



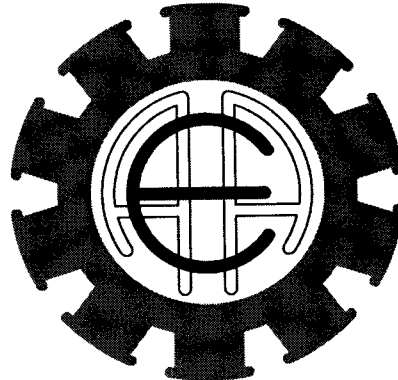
**ENTE NACIONAL REGULADOR  
DE LA ELECTRICIDAD**

**ANEXO I**

**"REGLAMENTACION DE LINEAS AEREAS EXTERIORES  
DE MEDIA TENSION Y ALTA TENSION"  
DE LA ASOCIACION ELECTROTÉCNICA ARGENTINA**

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

*[Handwritten Signature]*  
Dra. María CRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria de Directorio  
COMITE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



# ASOCIACION ELECTROTECNICA ARGENTINA

1913 – 2003



**COMISIÓN DIRECTIVA DE LA**  
**ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA**

9

**Presidente**

Ing. Julio H. di SALVO

**Vicepresidente 1°**

Ing. Alberto GIACHETTI

**Vicepresidente 2°**

Ing. Víctor H. OSETE

**Secretario General**

Ing. Abel J. CRESTA

**Secretario Sustituto**

Ing. Norberto O. BROVEGLIO

**Tesorero**

Ing. Norberto GONZALEZ

**Tesorero Sustituto**

Ing. Jorge F. PUJOLAR

**Vocales**

Ing. Mario S.F. BRUGNONI

Ing. Vicente L. CARTABBIA

Ing. Luis A. GRINNER

Ing. Pedro HAHN

Ing. Alberto IACONIS


Ing. Angel REYNA

Ing. Gustavo M. RICO

Ing. Pedro G. ROSENFELD

Ing. Miguel A. TOTO

Ing. Ernesto VIGNAROLI

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL  
  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## **Comisión de Reglamentaciones**

### **Delegado de la Comisión Directiva:**

Ing. Norberto O. BROVEGLIO (Asociación Electrotécnica Argentina)

### **Delegado Alterno:**

Ing. Pedro G. ROSENFELD (EDENOR S.A.)

## **Subcomisión de Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión**

### **Secretario:**

Ing. Julio H. di SALVO (Asociación Electrotécnica Argentina)

### **Miembros permanentes:**

Ing. Luis C. BERTOLA (AEA)

Ing. Hugo H. CANAY (TRANSENER S.A.)

Ing. Ricardo. CELASSO (TRANSENER S.A.)

Ing. Horacio GONZÁLEZ (TRANELSA)

Ing. Raúl. GONZÁLEZ (EDENOR S.A.)

Ing. Jorge H. MAGRI (EDESUR S.A.)

Ing. Hugo D. RICCI (EDESUR S.A.)

Ing. Carlos. TUBIO (TRANELSA, AEA)

Ing. Alvaro VILLAFañE (EDENOR S.A.)

Ing. Raúl R. VILLAR (AEA)

### **Miembros invitados:**

Ing Jorge ALDONATTE (TRANSBA S.A.)

Ing. Patricia ARNERA (IITREE)

Ing. Rodolfo BANCHIERI (TRANSENER S.A.)

Ing. Juan C. DEMOLIS (AEA)

Ing. Hector DISENFELD (TRANSENER S.A.)

Ing. Luis GARTNER (EDELAP S.A.)

Ing. Ricardo IANNIN (TRANSENER S.A.)

Ing. Luis LAUFER (EDESUR S.A.)

Ing. Jorge F. LEZAOLA (TRANSENER S.A.)

Ing. Diego H. MASSERA (EDELAP S.A.)

Ing. Carlos SOZZANI (OSERSA)

Ing. Oscar VIEGAS (TRANSENER S.A.)

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**Lista de Ministerios, Secretarías, Subsecretarías, Direcciones, Entes, Reparticiones oficiales, empresas e instituciones invitadas a participar de la Discusión Pública**

Asea Brown Boveri (ABB S.A.)

Asociación Argentina Para el Uso Racional de la Energía (AAPURE)

Asociación de Distribuidores de la Energía Eléctrica de la República Argentina (A.D.E.E.R.A.)

Asociación de Entes Reguladores de la Electricidad (A.D.E.R.E.)

Asociación de Generadores de la Energía Eléctrica de la República Argentina (A.G.E.E.R.A.)

Asociación de Grandes Usuarios de la Energía Eléctrica de la República Argentina (A.G.U.E.E.R.A.)

Asociación de Transportistas de la Energía Eléctrica de la República Argentina (A.T.E.E.R.A.)

Camara Argentina de Distribuidores de Materiales Eléctricos No Ferrosos (CAMENOFE)

Camara Argentina de Industrias Electromecánicas (CADIEM)

Camara Argentina de la Construcción (CAMARCO)

Centro Argentino de Ingenieros (CAI)

Cigre (Latinoamérica)

Cimet S.A.

Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires

Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba (CIEC)

Comisión Nacional de Comunicaciones (CNC)

Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas (CIMOP)

Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctricista (COPIME)

Consulbaires Ingenieros Consultores S.A.

Cooperativas Asociadas a la AEA

Dirección de Obras Públicas de la Provincia De Chubut.

Dirección de Obras Públicas de la Provincia De La Rioja.

Dirección Provincial de Energía de Buenos Aires

Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe ( EPE SF)

Energía San Juan

Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE)

Estudio Grinner

Federación Argentina de Coop. Eléctricas Lda. (FACE)

Federación de Coop. Eléctricas y de Obras y Serv. Públicos de Buenos Aires Ltda. (FEDECOBA)

Industrias Metalúrgica Sudamericana ( I.M.S.A.)

Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM)

Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA)

Mc Kinley y Vignaroli

Mezclas Industriales S.A.

Organo De Control de la Energía Eléctrica de la Provincia De Buenos Aires (OCEBA)

Pirelli Cables S.A.I.C.

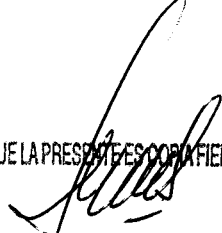
Sade Skanska

Schneider Electric Argentina S.A.

Secretaría de Energía

Secretaría de Estado, de Obras y Serv. Públicos de la Provincia De Tucumán.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



Secretaría de Estado, de Obras y Servicios Públicos de la Provincia De Río Negro.

Siemens S.A.

Superintendencia De Bomberos De Capital Federal

Superintendencia De Riesgos Del Trabajo

Superintendencia De Seguros De La Nación

Techint Ingeniería y Construcción

Universidad Catolica Argentina – Facultad De Ingeniería

Universidad De Buenos Aires (FIUBA) - Facultad De Ingeniería

Universidad De Mendoza - Facultad De Ingeniería

Universidad De Rio Cuarto (UNRC) - Facultad De Ingeniería

Universidad De San Juan. Instituto De Energia Eléctrica

Universidad Nacional De Córdoba - Facultad De Ingeniería

Universidad Nacional De Tucumán - Facultad De Ciencias Exactas y Tecnología

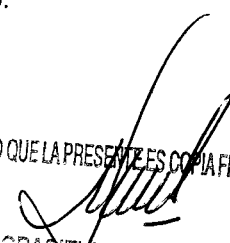
Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Buenos Aires

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. María GRACELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

#### **Colaboraciones recibidas durante la Discusión Pública**

**Como resultado de la Discusión Pública, se han analizado los aportes y comentarios recibidos de los siguientes Organismos, Entes, Reparticiones, Instituciones y Empresas.**

Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA)

Asociación de Transportistas de Energía Eléctrica de la República Argentina (ATEERA)

Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas (CIMOP)

Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista (COPIME)

Cooperativa de Provisión de Servicios Eléctricos, Públicos y Sociales de San Pedro Limitada (COOPSER San Pedro)

Electricidad de Misiones S.A. (EMSA)

Empresa Distribuidora Eléctrica de Tucumán S.A. (EDET S.A.)

Empresa Distribuidora de Energía de Entre Ríos S.A. (EDEERSA)

Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC)

Empresa Provincial de Energía de Santa Fe (EPE Santa Fe)

Ing. Carlos Alberto Gold (Consejo Federal de la Energía Eléctrica)

Pirelli Energía Cables y Sistemas de Argentina

Servicios Públicos Sociedad del Estado (SPSE)

Servicios Eléctricos del Chaco Empresa del Estado Provincial (SECHEEP)

Universidad Nacional de Misiones – Facultad de Ingeniería

Universidad Nacional de San Juan – Facultad de Ingeniería – Instituto de Ingeniería Eléctrica.

Asimismo se han recibido colaboraciones de un importante número de especialistas, cuyos aportes han contribuido al perfeccionamiento de la obra.



## Prólogo

La última versión de la Reglamentación sobre Líneas Aéreas Exteriores data del año 1973. La misma contempla todo el espectro de tensiones, desde líneas de telecomunicación hasta las de alta tensión. Dado que el tratamiento de la Reglamentación contempla fundamentalmente líneas de tensiones elevadas para los criterios expuestos para el diseño y seguridad, su aplicación resulta en exigencias excesivas para las redes de baja tensión y telecomunicaciones, además de ser poco explícita sobre una serie de temas importantes y perder actualidad ante los avances tecnológicos.

## Consideraciones Generales

Consciente de lo expuesto, la Asociación Electrotécnica Argentina decidió encarar las siguientes acciones:

- 1) Desdoblar la Subcomisión de Líneas Aéreas Exteriores en dos, de acuerdo a los niveles de tensión: Subcomisión de Líneas Aéreas Exteriores de Baja Tensión y Subcomisión de Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión.
- 2) Encomendar a ésta última Subcomisión la actualización de la Reglamentación sobre Líneas Aéreas Exteriores para el rango de tensiones superiores a 1 kV.

Las consideraciones tenidas en cuenta para esta nueva edición se basan en los siguientes hechos:

- 1) Que durante los años transcurridos desde su edición anterior han acontecido, en el ámbito nacional e internacional, importantes cambios en los conocimientos científicos de los fenómenos eléctricos, en los usos y costumbres y en las tecnologías. El desarrollo del comercio mundial obligó a un alineamiento y concentración de los documentos normativos que, abandonando localismos, se han transformado en internacionales, siguiendo la consolidación de las normas IEC y la de la industria y el comercio internacional en su conjunto, gracias al desarrollo de productos normalizados que producen un adecuado y fluido intercambio y/o reemplazo.
- 2) Que las instalaciones eléctricas de los Estados Unidos de Norteamérica, reglamentadas por el Código Nacional de Seguridad Eléctrica (NESC), al cual adhieren países como Canadá, Venezuela, Colombia y otros, convergen también hacia la misma línea conceptual que impone la IEC y los documentos de armonización europeos.
- 3) Que es de interés general contar con una Reglamentación que regule en forma clara y precisa la ejecución de las instalaciones involucradas, propendiendo a la preservación de la seguridad de las personas, bienes y animales, la prevención de riesgos y el correcto funcionamiento de la instalación para el uso previsto; adecuar la normativa nacional con los documentos internacionales más avanzados en la materia y propender a la utilización, en las instalaciones eléctricas, de materiales que cumplan con las normas emanadas del IRAM o, en su defecto, de IEC u otras internacionalmente reconocidas.

Como resultado de los considerandos mencionados y atendiendo a estos cambios, se ha dispuesto la vigencia de la presente Reglamentación, luego de una extensa Discusión Pública, en la que se han recibido valiosos aportes para el perfeccionamiento de la misma.

El cumplimiento de las disposiciones de la Reglamentación sobre Líneas Aéreas Exteriores – Media Tensión y Alta Tensión, en cuanto al proyecto y la ejecución de las instalaciones, y la utilización de materiales normalizados, todo bajo la responsabilidad de profesionales con incumbencias o competencias específicas, da garantía que la instalación eléctrica cuenta con un nivel adecuado de prestación y seguridad.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL


  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Página en blanco**



12

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL.

