.3.2.6.6.- COEFICIENTES DE SEGURIDAD**

Los coeficientes de seguridad de los apoyos son diferentes según el carácter de los estados de carga de cálculo. En éste sentido, las cargas posibles se clasifican de la siguiente forma:

**Cargas Permanentes:** todas las originadas por el peso propio de los elementos y el desequilibrio.

**Sobrecargas Accidentales:** todas las originadas por el viento y rotura de conductores.

**Elementos metálicos:** El coeficiente de seguridad respecto al límite de fluencia, no debe ser inferior a 1,8 para los estados de cargas permanentes y 25% menos para los estados que incluyan cargas permanentes y sobrecargas accidentales..

**Elementos de hormigón armado:** El coeficiente de seguridad a la rotura de los apoyos y elementos de hormigón armado, no debe ser inferior a 1,8 para los estados de cargas permanentes y 1,65 para los estados que incluyan cargas permanentes y sobrecargas accidentales.

**Elementos de madera:** Los coeficientes de seguridad a la rotura no deben ser inferior a 3 para los estados de cargas permanentes y de 2,5 para los estados que incluyan cargas permanentes y sobrecargas accidentales..

**Riendas:** Los cables o varillas utilizados en las riendas, deben tener un coeficiente de seguridad a la rotura no menor a 1.75 para todos los estados de carga posibles.

#### **4.3.2.7.- CONDUCTORES**

##### **4.3.2.7.1.- TRACCION MAXIMA ADMISIBLE**

Se calcula de acuerdo a las siguientes hipótesis:

a) Hipótesis de viento máximo a +10 °C.

La tensión calculada debe ser menor o igual al 33% de la carga de rotura del conductor o hilo de guardia.

Para el caso de líneas en postación de madera, la carga máxima de servicio puede ser hasta el 45% de la rotura del conductor.

b) Hipótesis de temperatura mínima a -10 °C, sin viento.

La tensión calculada debe ser menor o igual al 33% de la carga de rotura del conductor o cable de guardia.

Para el caso de líneas en postación de madera, la carga máxima de servicio puede ser el 45% de la rotura del conductor.

c) Hipótesis de fatiga (every day stress).

A 15 °C, sin viento, la tensión calculada, en porcentaje de carga de rotura, debe ser menor o igual a la que figura en el cuadro siguiente según el tipo de conductor:

Tipo de conductor	Tipo de fijación	
	Grapa oscilante	Soporte rígido
	con varillas protecc	
Cobre	-	-
Aluminio-Acero	20	11
Aleación Aluminio	17	11
Acero	-	11

Para el caso de líneas en postación de madera con aislación rígida, se puede aumentar los límites de tensión mecánica para la hipótesis de fatiga (en porcentaje de la rotura del conductor) para conductores aluminio-acero y de aleación de aluminio a 18 y 17 respectivamente.

Para el cálculo de los conductores e hilo de guardia se toma como tensión máxima admisible aquella que cumpla simultáneamente con las hipótesis anteriores.

#### **4.3.2.7.2.- COMPROBACION DE FENOMENOS VIBRATORIOS**

En líneas de 30 y 60 kV se aconseja luego de tendido el primer cantón medir las vibraciones de los conductores y el hilo de guardia a efectos de colocar o no antivibradores.

#### **4.3.2.7.3.- FLECHAS MAXIMAS DE LOS CONDUCTORES E HILOS DE GUARDIA**

Para el cálculo del gálibo admisible se toma la flecha a la temperatura máxima de diseño del conductor, sin viento.

La temperatura mínima a considerar para el cálculo de flechas en el conductor es de 55°C, salvo el caso de líneas de ER que es de 50°C.

#### **4.3.2.7.4.- FLECHA DEL HILO DE GUARDIA**

Debe verificarse que la flecha del hilo de guardia a -10 °C sin viento es menor o igual que la de los conductores de la línea.

#### **4.3.2.8.- FUNDACIONES**

##### **4.3.2.8.1.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL VUELCO**

En las fundaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones del terreno, se debe comprobar el coeficiente de seguridad al vuelco, que es la relación entre el momento estabilizador mínimo (debido a los pesos propios, así como a las

reacciones y empuje del terreno), respecto a la arista mas cargada de la fundación, y el momento volcador máximo motivado por las acciones externas.

El coeficiente de seguridad no debe ser inferior a 1,5 salvo que de acuerdo a la relación entre el momento estabilizador debido a la acción lateral del terreno y el debido a las cargas verticales pueda éste reducirse según el Método de Sulzberger.

#### **4.3.2.8.2.- ANGULO DE GIRO DE LAS FUNDACIONES**

En las fundaciones de apoyos cuya estabilidad esté fundamentalmente confiada a las reacciones horizontales del terreno, no se admite un ángulo de giro de la fundación cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones volcadoras máximas con las reacciones del terreno.