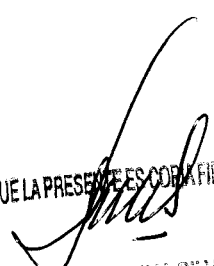
  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## REGLAMENTACION PARA LA EJECUCION DE LINEAS AEREAS EXTERIORES

### LINEAS DE MEDIA Y ALTA TENSION



CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Página en blanco**



13

## INDICE GENERAL

1. Objeto .....	5
2. Alcance .....	5
3. Campo de aplicación .....	5
4. Normas para consulta .....	5
5. Definiciones .....	5
5.1 Vocabulario .....	5
5.2 Clases de líneas .....	6
6 Proyecto .....	6
6.1 Disposiciones generales.....	6
6.2 Condiciones mínimas de proyecto .....	6
6.3 Tipos de estructuras .....	6
6.4 Tensores portantes de conductores, estructuras tipo Cross Rope y riendas.....	8
6.5 Conductores y cables de guardia.....	8
6.6 Protección contra sobretensiones .....	8
6.7 Interferencia con otras instalaciones .....	9
6.8 Condiciones para la seguridad pública.....	9
6.9 Requisitos para emplear las líneas de Clase BB - "Media Tensión Con Retorno por Tierra" ...	9
7 Distancias de seguridad .....	10
7.1 Consideraciones generales.....	10
7.2 Distancia entre conductores de la misma terna .....	11
7.3 Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra .....	12
7.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas .....	13
7.5 Correcciones y despejes adicionales .....	13
7.6 Cruces entre líneas – Método alternativo.....	14
7.7 Conceptos aplicables a los edificios o partes pertenecientes a ellos.....	14
7.8 Distancias verticales y horizontales a edificios o sus partes (sin desplazamiento del conductor por acción del viento) .....	15
7.9 Distancia libre horizontal a edificios o sus partes (con desplazamiento por acción del viento) ..	16
7.10 Distancias horizontales y verticales a posiciones impracticables de puentes y otras instalaciones.....	16
7.11 Distancias a posiciones practicables.....	16
7.12 Distancias desde estructuras .....	17
7.13 Distancias desde conductores a partes de estructuras, tensores y entre conductores de neutro de líneas distintas. No se aplica a posiciones practicables. ....	18
7.14 Distancias desde conductores a árboles próximos a la línea. Se consideran en todas direcciones. ....	18
8 Paralelismos .....	18
8.1 Con otra líneas aéreas de energía de menor tensión de servicio.....	18
8.2 Con líneas de telecomunicaciones o rieles de ferrocarriles.....	18
8.3 Con alambrados.....	18
8.4 Con líneas de media tensión con retorno por tierra, existentes.....	19
9 Franja de servidumbre.....	19
9.1 Definición.....	19
9.2 Ancho de la franja .....	19
9.3 Restricciones a su empleo.....	21
9.4 Mantenimiento de la condición de servidumbre.....	21
10 Solicitaciones exteriores.....	21
10.1 Climáticas.....	21
11 Dimensionamiento de las estructuras .....	25
11.1 Generalidades .....	25
11.2 Materiales .....	26
12 Hipótesis de carga.....	26
12.1 Definición de las cargas de cálculo .....	26
12.2 Hipótesis de cálculo.....	27

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

*[Firma]*

Dra. Ma. GABRIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria de Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



12.3	Cálculo de solicitaciones .....	30
12.4	Ensayos de prototipos y componentes estructurales .....	30
12.5	Estructuras de madera .....	30
12.6	Estructuras de hormigón armado y pretensado.....	32
12.8	Ensayo de carga.....	41
12.9	Estructura de materiales no convencionales .....	41
13	Componentes y accesorios .....	41
13.1	Componentes .....	41
13.2	Accesorios .....	43
14	Fundaciones .....	43
14.1	Generalidades .....	43
14.2	Estudio geotécnico .....	44
14.3	Procedimiento de diseño .....	44
14.4	Ensayos de Carga .....	51
14.5	Consideraciones constructivas .....	52
14.6	Durabilidad de las cimentaciones .....	53
15	Puesta a tierra .....	53
15.1	Toma a tierra .....	53
15.2	Tierra de protección.....	53
15.3	Tensiones máximas admisibles.....	53
15.4	Puesta a tierra de estructuras de líneas aéreas .....	54
15.5	Requisitos de la instalación .....	54
15.6	Medición de puesta a tierra .....	55
15.7	Revisiones .....	55
15.8	Conexiones.....	55
15.9	Puesta a tierra de partes metálicas .....	55
15.10	Puesta a tierra del hilo de guardia .....	55
15.11	Conexiones con la estructura .....	56
15.12	Sección mínima del conductor.....	56
15.13	Separación entre la toma de tierra y otras tierras.....	57
15.14	Directrices en caso de descargas atmosféricas .....	57
16	Impacto ambiental .....	58
16.1	Generalidades .....	58
16.2	Criterios de evaluación del impacto ambiental .....	59
ANEXO A (Informativo) .....		61
A.1	Tabla de distancias mínimas conductor - estructura tensiones más usuales:.....	61
A.2	Ejemplo de cruces de líneas de 132 kV y 33 kV.....	61
A.3	Ejemplo de cruces de líneas de 500 kV y 132 kV.....	61
ANEXO B (Reglamentario).....		63
Mapa de zonas climáticas .....		63
ANEXO C (Reglamentario).....		65
ANEXO D (Reglamentario).....		67
Figuras del Capítulo 14 - Fundaciones.....		67
ANEXO E (Informativo) .....		71
Referencias y material de consulta sección 12 .....		71
ANEXO F (Informativo).....		73
Referencias y material de consulta sección 14 .....		73
Tablas del Capítulo 14 - Fundaciones.....		74

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría de Dirección  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



# REGLAMENTACION SOBRE LINEAS AEREAS EXTERIORES MAYORES A 1 KV.

14

## 1. Objeto

Esta reglamentación fija y establece los requisitos básicos a cumplir por las líneas aéreas exteriores de tensión nominal superior a 1 kV y menores o iguales a 800 kV en corriente alterna (en adelante "líneas"), para:

- Garantizar la seguridad de las personas, los animales y los bienes.
- Propender a mejorar la confiabilidad de su funcionamiento.

Para líneas de transmisión en corriente continua los requisitos de distancias serán los mismos enunciados en ésta para una línea de tensión de cresta fase – tierra, numéricamente igual a la de corriente continua.

## 2. Alcance

Alcanza a todas las líneas exteriores a desarrollarse para la utilización de la energía eléctrica, tanto en áreas públicas como privadas.

Establece parámetros, prescripciones y condiciones de seguridad mínimas que se deben observar en sus proyectos y construcciones, o en la transformación de líneas aéreas existentes.

En el caso de instalaciones de emergencia temporarias se pueden considerar otras condiciones de seguridad, establecidas en el punto 7.1.2. y siguientes.

Esta reglamentación no debe ser entendida o considerada como una especificación de diseño o como un manual de instrucciones.

## 3. Campo de aplicación

El campo de aplicación de esta reglamentación abarca a todos los tipos constructivos de líneas para transporte y distribución de energía eléctrica, sean estas desarrolladas en zonas urbanas, suburbanas o rurales.

Esta reglamentación no es de aplicación en líneas de contacto para tracción eléctrica.

## 4. Normas para consulta

International Electrotechnical Commission (IEC)

National Electric Safety Code (NESC).

ASCE Standards (Guías de proyecto).

ASTM (American Society for Testing and Materials)

CIRSOC (Centro de Investigación de Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles – INTI).

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## 5. Definiciones

### 5.1 Vocabulario

**5.1.1 Líneas Eléctricas Aéreas Exteriores:** Son las líneas instaladas al exterior sobre el terreno, constituidas por conductores desnudos o cables (protegidos o aislados), con sus correspondientes aisladores, accesorios y sostenes. Se definen en el punto 5.2.

**5.1.2 Líneas de telecomunicación:** Se consideran como tales las líneas telefónicas, telegráficas, para señalización y comando a distancia de servicio público o particular. Tengan o no sus sostenes en común con líneas aéreas eléctricas de transporte o distribución o que también, no teniendo con éstas algún sostén en común, sean declaradas pertenecientes a esta categoría al ser autorizadas.

**5.1.3 Líneas de Baja Tensión:** Se consideran como tales las líneas de distribución pública o privada de baja tensión, de tensión nominal hasta 1 kV.

**5.1.4 Cruces:** Se considera cruce de una determinada obra cuando la proyección vertical de por lo menos uno de los conductores de la línea, en las condiciones de viento máximo, corta la proyección vertical de la obra misma. El cruce estará constituido en ese caso por el vano de línea que corta la obra.



## 5.2 Clases de líneas

**5.2.1 Clase A - Baja Tensión  $V_N \leq 1$  kV:** Son las líneas para distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es hasta 1 kV.

**5.2.2 Clase B - Media Tensión ( $1$  kV  $< V_N < 66$  kV):** Son las líneas para transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 1 kV e inferior a 66 kV.

**5.2.3 Clase BB- Media Tensión con Retorno por Tierra ( $1$  kV  $< V_N \leq 38$  kV):** Son las líneas para distribución rural de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 1 kV e inferior a 38 kV. Ver punto N° 6.9.

**5.2.4 Clase C - Alta Tensión ( $66$  kV  $\leq V_N \leq 220$  kV):** Son las líneas para transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior a 66 kV y menor o igual a 220 kV.

**5.2.5 Clase D - Extra Alta Tensión ( $220$  kV  $< V_N < 800$  kV):** Son las líneas para transporte de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 220 kV e inferior a 800 kV.

**5.2.6 Clase E - Ultra Alta Tensión  $V_N \geq 800$  kV:** Son las líneas para transporte de energía eléctrica, cuya tensión nominal es igual o superior a 800 kV.

## 6 Proyecto

### 6.1 Disposiciones generales

Para la construcción de las líneas reglamentadas por la presente deberá constar la ejecución de un proyecto particular o normalizado que tenga en cuenta todas las prescripciones electromecánicas, civiles y los parámetros referentes a garantizar las condiciones de seguridad.

Deberán contar con dispositivos autónomos de protección que liberen las fallas de fase a tierra en forma automática.

### 6.2 Condiciones mínimas de proyecto

**6.2.1 Dimensionamiento de estructuras y conductores:** Se tendrán en cuenta las siguientes condiciones mínimas:

- a) Para líneas clases "B y BB" el viento máximo a aplicar para dimensionado de estructuras y cálculo mecánico de conductores tendrá una recurrencia de 25 años (ver Capítulo 10 para determinación de vientos y coeficientes).
- b) Para líneas clases "C, D y E", se considerarán las siguientes condiciones mínimas: (referirse al capítulo 10)
  - b1) Para el cálculo de la declinación de cadenas de suspensión se aplicará un viento máximo con recurrencia de 50 años.
  - b2) La obtención de la velocidad máxima de viento básica a utilizar para calcular los esfuerzos sobre conductores y estructuras se obtendrá, de acuerdo con la zona geográfica afectada, del mapa de isocletas incluido en este Reglamento, afectada por el factor de importancia asignado al período de recurrencia seleccionado. Para el dimensionamiento mecánico de conductores y estructuras se aplicará dicho viento afectado por los respectivos coeficientes de ráfaga (apartado 10.1.3).

### 6.2.2 Condiciones para la determinación de la declinación en el caso de franjas de servidumbre:

Los vientos mínimos a considerar para el cálculo de las magnitudes  $f_v$  y  $\alpha$  según las expresiones del Capítulo 9, serán:

- a) Para líneas clases "B y BB", viento con una recurrencia de 25 años.
- b) Para líneas clases "C, D y E", viento con una recurrencia de 50 años.

### 6.3 Tipos de estructuras

Las estructuras podrán tener una topología plana o espacial; pero en todos los casos el diseño y cálculo de la estructura tendrá en cuenta la naturaleza espacial de las cargas de diseño.

Cuando una estructura esté constituida por materiales de diferente naturaleza (hormigón y madera por ejemplo), se prestará especial atención al comportamiento reológico de alguno de los materiales componentes, que podría conducir a un colapso prematuro de la estructura por modificación de su geometría original. Se prestará especial atención al comportamiento y al diseño de las uniones de materiales compuestos.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



- a) Estructuras tipo monoposte: Los elementos estructurales serán dimensionados a flexotorsión y corte. Además, deberá verificarse que las flechas no superen los máximos establecidos en esta Reglamentación. En el caso de postes tubulares de acero, los espesores serán los mínimos que eviten una falla prematura de la estructura por abollamiento de las paredes ó por ovalización de la sección más solicitada.
- b) Estructuras aporticadas: Se denominan así a las estructuras constituidas por dos o más postes, cualquiera sea el material constitutivo de los mismos. Estos pilares podrán estar unidos entre sí por vinculaciones rígidas o arriostramientos con riendas (sistemas de tracción – compresión ó sistemas de tracción). Dentro de esta categoría, se consideran a los pórticos que se encuentren vinculados exteriormente (al terreno) mediante riendas. Estas estructuras deberán ser analizadas mediante sistemas de barras espaciales, y realizar el diseño de las secciones a partir de las máximas solicitaciones actuantes en cada elemento (flexión, torsión, cortante y normal).
- c) Estructuras reticuladas: Serán torres metálicas espaciales del tipo autoportadas, arriendadas o Cross Rope.

c1) Torres autoportadas: Las solicitaciones de las estructuras autoportadas podrán calcularse con Teoría de 1° orden, siempre que el ángulo interno que formen dos barras principales (montantes y diagonales ó diagonales entre sí) no sea menor de 15°. En todos los cambios de dirección de los montantes contarán con arriostramientos planos estables (no lábiles), que sean capaces de distribuir las cargas de torsión. Las torres autoportadas ubicadas en zonas sísmicas, deberán tener sus puntos de apoyos vinculados de forma de evitar los corrimientos relativos producidos por un evento sísmico, o ser capaces de resistir en estado límite los corrimientos relativos que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103.

c2) Torres arriendadas: En caso de estructuras ubicadas en zonas planas o levemente onduladas, las solicitaciones podrán calcularse con Teoría de 1° Orden, sin tener en cuenta el cambio de rigidez de la rienda por modificación de su geometría original por cambio de curvatura y longitud. Los puntales de estas estructuras se diseñarán con Teoría de 2° Orden, como una viga-columna de eje curvo, que tenga una flecha constructiva inicial de no menos de 0,2% de su longitud. En todos los casos las riendas deberán tener un pretensado no inferior al 10% de la máxima solicitación de tracción de servicio.

c3) Estructuras tipo Cross Rope: Se debe considerar que para toda hipótesis de carga, el cambio de geometría y deformaciones de los elementos que soportan a los conductores (herrajes y aisladores) sean compatibles con su comportamiento mecánico y que en estado deformado se garantizarán las distancias eléctricas mínimas que establece este Reglamento. En regiones donde sea probable la formación de manguito de hielo, el sistema estructural de sujeción de conductores debe ser adecuado para soportar la condición de desprendimiento brusco del manguito de hielo "galloping". La estabilidad de los elementos estructurales se verificará con análisis no lineal, considerando la configuración deformada de la misma (no linealidad geométrica). Los puntales se proyectarán como los de las torres arriendadas.

**6.3.1 Denominación de las estructuras:** Según la función que cumplan, para asegurar la estabilidad general de la construcción, tendrán la siguiente denominación:

- a) Estructuras de suspensión: destinadas a soportar solamente los cables en tramos rectos o con desvíos limitados.
- b) Estructuras de suspensión en ángulo: destinadas a soportar el tiro de los cables en los puntos de desvío de la línea.
- c) Estructuras de retención de Línea: destinadas a formar puntos fijos en los tramos rectos de la línea.
- d) Estructuras de retención en ángulo: destinadas a formar puntos fijos en los vértices de desvío de la línea.
- e) Estructuras de retención terminal: destinadas a soportar el tiro unilateral de todos los cables.
- f) Estructuras especiales: son aquellas que tienen características distintas de las indicadas en la clasificación anterior.

Nota: Para estas estructuras se justificarán en cada caso las hipótesis de carga a que estarán sometidos, según el empleo a que se destinen. En general, es conveniente tratar de asimilar una estructura especial a uno de los tipos clasificados precedentemente.

- g) Pórticos de Estaciones Transformadoras: Destinados a soportar los tiros de los cables correspondientes al conexionado de las playas de las Estaciones Transformadoras.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDRINA SILVA de ALFANO

Secretaria del Directorio

ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**6.3.2 Limitación al empleo de estructuras de madera:** Se prohíbe el empleo de las estructuras de madera en vanos de líneas de clases "C, D y E" que cruzan superiormente líneas ferroviarias electrificadas, cable carriles y autopistas y rutas de alto tránsito.

Se admite el empleo de sostenes de madera en líneas de hasta clase "C" con la restricción de que deberá asegurarse la durabilidad de la madera mediante un tratamiento adecuado de impregnación (ver 11.2.1).

El incumplimiento de la condición anterior caracterizará la línea como transitoria.

**6.3.3 Estructuras que soportan líneas con circuitos de clase diferente:** Las estructuras que soportan líneas con circuitos de clases diferentes deben considerarse, a todos los efectos, como estructuras de la línea de clase superior.

#### 6.4 Tensores portantes de conductores, estructuras tipo Cross Rope y riendas

Los tensores portantes de conductores, las estructuras tipo Cross Rope y las riendas para refuerzo estructural, podrán ser metálicos o sintéticos.

Los tensores portantes en estructuras tipo Cross Rope y las riendas en estructuras de alta, extra alta y ultra alta tensión se deberán vincular a potencial de tierra.

Las riendas metálicas y sintéticas (conformadas por tejidos) de líneas de media tensión deberán aislarse convenientemente. Las riendas aislantes sintéticas semi-rígidas (de cuerpo homogéneo) deben poseer un medio para limitar el escurrimiento longitudinal del agua (polleras).

Si fuera necesaria su vinculación a tierra, ésta se debe hacer en forma equipotencializada respecto al portante y su estructura soporte.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio

ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

#### 6.5 Conductores y cables de guardia

**6.5.1 Líneas con conductores múltiples:** Cuando no sean expresamente especificados conductores múltiples por fase, cada uno de los subconductores, integrantes de la fase, será considerado a los efectos de la presente, como un conductor independiente.

**6.5.2 Dimensiones mínimas:** Los conductores y cables de guardia para líneas no deben presentar cargas de rotura menores a 570 daN.

**6.5.3 Tensiones mecánicas máximas:** En las hipótesis de cálculo establecidas, las tensiones mecánicas de los conductores y de los cables de guardia no deben superar los siguientes límites:

- Con temperatura media anual sin carga adicional: El 25% de la carga de rotura en condiciones de cable asentado.
- En el estado atmosférico para el cual se verifica la tensión máxima: El 70% de la carga de rotura.

Nota: Las tensiones mecánicas características serán indicadas por el fabricante o resultantes de ensayos especiales.

**6.5.4 Caso particular de las líneas en cable aislado preensamblado o suspendido:** En este caso debe considerarse solo la tensión mecánica resistente del cable portante despreciando la resistencia mecánica del cable suspendido.

#### 6.6 Protección contra sobretensiones

En una línea aérea, al ser el componente físicamente más desarrollado dentro de un sistema de potencia, su aislación debe resistir además de la tensión permanente a frecuencia industrial durante su vida útil, una serie de solicitaciones dieléctricas variables, internas y externas. A tal fin se emplearán métodos de protección suficientes a este cometido, como ser hilos de guardia, descargadores de sobretensión u otros.

**6.6.1 Solicitaciones internas:** Las solicitaciones internas son las concernientes a la aparición de sobretensiones propias del sistema, operativas o imprevistas de los órganos de maniobra y/o protección.

**6.6.2 Solicitaciones externas:** Las solicitaciones externas son las concernientes a la aparición de sobretensiones de origen atmosférico, propias de las condiciones geográficas de la zona y eléctricas del sistema.

**6.6.3 Criterios:** A tal fin se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- Coordinación de aislamiento.
- Niveles máximos de sobretensión admitidos por el diseño de la línea, su equipamiento asociado y su influencia por acoplamiento inductivo – capacitivo con las instalaciones conductivas de contorno.



- c) Niveles máximos definidos por condiciones de seguridad, como tensiones de contacto transitorias, prevención de incendios, perturbaciones al manejo de señales, etc.

Se establecerán las medidas necesarias a fin de limitar las perturbaciones, daños o degradación de las condiciones de seguridad de los sistemas asociados de menor tensión, ya sea por acoplamiento o transformación.

En los casos de emplear sistemas de acoplamiento en isla (inductivo o capacitivo), se arbitrarán los medios a fin de cumplimentar lo requerido.

Será indistinto hacer prevalecer como prioritaria la protección de la línea aérea de vinculación o los equipos vinculados y asociados en sus cabeceras.

En el caso de vinculación galvánica entre líneas de sistemas de distribución debe prevalecer la condición de protección de la línea de menor nivel básico de aislación.

Los casos particulares como seccionamiento longitudinal de línea, tendido de cable aéreo, o de abrupto cambio de impedancia característica deben ser protegidos ante las sobretensiones.

Los diseños de líneas con conductores protegidos, tendidas o dispuestas, deben ser evaluadas particularmente respecto las sobretensiones enunciadas.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES UNA COPIA DEL ORIGINAL

## 6.7 Interferencia con otras instalaciones

**6.7.1 Coexistencia de líneas:** Los cables o conductores pertenecientes a líneas de clases de tensión pueden ser instalados sobre estructuras únicas, siendo esto tenido en cuenta en su proyecto original o en el de su modificación.

**6.7.2 Protección para líneas pasantes bajo puentes o viaductos:** Cuando en dichos pasajes no fuera posible mantener las distancias eléctricas mínimas, indicadas en la sección 7, los conductores deben protegerse adecuadamente con aislación plena respecto a tierra. De existir envolturas externas metálicas, éstas se deberán conectar a potencial de tierra. También se aplicarán protecciones mecánicas a fin de garantizar la inaccesibilidad a partes con tensión o de aislación parcial.

**6.7.3 Líneas pasantes bajo alambre-carriles:** Las líneas pasantes bajo alambres-carriles están prohibidas, debiendo transformarse a disposición enterrada para ejecutar el cruce. Los terminales de línea para los tramos aéreos deben quedar lo suficientemente apartados para garantizar las tareas de explotación y mantenimiento de las instalaciones del alambre-carril, debiendo ser aprobadas por la autoridad de aplicación.

## 6.8 Condiciones para la seguridad pública

**6.8.1 Prohibición de acceso:** Es prohibido subir a las estructuras de las líneas a cualquier persona que no esté autorizada por razones de servicio.

**6.8.2 Señalización:** Las estructuras de líneas de clases "C; D y E" deberán incluir una señalización de "Peligro Alta Tensión", que advierta al público de tal situación.

**6.8.3 Obstáculo:** Las estructuras de líneas de clases "B, C, D y E" deberán incluir un obstáculo material que dificulte el acceso en grado sumo, salvo por actos de intención manifiesta. No se requiere la aplicación de este obstáculo material para las estructuras:

- Cilíndricas o troncocónicas (metálicas, de hormigón armado o madera) de diámetro en su base, mayor o igual a los 200 mm.
- Fijadas a los edificios, que no sean accesibles por los techos o sólo a personal idóneo.
- Ubicadas en áreas rurales, alejadas de centros poblados.