#### **4.3.2.8.3.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO**

En el caso de no disponer de dichas características, se puede utilizar los valores que se indican en el cuadro que sigue:

- **Tabla de terrenos para cada coeficiente de compresibilidad**

Tipos de terreno	$C_t$
Terrenos de relleno Arcillosos fluidas Anegados y pantanosos	2
Arcillosos duros y semiduros Arenosos Arcillo-arenosos	6
Terrenos que no permiten excavación manual	16

#### **4.3.2.8.4.- POSIBILIDAD DE APLICACION DE OTROS VALORES**

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

#### **4.3.3.- CABLE SUBTERRÁNEO**

##### **4.3.3.1.- INSTALACION DE LOS CONDUCTORES**

Los conductores se deben instalar en el fondo de zanjas. Se deben cubrir de arena e instalar de forma que no pueda perjudicarlos la presión o asientos del terreno. Sobre la arena se debe colocar una cobertura de aviso y protección contra los golpes de pico; constituida por ladrillos, piezas cerámicas, placas de hormigón u otros materiales

adecuados. Pueden instalarse también en el interior de ductos. En este caso sólo deben disponerse un cable (o conjunto de conductores unipolares que constituyan un sistema) por ducto, esto implica que no se admite más de una terna (o cuaterna) por ducto.

La profundidad mínima de la zanja en cuyo fondo se instalan los conductores directamente enterrados o dispuestos en ductos debe ser de 0,65 m hasta 22 kV y 0,95m para 30kV, salvo en los casos de presencia de obstáculos que justifiquen una distancia menor y lo dispuesto en el Apartado 4.2.3.1 del presente documento para los cruces y paralelismos.

Los cables se instalan siempre que sea posible por orden de tensión creciente desde la línea de propiedad hacia la calzada.

#### **4.3.3.2.- CONDUCTOR NEUTRO DE BT**

Aplica lo indicado en el punto 4.3.1.5

El conductor neutro en tendidos trifásicos (tres fases y neutro) debe ser como mínimo la mitad de la sección de fase, debiendo ser mayor o igual a 16 mm<sup>2</sup>.

#### **4.3.3.3.- PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO**

Aplica lo indicado en 4.1.3.1.

#### **4.3.3.4.- CONTINUIDAD DEL NEUTRO**

Aplica lo indicado en 4.3.1.5.2 y 4.3.1.5.3

### **4.3.4.- ESTACIONES Y SUBESTACIONES INTERIORES**

#### **4.3.4.1.- UBICACIÓN**

Pueden estar situadas en :

a. Aislados

Edificios destinados a alojar en su interior estas instalaciones e independiente de cualquier local o edificio destinado a otros usos. Pueden ser hecho en sitio o prefabricados (PUCT)

Estos edificios pueden tener paredes colindantes con edificios, locales o recintos destinados a almacenes, talleres, servicios, oficinas, etc. , afectadas al servicio de la instalación, o a viviendas del personal de servicio si lo hubiese. En estos casos, el local destinado a albergar la instalación eléctrica, debe tener entradas para el personal y equipos, independientes de las de otros locales y sin comunicación interna con ellos.

b. Integrados

Locales o recintos destinados a alojar en su interior estas instalaciones, situados en el interior de edificios destinados a otros usos. Pueden ubicarse en Planta Baja o a nivel del Primer Subsuelo como máximo.

c. Locales Subterráneos.

Deben estar ubicados por debajo del nivel 0 del terreno. Pueden ser aislados o integrados a otro edificio.

d. Distribuidas

Estaciones o subestaciones en las cuales el/los transformador/es, los TMT y el/los tablero/s de BT están distribuidos en mas de un local.

#### **4.3.4.2.- CANALIZACIONES**

Los conductores de energía eléctrica en el interior del recinto de la instalación se dividen en canalizaciones de baja tensión y de alta tensión.

Se debe tener en cuenta, en la disposición de las canalizaciones, el peligro de incendio, su propagación y consecuencias, para lo cual se debe procurar reducir al mínimo sus riesgos adoptando las medidas que a continuación se indican:

- Las conducciones o canalizaciones no deben disponerse sobre materiales combustibles no auto-extinguibles, ni se encontrarse cubiertos por ellos.
- Los cables auxiliares de medida, mando, etc, se deben mantener siempre que sea posible, separados de los cables con tensiones de servicio superiores a 1 kV o deben estar protegidos mediante tabiques de separación o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.
- El piso de las salas de cables, canales, zanjas y tuberías para alojar conductores deben tener una inclinación mínima de 2% hacia los pozos de recogida de aguas, o bien deben estar provistas de tubos de drenaje.
- Se debe evitar la entrada o filtración de agua desde el subsuelo y sellar la entrada y salida de cables.

##### **4.3.4.2.1.- CANALIZACIONES CON CONDUCTORES AISLADOS**

En el diseño de estas canalizaciones debe tenerse presente lo siguiente:

- Protección contra acciones de tipo mecánico (golpes, roedores y otras).
- Radios de curvatura admisibles por los conductores.
- Propagación de fuego.
- Desagües

##### **4.3.4.2.2.- INSTALACIÓN DE CABLES**

Los cables aislados pueden ser de aislamiento seco termoplástico o termoestable. La instalación de estos cables aislados puede ser:

- En canales revisables con un sistema de evacuación de agua. Este tipo de canalizaciones no puede usarse en las zonas de libre acceso al público.
- En bandejas, soportes o directamente sujetos a la pared, adoptando las protecciones mecánicas y eléctricas adecuadas cuando discurren por zonas accesibles a personas o vehículos.

##### **4.3.4.2.3.- INSTALACIONES SANITARIAS Y ALMACENAMIENTO DE AGUA**

Las cañerías y depósitos de almacenamiento de agua se deben instalar suficientemente alejados de los elementos en tensión y de tal forma que su rotura no pueda provocar averías en las instalaciones eléctricas. A estos efectos, se recomienda disponer las cañerías de

agua en un plano inferior a las canalizaciones de energía eléctrica, especialmente cuando éstas sean de conductores desnudos sobre aisladores.

Queda prohibida la instalación de cañerías y/o desagües de agua, calefacción, vapor y de cualquier otro servicio que no sean propios del local en el interior del recinto de las estaciones y subestaciones.

Tampoco pueden estar contenidas en paredes, pisos o techo ningún tipo de cañería . ducto o desagüe de instalaciones ajenas al local.

En el caso de que existan baños o cocinas sobre el local de la estación o subestación el techo de la misma debe ser impermeabilizado antes de la colocación del contrapiso que contenga los caños y desagües correspondientes.

#### **4.3.4.2.3.1.- LOCAL SUBTERRANEO**

Todas las estaciones y subestaciones subterráneas que se construyan tanto aisladas como integradas deben contar con instalación sanitaria de desagüe.

En el caso de las aisladas la cota de zameado debe ser siempre inferior al nivel de fondo del canal más profundo, se debe realizar una cámara de desagüe y su correspondiente conexión al colector.

#### **4.3.4.2.3.2.- LOCAL INTEGRADO**

Cuando el desagüe se realice en forma natural al colector, se debe prever una cámara que se debe integrar a la instalación sanitaria del resto del edificio.

Cuando el desagüe al colector no pueda realizarse en forma natural, se debe colocar una cámara de desagüe y bomba de succión integrándose también a la instalación sanitaria del resto del edificio.

La bomba se instala fuera del recinto de la subestación, aunque su uso sea o no exclusivo de ésta y debe ser responsabilidad del edificio su buen funcionamiento y mantenimiento.

Todos los canales deben tener pendiente hacia la cámara de desagüe y se deben conectar mediante caño de diámetro 63 mm mínimo.

#### **4.3.4.3.- VENTILACIÓN**

Para conseguir una buena ventilación en las celdas, locales de los transformadores, etc, con el fin de evitar calentamientos excesivos, se debe disponer entradas de aire adecuadas por la parte inferior y salidas situadas en la parte superior, en el caso en que se emplee ventilación natural.

La ventilación puede ser forzada, en cuyo caso la disposición de los conductos debe ser la mas conveniente según el diseño de la instalación eléctrica, y disponer de dispositivos de parada automática para su actuación en caso de incendio.

Los huecos destinados a la ventilación deben estar protegidos de forma tal que impidan el paso de pequeños animales, cuando su presencia pueda ser causa de averías o accidentes y estar dispuestos o protegidos de forma que en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. Deben tener la forma adecuada o disponer de las protecciones precisas para impedir la entrada del agua.



En las Estaciones o Subestaciones situadas en edificios de uso no exclusivo para instalaciones eléctricas, el conducto de ventilación debe tener su boca de salida de forma que el aire expulsado no moleste a los demás usuarios del edificio, empleando, si fuera preciso, ventilación forzada.

Aquellos locales de estación o subestación que no tengan transformador en su interior, así como los puestos de conexión, pueden prescindir de la ventilación.

#### **4.3.4.4.- PASO DE LÍNEAS Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS A TRAVÉS DE PAREDES, MUROS Y TABIQUES DE CONSTRUCCIÓN**

Las entradas de las líneas eléctricas aéreas al interior de los edificios que alojan las instalaciones eléctricas de interior se debe realizar a través de conductores aislados.

#### **4.3.4.5.- SEÑALIZACIÓN**

Toda la instalación eléctrica debe estar correctamente señalizada y deben disponerse las advertencias e instrucciones necesarias de modo que se impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con los elementos en tensión, o cualquier otro tipo de accidente.

La señalización debe cumplir con la Norma NO DIS MA.01.28.

#### **4.3.4.6.- SISTEMAS CONTRA INCENDIOS**

Deben tenerse en cuenta las disposiciones municipales y de la Dirección Nacional de Bomberos vigentes.

Alrededor de los transformadores se deben prever las pantallas cortafuego o las distancias necesarias de cuerdo a lo previsto en el apartado 8.6.2 de la IEC 61936-1.

En estaciones telecontroladas se deben colocar sensores que detecten el inicio de incendios y den alarma al sistema de telecontrol.

#### **4.3.4.7.- ALUMBRADOS ESPECIALES DE EMERGENCIA PARA ESTACIONES**

Dentro de los locales de estación se debe contar con luz de emergencia alimentada desde el banco de baterías.

### **4.3.5.- ESTACIONES Y SUBESTACIONES INTEMPERIE**

#### **4.3.5.1.- DISPOSICION DE LAS INSTALACIONES**

Las instalaciones eléctricas de intemperie pueden ir dispuestas:

- a- En espacios convenientemente cercados en su totalidad.
- b- Sobre columnas, en terrenos sin cercar cuando se trate de instalaciones de MT/BT.
- c- En zonas sin cercar cuando se trate de subestaciones bajo envoltentes de hormigón, de materiales aislantes o de cubierta metálica destinadas a subestaciones, puestos de conexión, estaciones de maniobra, instalaciones de medida o similares.