## 6.9 Requisitos para emplear las líneas de Clase BB - "Media Tensión Con Retorno por Tierra"

Se admite el uso del sistema con retorno por tierra solo en electrificación rural, en cualquiera de sus variantes conocidas (neutro múltiplemente aterrado, monofilar con retorno por tierra o con transformador de aislamiento [SWER]) y en tensiones de hasta 22 kV fase tierra, cuando se cumplan los siguientes requisitos mínimos:

- Se realicen únicamente como derivaciones de líneas troncales trifásicas.
- Se equipen en el punto de alimentación con un seccionador portafusible autodesconectador, adecuadamente coordinado con las demás protecciones del sistema.
- Que la intensidad máxima de corriente nominal por ramal sea de 10 A.



- d) Que las longitudes de paralelismo con líneas aéreas telefónicas y de energía, de mayor o menor tensión, sea determinada mediante interacción técnica entre las empresas responsables, a fin de evitar perturbaciones y mantener las condiciones de seguridad.
- e) Que los alambrados, tanto los que transcurren paralelos a la línea como los que se encuentren próximos a los puestos de transformación, tengan el mismo tratamiento indicado en el punto 8.3 de la presente Reglamentación, verificándose también la limitación de la corriente de contacto, según lo expresado en el punto 7.10.5.
- f) Que en todos los casos las puestas a tierra de servicio y protección sean separadas, manteniendo una separación mínima de 20 m.
- g) Que el sistema de conexión empleado en la ejecución de puestas a tierra sea del tipo irreversible, sin posibilidad de desarme.
- h) Que los valores de resistencia permanentes de las puestas a tierra no superen los máximos establecidos:
  - PAT de servicio:  $2 \Omega$ .
  - PAT de protección:  $10 \Omega$ .

Se recomienda en todos los casos en que se analice adoptar este sistema, el estudio correspondiente incluya un análisis técnico-económico dentro del período de vida útil (en general de 25 años) que contemple los costos de inversión inicial, de explotación y mantenimiento preventivo (necesario para garantizar la permanencia en el tiempo de las condiciones de seguridad establecidas inicialmente) justifique su aplicación frente a los sistemas con retorno por conductor transportado.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

## 7 Distancias de seguridad

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

### 7.1 Consideraciones generales

**7.1.1 Aplicabilidad:** Las distancias de seguridad se aplican para líneas que son capaces de despejar automáticamente fallas a tierra y están basadas en la máxima tensión de servicio del sistema.

**7.1.2 Exigibilidad:** Estas distancias son las mínimas de seguridad y exigibles para instalaciones permanentes y temporarias. En situación de emergencia, para el restablecimiento temporario del servicio luego de contingencias exteriores excepcionales (climáticas, vandalismo, etc), se podrán aplicar distancias menores, con la conveniente señalización y bajo inspección permanente a fin de asegurarlas.

**7.1.3 Consideración sobre el cálculo de las distancias:** Las distancias que más adelante se especifican, se aplican bajo las siguientes condiciones de carga y temperatura del conductor, rigiendo aquella que produzca la mayor distancia final, luego de evaluar cuidadosamente e incluir los efectos de las deformaciones permanentes que puedan producirse sobre el conductor.

- a)  $50^{\circ}\text{C}$  sin viento.
- b) La temperatura máxima del conductor, sin viento, para la cual la línea se haya diseñado, siempre que resulte mayor a  $50^{\circ}\text{C}$ .
- c)  $-5^{\circ}\text{C}$ , sin viento, con sobrecarga vertical de manguito de hielo de acuerdo con la zona climática correspondiente.

### 7.1.4 Consideración sobre la medición de las distancias y los espaciamentos:

- a) Las distancias son las mínimas y efectivas, siendo medidas de superficie a superficie.
- b) Los espaciamentos serán medidos entre centros.
- c) Las partes a potencial del equipamiento al servicio de los conductores se considerarán como partes de los mismos.
- d) Las bases metálicas que soporten equipamiento aislado se considerarán como partes soportes de las estructuras soporte.

**7.1.5 Consideración sobre el empleo de conductores protegidos:** Pueden disponerse, respetando las distancias de seguridad indicadas en cada caso, siempre y cuando se observen los requisitos indicados a continuación:

- a) Posean en la periferia de la cuerda metálica una capa interna semiconductor para uniformar el campo eléctrico en el interior del aislante.



- b) Posean bloqueo longitudinal a la entrada de humedad.
- c) Sean resistentes a la exposición prolongada a la radiación ultravioleta.
- d) Sean resistentes al encaminamiento eléctrico superficial.
- e) Posean suficiente rigidez dieléctrica para ser considerados de tal forma.
- f) Dado que el campo eléctrico no está confinado en su interior, el conductor protegido a los fines de su explotación será considerado como desnudo.

## 7.2 Distancia entre conductores de la misma terna

Válido también para líneas doble terna de igual sistema o ternas de sistemas distintos compartiendo la misma estructura.

**7.2.1 Líneas de clases "B y C":** Para las líneas de clases "B y C", la distancia entre conductores, en m, en el centro del vano y en situación de reposo, no será menor que la dada por la fórmula:

$$D = k \cdot \sqrt{f_{max} + L_k} + \frac{V_N}{150}$$

Donde:

$D$ : Distancia entre conductores en medio del vano, en metros.

$f_{max}$ : Flecha máxima del conductor, en metros.

$L_k$ : Longitud oscilante de la cadena de suspensión en metros. (Para aisladores rígidos  $L_k = 0$ )

$V_N$ : Tensión nominal de línea en [kV].

$k$ : Coeficiente dependiente del ángulo de declinación máximo del conductor por efecto del viento máximo, considerado perpendicular a la línea (ver tabla 7.2-a).

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL.

[7.2-1]

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Tabla 7.2-a – Valores del coeficiente "k"

Disposición de los Conductores	< 45°	De 45° a 55°	De 55° a 65°	> 65°
Superpuesto en un plano vertical	0.70	0.75	0.85	0.95
Dispuestos en triángulo equilátero, dos a igual nivel	0.62	0.65	0.70	0.75
Ubicados en un mismo plano horizontal	0.60	0.62	0.65	0.70

### 7.2.2 Condiciones:

- a) En retenciones o fijaciones de suspensión con aislador rígido, se considera  $L_k = 0$ .
- b) En fijaciones de suspensión con aisladores con cierto grado de flexibilidad, la misma deberá ser tenida en cuenta para la determinación de las distancias eléctricas.
- c) En líneas de clase "B" esta distancia puede reducirse, en los siguientes casos:
  - c.1) Con conductores desnudos hasta en un 30 %.
  - c.2) Con conductores protegidos, sin el empleo de espaciadores, hasta en un 60 %, con un mínimo de 0.40 m.
- d) Entre conductores no homogéneos (de distinta sección, material o flecha) se considerará la distancia mayor que resulte en cada caso particular.
- e) En circuitos paralelos con distintas tensiones de servicio, sobre el mismo poste, se adoptará el valor correspondiente a la tensión más elevada.
- f) Para determinar la distancia entre conductor e hilo de guardia se empleará la fórmula [7.2-1] para la tensión nominal fase a tierra ( $V_N / \sqrt{3}$ ).

### 7.2.3 Excepciones donde no es de aplicación la fórmula [7.2-1]:

- a) En líneas protegidas de clase "B y C", con espaciadores.
- b) En líneas aisladas de clase "B", con cables preensamblados.
- c) Para conductores de igual fase.

Nota: En líneas de clase "C" podrán emplearse métodos alternativos para la determinación de esta distancia, que contemplen la evaluación estadística de sobretensiones y velocidades de viento ú otros criterios de coordinación de aislamiento.

### 7.2.4 Verificaciones



- a) El acercamiento entre conductores (desnudos o protegidos), dispuestos en un mismo plano horizontal y en el centro del vano, se verificará respecto de la distancia determinada según [7.2 -1], bajo la hipótesis de declinación máxima de los mismos, en igual sentido pero con distintas velocidades de viento. Asumiendo que el viento incide sobre la primera fase con una velocidad igual a la máxima de diseño, y sobre las otras dos con una velocidad del 80 % de la misma. Para los vanos muy largos, en que la flecha excede el 4% del mismo, se considerará un viento con velocidad del 90 % de la máxima de diseño sobre las otras dos fases.
- b) La distancia mínima de acercamiento no debe ser inferior a  $V_N$  (kV) / 150, en m.

Nota: En líneas de clases "D y E", se admite utilizar métodos estadísticos para la determinación de esta distancia.

**7.2.5 Probabilidad de energización:** Se recomienda para líneas de AT, clases "D y E" realizar estudios que demuestren que la probabilidad de energización exitosa de la misma, en el caso más conservador (con mínima potencia de cortocircuito), sea  $\geq$  a 0.999. Teniendo en cuenta:

- a) La presencia de descargadores de línea y sus características.
- b) La longitud de la línea y el número de vanos que existen.
- c) La distribución estadística de sobretensiones por energización que se presenten en la maniobra.
- d) Las características del aislamiento entre fases, por sobretensiones aplicadas, considerando su tensión de descarga crítica y su desviación standard.
- e) Todos los factores que estadísticamente pudieran tener efecto en la presencia de la descarga, como por ejemplo la variación de la rigidez dieléctrica por altitud sobre el nivel del mar, contaminación, etc.

### 7.3 Distancia entre conductores y partes estructurales propias puestas a tierra

**7.3.1 Distancias internas:** Las distancias internas deben ser determinadas en función de las solicitaciones eléctricas a que las líneas serán sometidas, las características del equipamiento y la rigidez dieléctrica de los espacios de aire involucrados, teniendo en cuenta simultáneamente las condiciones de viento probables, de manera tal de no superar el riesgo de falla de la aislación previamente establecido.

**7.3.2 Mantenimiento bajo tensión:** Cuando se haya previsto el empleo de técnicas de mantenimiento con línea viva (bajo tensión), todas las distancias deberán ser verificadas de forma de garantizar la seguridad del personal involucrado en las mismas. Ver la Reglamentación para la Ejecución de Trabajos con Tensión de AEA.

**7.3.3 Distancia mínima:** La distancia "s" mínima entre el conductor o sus accesorios puestas a potencial de línea y las partes a potencial de tierra debe ser:

- a) En líneas de clase "B".

$$1 \text{ kV} < V_M \leq 8,7 \text{ kV}: s = 0,075 \text{ m}$$

$$8,7 \text{ kV} < V_M \leq 50 \text{ kV}: s = 0.075 + 0.005 \cdot (V_M - 8.7) \text{ [m]}$$

$V_M$ : Máxima tensión de servicio del sistema, en kV.

- Nota1: Cuando se trate de cadenas con libertad de movimiento, deberán aplicarse estas distancias para la máxima declinación de diseño.  
Nota2: En líneas de clase "B", para conductores de fase con aisladores a perno rígido, dicha distancia no debe ser menor a la distancia que incluye al aislador y su perno de sujeción, respecto a tierra.  
Nota 3: Este punto no es de aplicación para líneas aisladas, con conductor preensamblado.

- b) En líneas de clase "B" con tensiones máximas de servicio del sistema superiores a 50 kV y líneas de clases "C, D y E", será de aplicación la siguiente ecuación:

$$s = 0.280 + 0.005 \cdot (V_M - 50) \text{ [m]} \quad [7.3-2]$$

$V_M$ : Máxima tensión de servicio del sistema, en kV.

- Nota 1: Estas distancias serán incrementadas 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.  
Nota 2: No se recomiendan distancias mínimas fase a tierra, aplicables para declinaciones de cadenas producidas por vientos extremos.  
Nota 3: Una guía de aplicación se encuentra en el Anexo A

- c) Método Alternativo:

c1) Para sistemas con una tensión máxima de servicio entre fases mayor a 169 kV, podrán emplearse métodos alternativos para la determinación de la mínima distancia a partes de estructura puestas a tierra que contemplen la evaluación estadística de las sobretensiones y velocidades de viento u otros criterios de coordinación del aislamiento.

c2) Sin embargo, las distancias así determinadas no deberán ser inferiores a las previstas para sistemas cuya tensión máxima de servicio entre fases sea igual a 169 kV. Asimismo, no necesitan ser superiores a las resultantes de la expresión [7.3-2] para la tensión correspondiente.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## 7.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas

7.4.1 Para todas las clases de líneas, las distancias serán, como mínimo, las que resulten de la aplicación de la siguiente expresión:

$$D = a \text{ [m]}, \text{ para } V_N \leq 38 \text{ kV (corresponde a tensión fase a tierra } \leq 22 \text{ kV)} \quad [7.4-1]$$

Donde:

$a$ : distancia básica según tabla 7.4-a, en m.