#### **4.3.5.2.- CONDICIONES GENERALES.**

##### **1- Cercado**

Todo el recinto destinado a instalaciones señaladas en el apartado a) del punto anterior, debe estar protegido por una cerca, enrejado o alambrado olímpico de una altura mínima de



2 m medida desde el exterior, provista de señales de advertencia de peligro por alta tensión en cada una de sus orientaciones con objeto de advertir sobre el peligro de acceso al recinto a las personas ajenas al servicio.

## **2- Terreno**

El terreno debe ser nivelado en uno o varios planos, debiendo protegerse para evitar la emanación de polvo, pudiendo utilizar para ello los medios que se consideran convenientes: suelo de grava, de césped, asfáltico y otros análogos.

Deben tomarse precauciones para evitar acumulaciones de agua en la superficie del terreno, dando pendientes al mismo o estableciendo un sistema de drenaje adecuado.

Igualmente se deben tomar disposiciones de drenaje en el caso de emplear fosas de recogida de aceite, así como para los canales y conductos de cables, tanto de potencia como de mando, señalización o control, telefónicos u otros.

## **3- Efecto del viento sobre las estructuras**

Los efectos del viento se deben tener en cuenta, tanto por lo que se refiere a los esfuerzos que provoquen sobre los elementos de las instalaciones, como por las vibraciones que en algunos elementos pudieran producirse así como por la dificultad de sus maniobras.

Los esfuerzos correspondientes se calculan tomando como base lo que a estos efectos señala el presente documento.

## **4- Protecciones contra la corrosión**

Se deben tomar medidas contra la corrosión que pueda afectar a los elementos metálicos por su exposición a la intemperie, debiendo utilizarse protecciones adecuadas, tales como galvanizado, pintura y otros recubrimientos.

## **5- Protección contra la descarga directa de rayos y sobretensiones inducidas por éstos**

En general, las instalaciones situadas al exterior deben estar protegidas contra los efectos de las posibles descargas de rayos directamente sobre las mismas o en sus proximidades. Para esta protección se emplean conductores de guardia situados por encima de las instalaciones debidamente distribuidos en función de sus características.

### **4.3.5.3.- INSTALACIONES SOBRE APOYOS**

#### **4.3.5.3.1.- APOYOS.**

Los apoyos pueden ser metálicos, de hormigón armado, de madera o mixtos de estos materiales.

Los apoyos deben ser calculados teniendo en cuenta los pesos de los equipos instalados, además de lo prescrito en el presente documento para LAMT.

#### **4.3.5.3.2.- DISPOSICIONES GENERALES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN.**

La altura y disposición de los apoyos deben ser tales que las partes que en servicio se encuentren bajo tensión y no estén protegidas contra contactos accidentales se sitúen como mínimo a 4,3 metros de altura sobre el suelo. La parte inferior de las masas del equipo (cuba de transformador, interruptor, condensadores, etc) debe estar situada respecto al suelo a una altura no inferior a 3 metros. En los casos en que no se cumplieren estas alturas es necesario establecer un cierre de protección de acuerdo con lo prescrito en esta Norma de Diseño.

Los dispositivos para la maniobra en la alimentación de las subestaciones sobre columnas, se deben situar en el propio apoyo o bien en un apoyo anterior, en cuyo caso deben ser visibles desde el pie del apoyo de la instalación. Se admite también su instalación en un apoyo anterior, aún cuando no sean visibles desde el apoyo de la instalación, siempre que en el accionamiento del dispositivo exista un bloqueo, o bien que su cierre esté concebido de tal forma que requiera la utilización de herramientas especiales y, por tanto, su cierre no sea normalmente factible para personas ajenas al servicio.

#### **4.3.5.3.3.- OTRAS PRESCRIPCIONES**

En los locales dentro de estaciones intemperie se debe prever iluminación de emergencia de acuerdo con el apartado 4.3.4.7.

#### **4.3.6.- ZONAS CON POLUCION AMBIENTAL**

Se deben considerar dos tipos de poluciones ambientales que afectan las instalaciones de DIS

**a)-polución salina** . Zonas donde el nivel de salinidad del aire es importante y genera depósitos de esta sobre la aislamiento de líneas aéreas y equipos .

Se definen 2 zonas:

- 1- Faja costera desde el arroyo Pando al arroyo Solis Grande. Mínimo de 2 Km. de ancho. En aquellas zonas que no exista barrera geográfica (árboles, sierras, dunas, etc.) entre la costa y el lugar de emplazamiento de la instalación, el ancho de la faja se debe aumentar hasta encontrar alguna barrera geográfica ,con un máximo de 5 Km.
- 2- Faja costera desde el arroyo Solis Grande hasta Chuy . Mínimo de 5 km de ancho. En aquellas zonas que no exista barrera geográfica (árboles, sierras, dunas, etc.) entre la costa y el lugar de emplazamiento de la instalación , el ancho de la faja se debe aumentar hasta encontrar alguna barrera geográfica ,con un máximo de 10 Km.

**b)- polución industrial** –Zona cercana a industrias que generen polvo que contamine el aire , como ser fábricas de Cementos , productos químicos o de fertilizantes, zonas donde sea común la fertilización desde el aire con avionetas.

A los efectos de lograr una adecuada calidad de servicio en las zonas poluídas antes definidas se deben usar algunos materiales especiales aptos para soportar estas condiciones ambientales , a saber:

**Conductores aéreos desnudos** –Deben ser de aleación de aluminio .

**Aisladores** – Deben ser poliméricos con la línea de fuga adecuada a la zona poluida.

**Cut-out** – Deben tener aisladores con la línea de fuga definida para zona poluida

**Herrajes y morsetería de uso exterior** – Deben ser de acero inoxidable , aluminio, madera o galvanizados en caliente con una protección adicional r que se puede lograr con una pintura de silicona sobre el galvanizado o con un espesor de capa de zinc mayor.