$V_N$ : Tensión de operación de la línea fase a fase, en [kV].

$$D = a + 0.01 \cdot \left( \frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) \text{ [m]}, \text{ si } V_N > 38 \text{ kV}$$

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRASIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD [7.4-2]

Nota1: Las condiciones de carga y temperatura serán las indicadas en 7.1.3.

Nota2: Los valores de "D" calculados mediante la expresión (7.4-2) deberán incrementarse de acuerdo a lo indicado en el punto 7.5.2

Tabla 7.4-a – Distancias básicas "a"

Uso del suelo, tipo de obstáculo y/o naturaleza de la zona atravesada por la línea	Referencia	
	Conductores desnudos, protegidos o aislados (Entre 1 y 22 kV fase a tierra)	
	Distancia "a" [m]	Ver Nota
Zonas accesibles solamente a pedestres ó de tránsito restringido.	4.70	1
Zonas con circulación de maquinaria agrícola, caminos rurales ó secundarios	5.90	2
Zonas urbanas y suburbanas (espacios y caminos para tránsito peatonal o vehicular restringido)	5.50	-
Autopistas, rutas y caminos principales	7.00	-
Vías de FF.CC. no electrificadas por catenaria	8.50	-
Líneas de energía eléctrica	1.20	3
Vías navegables	$H + 2$	4

Nota1: Esta distancia debe ser aplicada cuidadosamente. Si fuera posible que cualquier otra cosa que no sea una persona de a pie pueda ubicarse debajo de la línea, por ejemplo una persona a caballo, la línea no debe considerarse accesible a pedestres solamente. En tal caso, se recomienda seleccionar otro uso del suelo. Se espera que esta categoría sea usada de modo absolutamente eventual y solo en circunstancias especiales.

Nota2: Especial atención debe prestarse a este uso del suelo y a la distancia mínima recomendada. Si se prevé que puedan circular vehículos ó equipos cuya altura máxima operativa supere los 4,30 m, esta distancia deberá incrementarse adecuadamente. Se sugiere adoptar distancias finales al terreno según expresión (7.4-1) no inferiores a 6,50 m con el fin de contemplar antenas ú otras extensiones que suelen incrementar la altura operativa de los equipos agrícolas.

Nota 3: Para la determinación de distancias de cruces con otras líneas, se calculará la parte

$$0.01 \cdot \left( \frac{V_M}{\sqrt{3}} - 22 \right)$$

de la expresión 7.4-2 para cada una de las tensiones de cruce, siempre que ambas pertenezcan a la Clase "C" ó superior. A este valor, se le agregará la distancia básica "a".

Nota 4: "H" es la altura máxima de embarcaciones permitida, de acuerdo con lo establecido por la autoridad que regula el uso del espejo de agua.

Nota 5: Las alturas calculadas anteriormente se podrán reducir, en las condiciones de emergencia establecidas en el punto 7.1.2, a 5 m donde los vehículos tengan acceso durante la emergencia y a 3 m donde no la tengan.

Nota 6: Una guía de aplicación se encuentra en el Anexo A.

## 7.5 Correcciones y despejes adicionales

7.5.1 Terrenos de uso exclusivo del personal del servicio eléctrico: En tramos de líneas que atraviesan terrenos cercados, de ingreso exclusivo al personal que trabaja en el servicio eléctrico, es posible utilizar distancias menores que las calculadas mediante la expresión (7.4-2).

7.5.2 Influencia de la altura: Para líneas con tensiones máximas del sistema superiores a 38 kV, las distancias calculadas según (7.4-1) deberán incrementarse un 3% por cada 300 m por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar.

7.5.3 Límite de Corriente de Contacto: Para tensiones máximas de servicio del sistema superiores a 98 kV fase tierra, las distancias deberán incrementarse (ó el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, calculada según Resolución 0077/98 de la Secretaría de Energía, se transcribe el párrafo textual de dicha resolución: "El nivel máximo de campo eléctrico, en cualquier posición, deberá ser tal que las corrientes de contacto para un caso



testigo: niño sobre tierra húmeda y vehículo grande sobre asfalto seco, no deberán superar el límite de seguridad de CINCO MILIAMPERES (5 mA)". De igual modo, los valores máximos de campo eléctrico calculados al borde de la franja de servidumbre estarán dentro de los límites impuestos por dicha resolución.

## 7.6 Cruces entre líneas – Método alternativo

En caso de que al menos una de las líneas que se crucen excedan los 98 kV fase tierra, las distancias especificadas en el punto 7.4 para cruces de líneas, pueden reducirse siempre que el circuito de mayor tensión tenga un factor de sobretensión de maniobra conocido. Se determinará la distancia alternativa como sigue:

**7.6.1 Distancia Alternativa:** La componente eléctrica " $D_E$ " se calculará empleando la siguiente expresión:

$$D_E = \left[ \frac{a \cdot (PU \cdot V_H + V_L)}{500 \cdot k} \right]^{1.667} \cdot b \cdot c \quad [m] \quad [7.6-1]$$

Donde:

$PU$ : Máximo factor de sobretensión, expresado en pu. (por unidad), de la tensión de cresta fase-tierra, definido como el nivel de sobretensión por maniobra de interruptores con una probabilidad del 98% de no ser excedida ó el máximo nivel de sobretensión de maniobra previsto generado por otros medios, el que resulte mayor.

$V_H$ : Máximo valor de servicio fase a tierra, valor de cresta, del circuito de mayor tensión.

$V_L$ : Máximo valor de servicio fase a tierra, valor de cresta, del circuito de menor tensión.

$a = 1.15$ : Factor correspondiente a 3 desviaciones estándar.

$b = 1.03$ : factor correctivo por condiciones atmosféricas no estándar. (Ver punto 7.5.2)

$c = 1.20$ : margen de seguridad.

$k = 1.40$ : factor de forma para la distancia ("gap") conductor a conductor.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Nota: Los valores de " $D_E$ " calculados mediante la expresión (7.6-1) deberán incrementarse de acuerdo a lo indicado en el punto 7.5.2

**7.6.2 Límite** La distancia alternativa no podrá ser inferior a la calculada de acuerdo al punto 7.6.1, considerándose a la línea de menor tensión con tensión igual a cero. La tabla siguiente muestra casos de distancias mínimas en cruces de líneas:

**Tabla 7.6-a – Casos de distancias de cruces [m]**

Circuito de mayor tensión		Circuito de menor tensión			
Máxima tensión de operación fase-fase	Factor de sobretensión de maniobra	Máxima tensión de operación fase a fase [kV]			
[kV]	[pu]	145	242	380	550
242	≤ 3,3	2,13 (*)	2,38	-	-
380	2,4	3,17 (*)	3,17 (*)	3,17 (*)	-
	2,8	3,17 (*)	3,17 (*)	3,72	-
550	1,8	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)
	2,0	4,15 (*)	4,15 (*)	4,15 (*)	4,65

(\*) Distancias limitadas por restricción 7.6.2

## 7.7 Conceptos aplicables a los edificios o partes pertenecientes a ellos

**7.7.1** Se entiende como parte perteneciente a los edificios:

- Las paredes, salientes o proyecciones de éstas, pertenecientes o no a lo edificado en coincidencia con la línea municipal. Se entiende como línea municipal la que delimita la parte privada de la pública. La línea de edificación puede o no coincidir con la línea municipal, estando o no afectada de un retiro obligatorio.
- Los balcones, pasarelas o salientes de azotea, accesibles normalmente a las personas.

**7.7.2 Accesibilidad:** Un techo, balcón ó área se considera accesible si una persona puede lograr el acceso a través de una puerta, ventana, escalera, rampa ú otra abertura, aún empleando herramientas, dispositivos especiales o adicionales.

**7.7.3 Distancia libre:** Se la entiende como la distancia punto a punto, sin obstáculos galvánicamente a potencial de tierra o aislantes, entre el conductor o sus partes accesorias puestas a potencial y el punto más cercano y saliente perteneciente a una posición practicable de la construcción edilicia (baranda de protección de un balcón, pasarela o terraza, alféizar de una ventana, etc.).

**7.7.4 Posición Practicable:** Se entiende como posición practicable a aquella a la cual una persona puede acceder normalmente, sin la utilización de medios especiales y pararse.

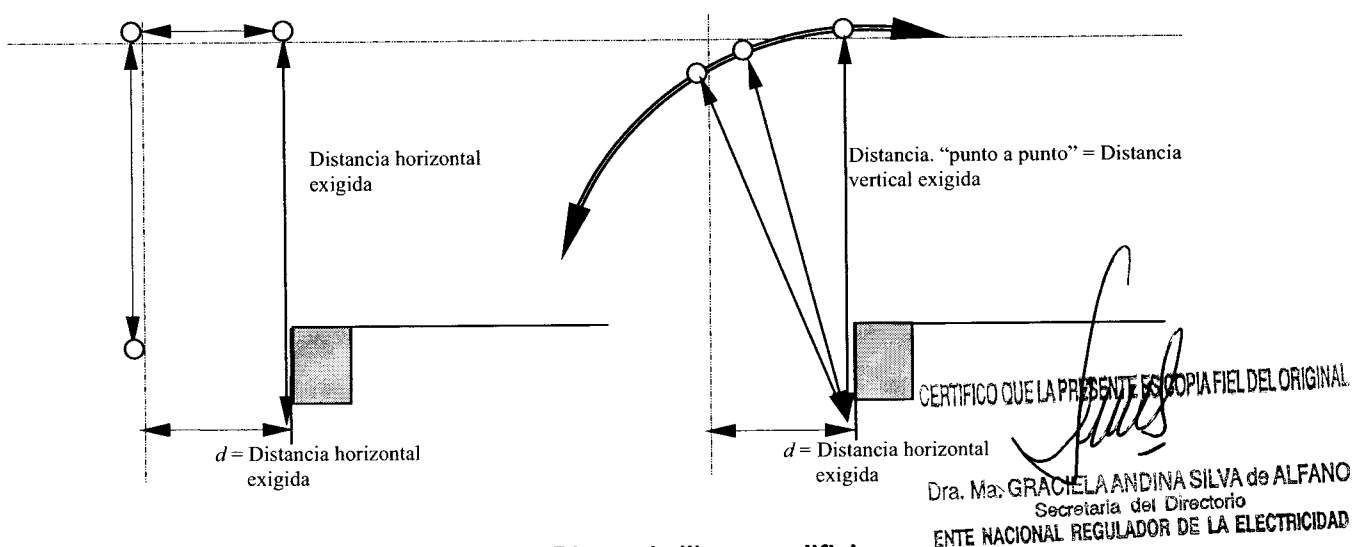
**7.8 Distancias verticales y horizontales a edificios o sus partes (sin desplazamiento del conductor por acción del viento)**

**7.8.1 Distancias libres entre partes vivas y edificios o sus partes:** Cables, conductores y partes vivas fijas de instalaciones, pueden ser localizados adyacentes a edificios o sus partes.

Las distancias verticales y horizontales no deberán ser menores que las calculadas mediante la expresión (7.4-1) teniendo en cuenta la distancia básica "a" indicada en Tabla 7.8-a. Se aplicará la flecha máxima del conductor en el Estado 1.

En aproximaciones, donde la distancia libre horizontal al plano vertical de una saliente del edificio (balcón, pasarela o azotea con acceso a personas) sea menor a la distancia exigida correspondiente, se deberá cumplir con la distancia libre vertical exigida sobre dicha saliente, considerada como distancia "punto a punto" desde el piso de la saliente misma (donde una persona puede acceder y pararse) hasta el conductor o punto con tensión más próximo a dicha saliente.

Nota 1: Las distancias libres de aplicación en el caso de partes vivas próximas a posiciones practicables de estructuras adyacentes o pertenecientes a edificios, como ser chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques de agua y otras instalaciones al servicio del edificio, se determinan en base la correspondiente distancia básica "a" indicada en la tabla 7.8.a.



**Figura 7.8-a – Distancia libres a edificios**

**Tabla 7.8-a – Distancias básicas "a" desde conductores a partes de edificios y otras instalaciones**

Tipo de obstáculo ó instalación		Conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]	Conductores protegidos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]	Conductores aislados con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]
<b>Edificios-horizontal:</b>				
a.	A paredes con aberturas y ventanas de abrir	2.70	2.40	2.00
b.	A ventanas ciegas o con protección	2.30	2.00	1.60
c.	A balcones y áreas accesibles	2.70	2.40	2.00
d.	Chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques de agua y otras instalaciones al servicio del edificio	2.70	2.40	2.00
<b>Edificios-vertical:</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sobre techos ó proyecciones no accesibles.</li> <li>Sobre balcones y techos accesibles.</li> <li>Sobre chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques de agua y otras instalaciones al servicio del edificio</li> </ul>		4.10	4.10	3.60



### 7.9 Distancia libre horizontal a edificios o sus partes (con desplazamiento por acción del viento)

El desplazamiento de los conductores corresponderá al viento básico máximo, corregido por altura y exposición (ver punto 10.1.3) y la distancia a cumplir será de 1,9 m, para líneas con tensión fase – tierra hasta 22 kV.

Para tensiones mayores se aplica la corrección indicada en el punto 7.10.2 o el cálculo alternativo indicado en el punto 7.10.3.

### 7.10 Distancias horizontales y verticales a posiciones impracticables de puentes y otras instalaciones

**7.10.1 Distancias mínimas:** Los conductores de una línea en proximidad de una posición impracticable de un puente, un soporte de señal de tránsito o un cartel, deben mantener distancias no menores a:

a) Distancias horizontales:

- × Desplazado por el viento base máximo tomado para el diseño 1,5 m hasta una tensión fase a tierra de 22 kV.
- × En reposo 1,90 m, hasta una tensión de fase a fase de 50 kV.

b) Distancias verticales:

- × 1,80 m hasta una tensión de fase a tierra de 22 kV.
- × 2,10 m hasta una tensión fase a fase de 50 kV.

**7.10.2 Corrección para líneas de tensión fase a tierra superior:** Para tensiones superiores a 22 kV, hasta 470 kV, adicionar 10 mm por cada kV superior a 22 kV. Para tensiones superiores a 470 kV la distancia será determinada por el método alternativo del punto 7.10.3-

Toda distancia para líneas superiores a 50 kV será calculada usando la máxima tensión de servicio. Además debe verificarse la limitación de la corriente de contacto, ver el punto 7.10.5

**7.10.3 Método alternativo:** Las distancias anteriores, correspondientes a líneas con tensiones fase a tierra mayores a 22 kV podrán ser reducidas a la siguiente distancia "D", cuando se conozcan los correspondientes factores de sobretensión de maniobra, mediante la siguiente expresión:

$$D = \left[ \frac{a \cdot PU \cdot V_M}{500 \cdot k} \right]^{1,667} \cdot b \cdot c \text{ [m]} \quad [7.10-1]$$

Donde:

**PU:** Máximo factor de sobretensión, expresado en p.u., de la tensión de cresta fase-tierra, definido como el nivel de sobretensión por maniobra de interruptores con una probabilidad del 98% de no ser excedida ó el máximo nivel de sobretensión de maniobra previsto generado por otros medios, el que resulte mayor.

**V<sub>M</sub>:** Máximo valor de servicio fase a tierra, valor de cresta, en kV.

**a = 1.15:** factor correspondiente a 3 desviaciones estándar.

**b = 1.03:** factor correctivo por condiciones atmosféricas no estándar.

**c = 1.20:** margen de seguridad.

**k = 1.15:** factor de forma para la distancia ("gap") conductor sobre plano.

Nota: Los valores de D calculados mediante la expresión (7.10-1) deberán incrementarse de acuerdo a lo indicado en el punto 7.5.2

**7.10.4 Límite:** Las distancias calculadas con el método alternativo (7.10.3) no serán menores que las indicadas más 0,76 m, calculados para una tensión fase a tierra en servicio normal del sistema de 98 kV.

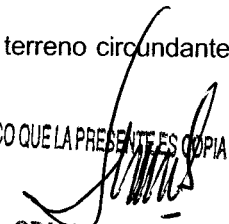
**7.10.5 Limitación de campo eléctrico:** Para tensiones máximas del sistema superiores a 98 kV fase a tierra, las distancias deberán incrementarse (ó el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, si una parte de metal no puesta a tierra, perteneciente a un edificio, señal, chimenea antena de radio o televisión, tanque u otra instalación cualquiera, fuera cortocircuitada a tierra.

### 7.11 Distancias a posiciones practicables

**7.11.1** Distancia respecto a las posiciones practicables de otras obras o del terreno circundante permanente, considerando la flecha vertical máxima, no se aplica a edificios.

- a) Líneas de clase "B": 3.00 m.
- b) Líneas de clase "C": 3.75 m.
- c) Líneas de clase "D": (3.00 + 0.010 V<sub>N</sub> [kV]) m.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

- Nota 1: Se entiende en general como posición practicable a aquella a la cual una persona puede acceder normalmente y pararse. En el caso de personal afectado a la explotación y mantenimiento de las líneas, dicha posición se ubica a 1,20 m por debajo del punto de trabajo (fijación de la línea o acometida en la postación, conexión, etc).
- Nota 2: A los fines de definir distancias horizontales desde cables aislados de líneas de clase "B", se las considerará como de clase "A".

**7.11.2** Distancias respecto a Estructuras o Columnas de Alumbrado, Cartelería, Señales de Tránsito, etc. En general se trata de instalaciones sin posiciones practicables a su servicio, a las cuales se accede por medios especiales.

- a) Líneas de clase "B" desnudas, considerando la flecha vertical máxima.
  - × Para conductores por encima del plano de ubicación de la luminaria, 2,00 m en cualquier dirección, respecto del mismo y su brazo pescante.
  - × Para conductores, por debajo del plano de ubicación del artefacto de iluminación, 3,00 m en cualquier dirección, respecto a la columna de alumbrado, su pescante y luminaria.

Nota: En caso de cables o conductores aislados se reduce a 2,00 m. En caso de protegidos se reduce a 2,40 m.

- c) Líneas de clase "C" desnudas o protegidas, en todas direcciones:  $[(3.00 + 0.010 V_N \text{ [kV]})]$  m.

- d) Líneas de clase "D y E", en todas direcciones:  $[(3.00 + 0.010 V_N \text{ [kV]})]$  m, además se considerarán las restricciones dentro de la franja de servidumbre (ver puntos 9.3 y 9.4). Además deberá verificarse la limitación de la corriente de contacto, ver el punto 7.10.5.

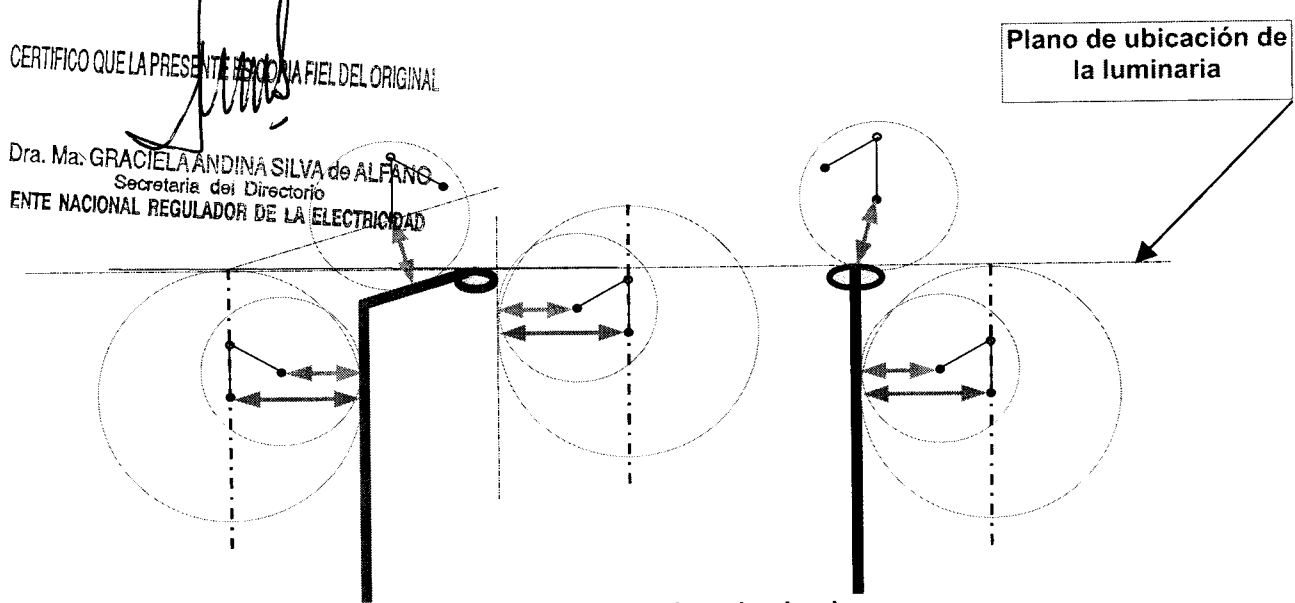


Figura 7.11-a – Distancias a luminarias

## 7.12 Distancias desde estructuras

**7.12.1** A hidrantes o bocas de incendio: 0,90 m Donde la distancia lo permita no será menor a 1,20 m. Líneas de clase "B": 3.00 m.

**7.12.2** A la línea de edificación: Distancia "d" respecto a la línea de edificación, sin tener en cuenta la existencia o no de retiro obligatorio para la construcción edilicia: 2.00 m.

Nota: Donde sea imposible mantener esta distancia, ya sea por lo estrecho de la vereda y/o la existencia de árboles plantados alineados en la misma, los postes simples únicamente podrán implantarse alineados con la disposición de los mismos.

**7.12.3** A bordes de calles, rutas y autopistas de tránsito de vehículos normales (autos, transporte público y cargas medianas): Se debe mantener una distancia no menor a 0,50 m. En los casos que la circulación vehicular lo requiera se deberán fijar distancias especiales.

**7.12.4** Al riel más cercano, en predio propio de instalaciones ferroviarias: 3,60 m.

**7.12.5** Distancia respecto de gasoductos de presión de servicio  $\geq$  a 3 daN/cm<sup>2</sup> y diámetro mayor o igual a:

- × 152 mm: 0.50 m por cada 10 kV de  $V_N$
- × 203 mm: 1.00 m por cada 10 kV de  $V_N$

Nota 1: El mínimo será, en ambos casos de 10 m, y alcanza también al emplazamiento de los dispersores de puesta a tierra (de la línea eléctrica y del gasoducto).



Nota 2: Cuando exista posible vinculación de las puestas a tierra, por alejamiento imposible de realizar, se aplicará la separación galvánica por varistor, para el nivel de tensión nominal en BT (380 V). La distancia mínima entonces será la que permita el acceso y explotación de ambas instalaciones..

**7.13 Distancias desde conductores a partes de estructuras, tensores y entre conductores de neutro de líneas distintas. No se aplica a posiciones practicables.**

**7.13.1 Distancias horizontales:** En condiciones de flecha máxima vertical o desviada, Estados 1 y 3. Entre conductores neutros efectivamente aterrados a lo largo de su desarrollo y pertenecientes a circuitos de hasta 22 kV fase a tierra: 0,60 m.