Además en los proyectos de las distintos tipos de instalaciones en lo posible se debe n utilizar:

**Líneas aéreas** – postación de madera

**Subestaciones aéreas**- postación y crucetas de madera, bulonería y accesorios de aluminio , o acero galvanizado y envoltorio de la protección en BT polimérica.

#### **4.4.- DISPOSICIONES AMBIENTALES)**

Este punto establece:

- las condiciones medio ambientales que deben cumplir las instalaciones de DIS en cuanto a :
  - Legislación Ambiental
  - .Normativa Ambiental
  - Evaluación de Impactos Ambientales

##### **4.4.1.- Legislación Ambiental**

**Constitución de la República. Art.47.Protección del Medio Ambiente**

**Ley 17283.Protección del Medio Ambiente.**

Legisla el artículo 47 de la Constitución.

**Política Ambiental de UTE. R38-99**

##### **4.4.2.- Normativa Ambiental**

**Ley 16.466.Evaluación del Impacto Ambiental. Artículos 6 l y 6 m**

6 l refiere a construcciones en la faja de defensa costera según el Artículo 153 del Código de Aguas y 6m refiere a toda construcción que impacte negativamente o nocivamente el ambiente.

**Decreto 349/005. Artículo 2. Numerales 33 y 34**

33 refiere nuevamente a obras dentro de la fajas costeras y l 34 refiere a obras en áreas protegidas.

**Decreto Ley 14.859.Código de Aguas**

Artículos 36, 37 y 153. ( faja costera 250 m )

**Listado de Áreas Naturales Protegidas de DI.NA.MA.**

Planilla conteniendo por Departamento las Áreas Protegidas.

**Campos Electromagnéticos. R 931/05**

UTE adhiere recomendaciones de ICNIRP

**4.4.3.- Evaluación de Impactos Ambientales**

La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento que tiene por objeto la identificación , predicción e interpretación de los impactos ambientales, que un proyecto puede producir, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos , el que debe ser sometido , cuando corresponda, a las autoridades competentes.

## **5.- REGISTROS**

No aplica

## **6.- ANEXOS**

No contiene

## ÍNDICE

<b>0.-</b>	<b>TRÁMITE Y REVISIONES.....</b>	<b>1</b>
0.1.-	TRÁMITE .....	1
0.2.-	REVISIONES.....	1
<b>1.-</b>	<b>MARCO GENERAL.....</b>	<b>2</b>
1.1.-	INTRODUCCIÓN .....	2
1.2.-	OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	2
1.3.-	ALCANCE .....	2
1.4.-	VIGENCIA.....	2
1.5.-	INVOLUCRADOS .....	2
<b>2.-</b>	<b>DEFINICIONES / ABREVIATURAS / SIMBOLOS.....</b>	<b>3</b>
2.1.-	DEFINICIONES .....	3
2.2.-	ABREVIATURAS .....	4
2.3.-	SIMBOLOS.....	4
<b>3.-</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>5</b>
3.1.-	INTERNAS.....	5
3.2.-	EXTERNAS .....	5
<b>4.-</b>	<b>DESARROLLO .....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.-</b>	<b>DISEÑO ELECTRICO .....</b>	<b>6</b>
4.1.1.-	CORRIENTES ADMISIBLES.....	6
4.1.1.1.-	CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES MÁXIMAS PERMANENTES ADMISIBLES EN CABLES UNIPOLARES AISLADOS O PROTEGIDOS DE BAJA TENSIÓN, MEDIA TENSIÓN Y SUBTRASMISIÓN.....	6
4.1.1.1.1.-	INSTALACIÓN AL AIRE .....	6
4.1.1.1.2.-	INSTALACIÓN ENTERRADA .....	7
4.1.1.1.3.-	FACTORES DE CORRECCIÓN .....	7
4.1.1.2.-	INTENSIDADES MÁXIMAS DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES.....	8
4.1.1.2.1.-	INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LA PANTALLA .....	8

4.1.1.3.-	CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS INTENSIDADES EN REGIMEN PERMANENTE ADMISIBLES EN CONDUCTORES DESNUDOS PARA REDES AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN Y SUBTRASMISIÓN.....	9
4.1.1.3.1.-	CÁLCULO DE LA CORRIENTE DEL CONDUCTOR (EN A) EN FUNCIÓN DE LOS DEMAS PARAMETROS .....	9
4.1.2.-	NIVELES DE AISLACION.....	10
4.1.2.1.-	REDES DE BAJA TENSIÓN .....	10
4.1.2.2.-	TENSIONES NOMINALES, NIVELES DE AISLACIÓN A FRECUENCIA INDUSTRIAL Y A IMPULSO DE LAS REDES DE MT .....	11
4.1.2.2.1.-	CARACTERÍSTICAS DE AISLACIÓN PARTICULARES DE LOS EQUIPOS	11
4.1.2.2.2.-	AISLADORES POLIMERICOS .....	12
4.1.2.2.3.-	AISLADORES “LINE POST” DE PORCELANA .....	12
4.1.2.2.4.-	SECCIONADORES E INTERRUPTORES .....	12
4.1.2.2.5.-	RECONECTADORES .....	13
4.1.2.2.6.-	PROTECCIÓN DE EQUIPOS ANTE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS DE LA RED. DESCARGADORES .....	13
4.1.2.2.6.1.-	PROTECCIÓN DE EQUIPOS DE MT Y TRANSFORMADORES MT/BT	14
4.1.2.2.6.2.-	PROTECCION DE CABLES DE MT EN TRANSICIONES CON LINEA AEREA DESNUDA .....	15
4.1.2.2.6.3.-	RECOMENDACIONES DE MONTAJE .....	16
4.1.2.2.7.-	DISTANCIAS MINIMAS EN AIRE .....	16
4.1.3.-	PUESTAS A TIERRA.....	17
4.1.3.1.-	ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE BT .....	17
4.1.3.1.1.-	CONECTIVIDAD DEL ATERRAMIENTO NEUTRO DE BT A LA TIERRA DE PROTECCION DE LA SUBESTACIÓN.....	18
4.1.3.1.1.1.-	SUBESTACIONES AÉREAS .....	18
4.1.3.1.1.2.-	SUBESTACIÓN DE PISO .....	19
4.1.3.1.2.-	ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE AUTOTRANSFORMADORES .....	19
4.1.3.2.-	ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES.....	19
4.1.3.2.1.-	ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES AEREAS .....	19
4.1.3.2.2.-	ATERRAMIENTO DE PROTECCIÓN DE SUBESTACIONES DE PISO .....	20
4.1.3.3.-	ATERRAMIENTO DE APOYOS DE LINEA AEREA.....	21
4.1.3.3.1.-	LINEAS CON HILO DE GUARDIA.....	22
4.1.3.3.2.-	APOYOS DE MADERA .....	22
4.1.3.3.3.-	APOYOS DE HORMIGON Y METALICOS .....	22
4.1.3.3.4.-	APOYOS CON EQUIPOS .....	22
4.1.3.4.-	ATERRAMIENTO DE PANTALLAS Y FLEJES METALICOS DE CABLES SUBTERRANEOS Y CONDUCTORES AEREOS PREENSAMBLADOS DE MT .....	23
4.1.3.5.-	ATERRAMIENTOS EN TRANSFORMADORES MONOFASICOS (SISTEMAS MRT)	23
4.1.3.6.-	PUESTA A TIERRA DE ALAMBRADOS .....	24
4.1.3.7.-	RECOMENDACIONES PARA OPTIMIZACION DE ATERRAMIENTOS .....	24
4.1.3.8.-	TABLA DE VALORES MÁXIMOS REQUERIDOS PARA LOS DISTINTOS ATERRAMIENTOS .....	24
4.1.3.9.-	GUIA DE DISEÑO .....	26
4.1.3.10.-	DISEÑO DE PUESTA A TIERRA DE ESTACIONES .....	27
4.1.3.10.1.-	TENSIONES MÁXIMAS APLICABLES AL CUERPO HUMANO .....	27
4.1.3.10.2.-	PRESCRIPCIONES EN RELACIÓN CON EL DIMENSIONADO.....	28
4.1.3.10.3.-	PROYECTO DE LA MALLA DE TIERRA .....	28



4.1.3.10.4.-	ELEMENTOS DE PUESTA A TIERRA Y CONDICIONES DE MONTAJE ..29
4.1.3.10.5.-	CARACTERISTICAS DEL SUELO Y DE LOS ELECTRODOS QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA EN LOS CALCULOS .....29
4.1.3.10.6.-	DETERMINACION DE LAS INTENSIDADES DE DEFECTO PARA EL CALCULO DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO .....30
4.1.3.10.7.-	INSTRUCCIONES GENERALES DE LA PUESTA A TIERRA.....30
4.1.3.10.7.1.-	PUESTA A TIERRA DE PROTECCIÓN.....30
4.1.3.10.7.2.-	PUESTAS A TIERRA DE SERVICIO .....31
4.1.3.10.7.3.-	PUESTAS A TIERRA DEL NEUTRO MT .....31
4.1.3.10.7.4.-	INTERCONEXIÓN DE LAS INSTALACIONES DE TIERRA.....31
4.1.4.-	PROTECCIONES .....32
4.1.5.-	DISEÑO ELECTRICO DE ESTACIONES.....32
4.1.5.1.-	SECCIONES DE MT .....32
4.1.5.2.-	EQUIPOS DE MANIOBRA .....32
4.1.5.3.-	TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....32
4.1.5.4.-	INSTALACION DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA .....32
4.1.5.5.-	BATERIAS.....33
4.1.6.-	DISEÑO ELÉCTRICO DE SUBESTACIONES .....33
4.1.6.1.-	TRANSFORMADORES.....33
4.1.6.1.1.-	POTENCIAS NOMINALES DE TRASFORMADORES BITENSION.....33
4.1.6.1.2.-	TENSIONES DE CORTOCIRCUITO .....33
4.1.6.2.-	SUBESTACIONES DE PISO .....33
4.1.6.2.1.-	PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.....33
4.1.6.2.2.-	CELDAS MT.....34
4.1.6.2.3.-	PROTECCIONES DE BT .....34
4.1.6.3.-	SUBESTACIONES AEREAS .....34
4.1.6.3.1.-	PROTECCION DEL TRANSFORMADOR.....34
4.1.6.3.2.-	ANTENAS Y CHICOTES DE BAJADA .....34
4.1.6.3.3.-	PROTECCIONES DE BT .....34
<b>4.2.-</b>	<b>DISPOSICIONES DE SEGURIDAD .....35</b>
4.2.1.-	LINEAS AÉREAS DE BT .....35
4.2.1.1.-	INSTALACION DE CONDUCTORES AISLADOS.....35
4.2.1.2.-	EMPALMES Y CONEXIONES DE CONDUCTORES .....35
4.2.1.3.-	CRUCES.....35
4.2.1.3.1.-	CRUCES CON LINEAS ELECTRICAS AEREAS DE MT .....35
4.2.1.3.2.-	CON CARRETERAS .....36
4.2.1.3.3.-	CON CALLES.....36
4.2.1.3.4.-	CON CURSOS DE AGUA.....36
4.2.1.3.5.-	CON VIAS FERREAS .....36
4.2.1.4.-	PROXIMIDADES Y PARALELISMOS .....37
4.2.1.4.1.-	CON LINEAS ELECTRICAS DE MT .....37
4.2.1.4.2.-	CON CARRETERAS.....37
4.2.2.-	LINEAS AÉREAS DE MT .....37
4.2.2.1.-	GALIBOS.....37
4.2.2.2.-	DISTANCIA DE LOS CONDUCTORES ENTRE SI Y ENTRE ÉSTOS Y LOS APOYOS 38
4.2.2.3.-	CRUCES Y PARALELISMOS.....39
4.2.2.3.1.-	CRUCES .....39
4.2.2.3.1.1.-	LINEAS ELECTRICAS Y DE TELECOMUNICACION.....39
4.2.2.3.1.2.-	CARRETERAS Y FERROCARRILES SIN ELECTRIFICAR.....40