**7.13.2 Distancias verticales entre conductores y partes de estructuras a tierra**

**Tabla 7.13-a – Distancias verticales hasta 22 kV**

Nivel inferior	Nivel superior		
	Cables, conductores de neutro y cables de protección	Tensores portantes de cables y conductores o cables de comunicación	Conductores desnudos o protegidos con tensiones fase a tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV.
Riendas, vanos de cables, conductores de neutro y cables de protección	0,60 (1) (2)	0,60	1,20
Tensores portantes de cables y conductores o cables de comunicación.	0,60	0,60	1,80
Conductores desnudos o protegidos con tensiones fase a tierra hasta 22 kV	1,20	1,80	0,60

Nota1: Esta distancia puede ser reducida si ambas riendas se interconectan eléctricamente.

Nota2: Esta distancia puede ser reducida en no más del 25 % si la rienda está provista, para la parte en cuestión, de un aislador que la separe de su fijación a la parte de la estructura cercana a los conductores bajo tensión. También se aplica a tramos de rienda entre conductores.

**7.13.3 Corrección para líneas de tensión fase a tierra superior:** Para tensiones superiores a 22 kV, hasta 470 kV, adicionar 10 mm por cada kV superior a 22 kV. Para tensiones superiores a 470 kV la distancia será determinada por el método alternativo del punto 7.10.3 .- Esta distancia adicional será calculada usando la máxima tensión de servicio, si la tensión nominal está por debajo de los 50 kV o la tensión nominal si está por encima de dicho valor.

**7.14 Distancias desde conductores a árboles próximos a la línea. Se consideran en todas direcciones.**

Se deben considerar las alturas y distancias de separación a mantener desde los conductores (desnudos o protegidos) y sus soportes, respecto a los árboles y flora en general, teniendo en cuenta las posiciones practicables (7.11.1) necesarias para su conservación (por raleo y/o despunte), su especie (por la altura final y su crecimiento) y su protección en general. En líneas de clase "B y C" el diseñador determinará la necesidad de emplear conductores protegidos. En caso de emplearlos donde no se requiera trepar al árbol para su conservación, no se exigen las distancias de separación al mismo, más allá de las necesarias a fin de evitar el daño mecánico del conductor.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

**8 Paralelismos**

**8.1 Con otra líneas aéreas de energía de menor tensión de servicio:** Se deberá asegurar que las posibles tensiones de acoplamiento electrostático o inducidas en situaciones normales o de emergencia, sobre la línea de menor tensión de servicio, no causen perjuicio al equipamiento de la misma, a sus cargas conectadas, a su personal de explotación y a terceros.

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**8.2 Con líneas de telecomunicaciones o rieles de ferrocarriles.**

Se deberá asegurar, mediante la interacción técnica entre las empresas responsables, que las longitudes de paralelismo alcanzadas en las trazas respectivas propuestas no ocasionen en condiciones normales y de emergencia tensiones inducidas o perturbaciones que perjudiquen el normal tráfico de comunicaciones, o afecten la seguridad del personal de explotación o terceros u ocasionen corrosión galvánica sobre las instalaciones.

**8.3 Con alambrados.**

A fin de evitar tensiones inducidas peligrosas, por paralelismo con líneas de energía eléctrica, la totalidad de los hilos de los alambrados deberán ponerse a tierra y seccionarse convenientemente. Su interrupción física se asegurará mediante el empleo de aisladores o espacios abiertos. Los alambrados electrificados deberán ser

referidos a tierra o interrumpidos, de forma de mantener sus propios niveles de energía. También deberá verificarse la limitación de la corriente de contacto, ver el punto 7.10.5.

#### 8.4 Con líneas de media tensión con retorno por tierra, existentes.

Serán analizadas como casos particulares, en función de la tecnología empleada, su disposición y sistemas propios de protección.

### 9 Franja de servidumbre

#### 9.1 Definición.

Se define una única franja de servidumbre (sin otras adyacentes a ella, con semirrestricciones), a ambos lados de los conductores externos de la línea, con restricciones para su empleo. Es de aplicación a los desarrollos de líneas aéreas en predios privados. No se aplica en la vía o espacio público, en estos casos se define una franja de seguridad establecida por las propias distancias de seguridad exigibles.

#### 9.2 Ancho de la franja

La franja total de terreno, afectada por servidumbre, ancho físico de la línea (bajo condición de viento máximo) más las franjas de seguridad a ambos lados, responde a la fórmula:

$$A = C + 2(L_k + f_v) \operatorname{sen} \alpha + 2d \quad [m] \quad [9.2-1]$$

Donde:

$A$ : Ancho total, en metros.

$C$ : Distancia entre los puntos de fijación de los conductores extremos, en metros, para líneas horizontales o triangulares. En líneas verticales  $C = 0$

$L_k$ : Longitud oscilante de la cadena de suspensión, en metros. (Para aisladores rígidos  $L_k = 0$ )

$f_v$ : Flecha inclinada máxima del conductor, en metros, para el estado de viento definido en 6.2.2 para franja de servidumbre.

$\alpha$ : Ángulo de declinación máximo del conductor, por efecto del viento definido en 6.2.2 para franja de servidumbre. Dicho viento se corresponde con el empleado para la determinación de las distancias eléctricas externas de la línea.

$d$ : Distancia de seguridad, en metros.

$$d = 1.5 d_m + 2 \quad [m] \quad \text{CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL} \quad [9.2-2]$$

$d_m$ : Distancia mínima, en metros.

$$d_m = V_S / 150 \quad [m] \quad \text{Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO} \quad [9.2-3]$$

$$V_S = \mu \times 1.2 \times 0.82 \times V_N \quad \text{Secretaría del Directorio} \quad [9.2-4]$$

$\mu$ : Coeficiente de sobretensión máxima de servicio. (1,1 en general en sistemas trifásicos simétricos de 50 Hz y con centro de estrella, neutro, conectado rigidamente a tierra).

1.2: Consideración del enrarecimiento del aire (humedad, polución, etc.).

0.82: Factor de valor de cresta de la tensión (Tensión contra tierra).

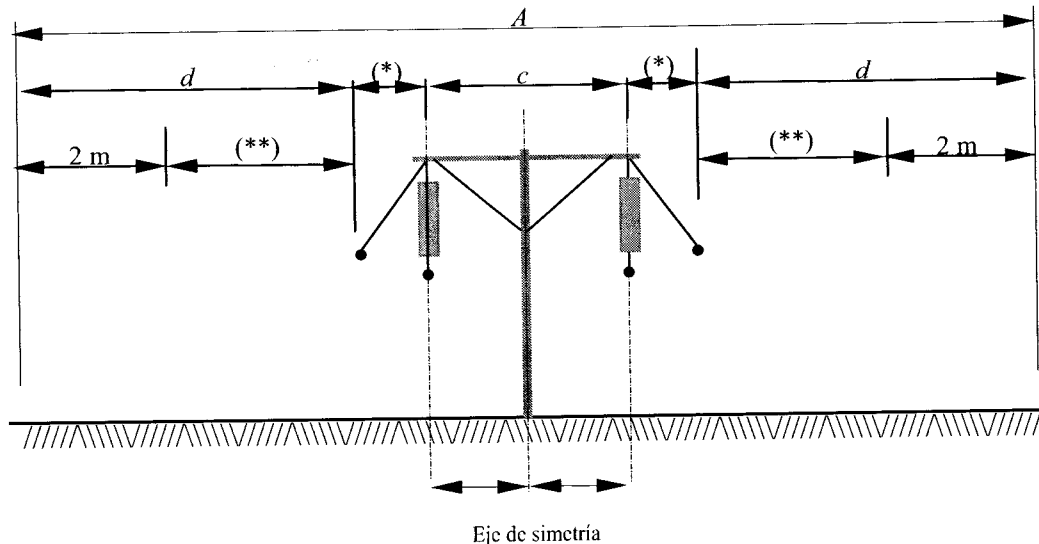
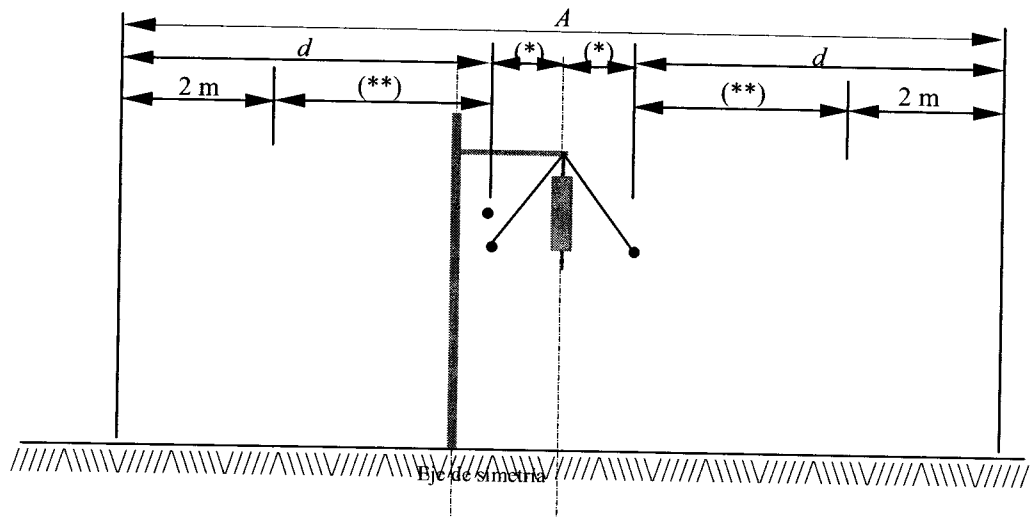


Figura 9.2-a – Esquema de aplicación a Líneas Horizontales y Triangulares

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. M<sup>a</sup>. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**Figura 9.2-b – Esquema de aplicación a Líneas Verticales**

La distancia de seguridad se compone de dos partes, una variable en función de la sobretensión posible de maniobra, afectada de un coeficiente de seguridad y la otra fija definida en 2 metros, como distancia de avance circunstancial (ni provisorio, ni definitivo), a la franja de servidumbre establecida.

$$\begin{aligned} *) & \quad (L_k + f_v) \operatorname{sen} \alpha & \quad [m] & \quad [9.2-5] \\ **) & \quad d = 1.5 d_m & \quad [m] & \quad [9.2-6] \end{aligned}$$

**9.2.1 Valores de “ $d_m$ ” a satisfacer:** La distancia de seguridad debe ser mayor que una distancia cualquiera, existente en la línea en forma permanente, medida desde un punto con tensión nominal a un punto de potencial cero (entre equalizadores de campo, conductor a ménsula, etc.).

- Mayor que la distancia mínima de arco correspondiente a la tensión  $V_s$ .
- Mayor que la distancia mínima para resistir sobretensiones a frecuencia industrial.
- Incrementada en un 50 %, debe ser mayor que la distancia calculada por sobretensión de maniobra para una desviación standard  $\mathcal{G} = 0,06$  por sobre el nivel básico de aislación, como:

$$d_{sm} = 1.74 \times 10^{-3} \times NBA \times 1.66 \quad [9.2-7]$$

Incrementada en un 50 %, debe ser mayor que la distancia calculada por sobretensión atmosférica para una desviación standard  $\mathcal{G} = 0,03$  por sobre el nivel básico de aislación, como:

$$d_{sta} = 1.67 \times 10^{-3} \times NBA \times 1.66 \quad [9.2-8]$$

**9.2.2 Verificación de los anchos de franjas:** Este ancho de la franja de servidumbre debe ser verificado, con los conductores en reposo, considerando que en los límites de la misma:

- El campo eléctrico no supere 3 kV./m.
- El campo magnético no supere 25  $\mu$  T.

**9.2.3 Ancho uniforme de la franja de servidumbre:** El ancho de la franja de servidumbre a establecer en general será único para toda la traza de la línea y correspondiente al máximo ancho calculable en función del diseño de las estructuras y los vanos incluidos en la misma. Se podrán realizar, de común acuerdo, variaciones puntuales e iguales para la zona de implante de torres o estructuras en particular, con característica de “restricción total a su empleo” a diferencia de la zona de vanos con “restricción parcial”, cuando los anchos de franja de servidumbre lo justifiquen.