4.2.2.3.1.3.-	FERROCARRILES ELECTRIFICADOS, TRANVIAS Y TROLEBUSES	40
4.2.2.3.1.4.-	TELEFERICOS Y CABLES TRANSPORTADORES	41
4.2.2.3.1.5.-	RIOS Y CANALES NAVEGABLES	41
4.2.2.3.1.6.-	CAUCE NO NAVEGABLES Y ZONAS INUNDABLES	41
4.2.2.3.2.-	PARALELISMOS	41
4.2.2.3.2.1.-	LINEAS ELECTRICAS	41
4.2.2.3.2.2.-	LINEAS DE TELECOMUNICACION	41
4.2.2.3.2.3.-	CAMINOS Y RUTAS	42
4.2.2.4.-	PASO POR ZONAS	42
4.2.2.4.1.-	BOSQUES, ÁRBOLES Y MASAS DE ARBOLADOS	42
4.2.2.4.2.-	EDIFICIOS, CONSTRUCCIONES Y ZONAS URBANAS	43
4.2.2.4.3.-	PROXIMIDAD DE AEROPUERTOS	44
4.2.3.-	CABLES SUBTERRÁNEOS BT Y MT	44
4.2.3.1.-	CRUCES, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS	44
4.2.3.1.1.-	CRUCES CON CALLES Y CARRETERAS	44
4.2.3.1.2.-	CRUCE BAJO AGUAS PERMANENTES	45
4.2.3.1.3.-	CRUCES BAJO AGUAS CIRCUNSTANCIALES	45
4.2.3.1.4.-	CRUCES CON FERROCARRILES	45
4.2.3.1.5.-	CRUCES Y PARALELISMOS CON OTROS SERVICIOS (TELECOMUNICACIONES, AGUA, GAS)	46
4.2.4.-	ESTACIONES Y SUBESTACIONES	46
4.2.4.1.-	ACCESIBILIDAD	46
4.2.4.2.-	PASILLOS Y PUERTAS (estaciones y subestaciones interiores)	46
4.2.4.3.-	PASILLOS DE SERVICIO	47
4.2.4.4.-	ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ACCIDENTALES EN ESTACIONES Y SUBESTACIONES	47
4.2.5.-	SUBESTACIONES AÉREAS	47
4.2.5.1.-	ACCESIBILIDAD	47
4.2.5.2.-	DISTANCIAS DE SEGURIDAD	47
<b>4.3.-</b>	<b>DISEÑO MECANICO Y CONSTRUCTIVO</b>	<b>48</b>
4.3.1.-	LINEAS BT	48
4.3.1.1.-	ESFUERZOS A CONSIDERAR EN EL CALCULO	48
4.3.1.2.-	CONDUCTORES	48
4.3.1.3.-	APOYOS	48
4.3.1.4.-	COEFICIENTE DE SEGURIDAD	49
4.3.1.5.-	CONDUCTOR NEUTRO	49
4.3.1.5.1.-	SECCION MINIMA	49
4.3.1.5.2.-	CONTINUIDAD DEL CONDUCTOR NEUTRO	49
4.3.1.5.3.-	PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO	49
4.3.1.6.-	INSTALACION DE RIENDA	49
4.3.2.-	LINEAS AEREAS MT	50
4.3.2.1.-	AISLADORES	50
4.3.2.2.-	CONEXIONES Y EMPALMES DE LINEAS DE MT	50
4.3.2.3.-	HILO DE GUARDIA	50
4.3.2.4.-	FIJACIÓN DEL CONDUCTOR	50
4.3.2.5.-	APOYOS	50
4.3.2.5.1.-	CLASIFICACION SEGÚN FUNCION	50
4.3.2.5.2.-	MATERIALES CONSTRUCTIVOS	51
4.3.2.5.3.-	ARRIOSTRAMIENTO	51
4.3.2.5.4.-	RIENDAS	51

4.3.2.5.5.- CONEXIÓN DE LOS APOYOS A TIERRA .....	51
4.3.2.5.6.- SEÑALIZACIÓN .....	51
4.3.2.6.- CARGAS Y SOBRECARGAS A CONSIDERAR.....	51
4.3.2.6.1.- CARGAS PERMANENTES .....	51
4.3.2.6.2.- PRESIONES DEBIDAS AL VIENTO.....	52
4.3.2.6.3.- DESEQUILIBRIO DE TRACCIONES.....	52
4.3.2.6.3.1.- DESEQUILIBRIO EN APOYOS DE ALINEACIÓN, ANGULO Y FALSOS AMARRES 52	
4.3.2.6.3.2.- DESEQUILIBRIO EN APOYOS DE AMARRE .....	52
4.3.2.6.3.3.- TIRO EN TERMINALES.....	52
4.3.2.6.4.- ESFUERZOS LONGITUDINALES POR ROTURA DE CONDUCTORES .....	53
4.3.2.6.4.1.- EN APOYOS DE AMARRE.....	53
4.3.2.6.4.2.- ESFUERZOS RESULTANTES DE ANGULO .....	53
4.3.2.6.5.- HIPOTESIS DE CALCULO .....	53
4.3.2.6.6.- COEFICIENTES DE SEGURIDAD .....	53
4.3.2.7.- CONDUCTORES.....	54
4.3.2.7.1.- TRACCION MAXIMA ADMISIBLE .....	54
4.3.2.7.2.- COMPROBACION DE FENOMENOS VIBRATORIOS.....	55
4.3.2.7.3.- FLECHAS MAXIMAS DE LOS CONDUCTORES E HILOS DE GUARDIA .....	55
4.3.2.7.4.- FLECHA DEL HILO DE GUARDIA .....	55
4.3.2.8.- FUNDACIONES .....	55
4.3.2.8.1.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD AL VUELCO.....	55
4.3.2.8.2.- ANGULO DE GIRO DE LAS FUNDACIONES .....	55
4.3.2.8.3.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO .....	55
4.3.2.8.4.- POSIBILIDAD DE APLICACION DE OTROS VALORES .....	56
4.3.3.- CABLE SUBTERRÁNEO .....	56
4.3.3.1.- INSTALACION DE LOS CONDUCTORES .....	56
4.3.3.2.- CONDUCTOR NEUTRO DE BT .....	56
4.3.3.3.- PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO .....	57
4.3.3.4.- CONTINUIDAD DEL NEUTRO .....	57
4.3.4.- ESTACIONES Y SUBESTACIONES INTERIORES .....	57
4.3.4.1.- UBICACIÓN .....	57
4.3.4.2.- CANALIZACIONES .....	57
4.3.4.2.1.- CANALIZACIONES CON CONDUCTORES AISLADOS .....	58
4.3.4.2.2.- INSTALACIÓN DE CABLES .....	58
4.3.4.2.3.- INSTALACIONES SANITARIAS Y ALMACENAMIENTO DE AGUA .....	58
4.3.4.2.3.1.- LOCAL SUBTERRANEO .....	58
4.3.4.2.3.2.- LOCAL INTEGRADO .....	59
4.3.4.3.- VENTILACIÓN .....	59
4.3.4.4.- PASO DE LÍNEAS Y CANALIZACIONES ELÉCTRICAS A TRAVÉS DE PAREDES, MUROS Y TABIQUES DE CONSTRUCCIÓN .....	59
4.3.4.5.- SEÑALIZACIÓN.....	59
4.3.4.6.- SISTEMAS CONTRA INCENDIOS .....	59
4.3.4.7.- ALUMBRADOS ESPECIALES DE EMERGENCIA PARA ESTACIONES .....	60
4.3.5.- ESTACIONES Y SUBESTACIONES INTEMPERIE .....	60
4.3.5.1.- DISPOSICION DE LAS INSTALACIONES .....	60
4.3.5.2.- CONDICIONES GENERALES.....	60
4.3.5.3.- INSTALACIONES SOBRE APOYOS .....	61
4.3.5.3.1.- APOYOS.....	61
4.3.5.3.2.- DISPOSICIONES GENERALES Y CONDICIONES DE INSTALACIÓN. ....	61
4.3.5.3.3.- OTRAS PRESCRIPCIONES.....	61

---

4.3.6.- ZONAS CON POLUCION AMBIENTAL.....	61
<b>4.4.- DISPOSICIONES AMBIENTALES).....</b>	<b>62</b>
4.4.1.- Legislación Ambiental.....	62
4.4.2.- Normativa Ambiental .....	63
4.4.3.- Evaluación de Impactos Ambientales.....	63
La evaluación del impacto ambiental es el procedimiento que tiene por objeto la identificación , predicción e interpretación de los impactos ambientales, que un proyecto puede producir, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos , el que debe ser sometido , cuando corresponda, a las autoridades competentes. ....	63
<b>5.- REGISTROS.....</b>	<b>64</b>
<b>6.- ANEXOS.....</b>	<b>65</b>