**9.2.4 Minimización de las tensiones de contacto:** Todas las construcciones total o parcialmente metálicas (molinos, galpones, alambrados, viviendas, colmenas, etc.) situadas dentro de la franja de servidumbre de líneas aéreas de clase “C” o de tensiones mayores, existentes o posteriores a la delimitación de la misma, se deben conectar a una puesta a tierra local a efectos de minimizar los valores de inducción electromagnética, que puedan originar corrientes de contacto mayores a 5 mA (ver punto 7.5.3).



### 9.3 Restricciones a su empleo.

Se recomienda que las restricciones siguientes, referidas a mantener las condiciones de seguridad en el desarrollo de la traza de la línea, sean analizadas y si se consideran necesarias se incluyan en la redacción del Contrato de Servidumbre correspondiente.

#### 9.3.1 Dentro de la superficie afectada por la servidumbre queda prohibido lo siguiente

- a) Cualquier tipo de edificación o construcción destinada a vivienda permanente o con permanencia de personas.
- b) Su utilización para el emplazamiento de escuelas o campos deportivos.
- c) Modificar los niveles del suelo ya sea con excavaciones o terraplenes, que afecten o puedan afectar la estabilidad de las estructuras, las tareas de mantenimiento o disminuyan las alturas y distancias de seguridad.
- d) La plantación de árboles o arbustos que en su máximo estado de crecimiento superen la altura de 4 metros, salvo el caso de bosques existentes que se considerarán en forma especial en la elección de la traza o en el diseño de la línea, de acuerdo con las distancias mínimas de seguridad establecidas.
- e) La quema de rastrojos, matorrales, etc., en la franja de servidumbre (o próximas a ella) que por efecto de la dirección de los vientos puedan sacar la línea de servicio por ionización del aire, contaminen o polucionen sus aislaciones en forma severa, más allá de las propias de la zona geográfica correspondiente, consideradas en el proyecto.
- f) El manipuleo o trasvasamiento de combustibles líquidos o gaseosos, o volátiles inflamables.
- g) La instalación de piletas de natación, playas de estacionamiento o cementerios.
- h) La instalación de basurales a cielo abierto, por el riesgo de fuego espontáneo que conllevan.
- i) Realizar voladuras de terrenos con explosivos.
- j) El empleo de alambrados electrificados, que no contemplen lo establecido en el punto 8.3 .

#### 9.3.2 Solo bajo autorización escrita del Titular de la Servidumbre se podrán realizar las siguientes acciones

- a) Transitar con vehículos o equipos móviles que superen la altura neta de 4,5 metros.
- b) Sembrar o plantar especies que superen los 4 metros de altura neta, en su etapa de mayor crecimiento.
- c) Plantar, en el borde de la franja de servidumbre, especies vegetales que dada su ubicación y altura puedan llegar a producir daños o situaciones de peligro y pérdida del servicio en caso de su caída, total o parcial, dentro de la franja de servidumbre.
- d) Instalar sistemas de riego por aspersión con cañón de gran alcance.

#### 9.3.3 Libertad de acceso del personal del Titular de la Servidumbre.

El personal del Titular de la Servidumbre y/o Contratado por este, con la identificación pertinente, tendrá libre acceso, por los lugares permitidos, las 24 horas del día hábil o feriado, con el equipo necesario para operar, mantener o reparar las instalaciones.

### 9.4 Mantenimiento de la condición de servidumbre.

**9.4.1 Caso de venta de la propiedad que incluya servidumbres:** Todas las circunstancias establecidas como restricción al dominio constarán obligatoriamente en toda escritura traslativa del dominio de la tierra, cumplimentando la legislación vigente.

**9.4.2 Caso de modificación del uso del suelo:** Cada vez que se cambie el uso del suelo, el propietario y el titular de la servidumbre deberán acordar las nuevas restricciones que se correspondan a ese nuevo uso, cumplimentando a su vez lo indicado en el párrafo anterior.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

## 10 Solicitaciones exteriores

### 10.1 Climáticas

Las condiciones de carga para el cálculo en cada zona, están caracterizadas por distintas combinaciones de temperatura, velocidad de viento y eventuales sobrecargas de hielo que se resumen en la Tabla 10.1-a siguiente:

Dra. Ma. GRACIELA ANDINÁ SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**Tabla 10.1-a – Estados atmosféricos**

Zona (*)	Temperatura		Velocidad del viento (*)	Espesor manguito hielo
A	T <sub>máx</sub>	+ 50°C		0
	T <sub>mín</sub>	- 5°C		0
	T <sub>c/viento máx.</sub>	+ 10°C	Ver punto 10.1.3.	0
	T <sub>media</sub>	+ 20°C		0
B	T <sub>máx</sub>	+ 45°C		0
	T <sub>mín</sub>	- 15°C		0
	T <sub>c/viento máx.</sub>	+ 10°C	Ver punto 10.1.3.	0
	T <sub>c/viento medio</sub>	- 5°C	Ver punto 10.1.4.	-
C	T <sub>media</sub>	+ 16°C		0
	T <sub>máx</sub>	+ 45°C		0
	T <sub>mín</sub>	- 10°C		0
	T <sub>c/viento máx.</sub>	+ 15°C	Ver punto 10.1.3.	0
D	T <sub>c/viento medio</sub>	- 5°C	Ver punto 10.1.4.	-
	T <sub>media</sub>	+ 16°C		0
	T <sub>máx</sub>	+ 35°C		0
	T <sub>mín</sub>	- 20°C		0
E	T <sub>c/viento máx.</sub>	+ 10°C	Ver punto 10.1.3.	0
	T <sub>c/viento medio</sub>	- 5°C	Ver punto 10.1.4.	-
	T <sub>media</sub>	+ 9°C		0
	T <sub>máx</sub>	+ 35°C		0

(\*) Mapas de zonas climáticas en Anexo B e isocletas en Anexo C adjuntos.

**10.1.1** Las condiciones climáticas dentro de las zonas A, B y D son válidas hasta una elevación sobre el nivel del mar que se indica a continuación:

Zona A	2.200 m
Zona B	850 m
Zona D	750 m

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Nota1: El proyectista de la línea acopiará en forma directa datos, en modo de poder verificar si los de la Tabla 10.1-a superan las condiciones reales, en cuyo caso usará los datos dados por la Tabla.

Nota2: No es aconsejable para el diseño de líneas clase "C" en adelante el uso de los valores de la Tabla 10.1-a, sin su confrontación con los datos reales.

**10.1.2 Factor de carga:** De acuerdo con las condiciones de servicio de la línea se modificarán las cargas definidas corrigiendo el período de retorno:

**Tabla 10.1-b – Factores de carga**

Factor de importancia	Factor de Carga	Periodo de retorno (años)
A	0.93	25
1	1.00	50
2	1.15	100
4	1.30	200
8	1.40	400

**10.1.3 Viento**

a) Fuerza del viento:

La fuerza del viento actuante sobre la superficie de un componente de la línea puede determinarse por:

$$F = Q (Z_p \cdot V)^2 \cdot G \cdot C_F \cdot A \quad [10.1-1]$$

Donde:

F: Fuerza del viento, en daN

V: El viento máximo de diseño para una ráfaga de 10 minutos en m/seg, asociado con uno de los siguientes periodos de retorno:

a.  $V_{pr}$  asociado con el PR-anual Periodo de Retorno Anual correspondiente a las condiciones de servicio de la línea (determinadas cumpliendo el punto 10.1.3.d.)

b.  $V_{50}$  asociado con el Periodo de Retorno de 50 años multiplicado con el correspondiente factor de carga definido en el punto 10.1.2. (el viento con periodo de retorno de 50 años se puede obtener del mapa de isocletas del Anexo C de la presente Reglamentación)

Q: Factor que depende de la densidad del aire

$Z_p$ : Factor del terreno, por altura y exposición

G: Factor de ráfaga para conductores, cable de guardia y estructuras.

$C_F$ : Coeficiente de Forma



23

A : Area proyectada, en m<sup>2</sup>

La fuerza del viento sobre conductores y cables de guardia es:

$$F = Q (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_w \cdot C_f \cdot A \cdot \cos^2 \psi \quad [10.1-2]$$

Donde:

$\psi$  : Angulo del viento con el eje perpendicular de la línea

Para conductores y cables de guardia se recomienda el siguiente coeficiente de forma:

$C_f = 1,0$  para todos los diámetros.

$G_w$ : Factor de ráfaga correspondiente al cable

La fuerza del viento sobre estructuras reticuladas es:

$$F = Q (Z_p \cdot V)^2 \cdot G_t (1 + 0.2 \sin^2 2\psi) \cdot (A_{ml} \cdot C_{ft} \cdot \cos^2 \psi + A_{mt} \cdot C_{ft} \cdot \sin^2 \psi) \quad [10.1-3]$$

Donde:

$Z_v$  : Factor del terreno, por altura y exposición

$G_t$  : Factor de ráfaga correspondiente a la estructura.

$A_{ml}$  : Area proyectada sobre un plano longitudinal

$A_{mt}$  : Area proyectada sobre un plano transversal

$C_{ft}$  : Coeficiente de forma transversal

$C_{fl}$  : Coeficiente de forma longitudinal

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACHELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Tabla 10.1-d – Coeficiente de forma para viento normal a una cara para perfiles de cantos vivos**

Solidez $\phi$	Sección cuadrada	Sección triangular
< 0.025	4.0	3.6
0.025 a 0.44	4.1 – 5.2 $\phi$	3.7 – 4.5 $\phi$
0.45 a 0.69	1.8	1.7
0.70 a 1.00	1.3 + 0.7 $\phi$	1.0 + $\phi$

**Tabla 10.1-e – Factor de corrección para barras de contorno redondeado**

Solidez	Sección cuadrada
< 0.30	0.67
0.30 a 0.79	0.67 $\phi$ + 0,47
0.79 a 1.00	1.00

**Tabla 10.1-f – Factor de corrección para postes**

Tipo de sección	Coeficiente de forma
Circular	0,9
Poligonal de 16 lados	0,9
Poligonal de 12 lados	1,0
Poligonal de 8 lados	1,4
Poligonal de 6 lados	1,4
Cuadrado	2,0

- b) Densidad del aire: el factor de densidad del aire  $Q = 0.00613$  convierte la energía cinética del movimiento del aire en presión.
- c) Velocidad básica del viento: La velocidad básica del viento esta definida a una altura de 10 metros en un terreno abierto, de exposición C.

Nota : El mapa de isocletas de la República Argentina se encuentra en el Anexo C

- d) Determinación de la velocidad básica: Para determinar la velocidad básica del viento con datos de viento local es necesario cumplir como mínimo con las siguientes 4 condiciones:
- d1) Un aceptable análisis de valor extremo estático empleado en la reducción de datos.
- d2) El instrumental de toma de velocidad de viento, apto para la velocidad del viento a medir, colocado en un área abierta y no obstruida. La altura histórica del anemómetro debe ser conocida.
- d3) El viento básico utilizado no menor de 30 m/s.
- d4) Un mínimo de 10 años de datos proporcionados por la estación.
- e) Factor del terreno: El factor  $Z_p$  modifica la velocidad del viento básico, teniendo en cuenta los efectos de la exposición al perfil del terreno y la altura de los objetos sobre el mismo, según tres categorías de exposición:
- e1) Exposición B (área urbana y suburbana): Es necesario que la línea este a menos de 500 m ó 10 veces la altura de la estructura dentro de esta zona.

e2) Exposición C (campo abierto, granjas, sembrados): Esta exposición es la representativa del terreno de aeropuertos donde son efectuadas las mediciones de la velocidad de viento.

e3) Exposición D (costa de grandes superficies de agua).

**Tabla 10.1-g – Factores de terreno**

Altura sobre el nivel del terreno Z (m)	Exposición B	Exposición C	Exposición D
10	0.72	1.00	1.18
15	0.79	1.08	1.23
20	0.84	1.10	1.27
25	0.88	1.14	1.29
30	0.93	1.17	1.32
35	0.96	1.20	1.34
40	0.98	1.22	1.36
45	1.00	1.24	1.38
50	1.02	1.26	1.39
55	1.05	1.28	1.40
60	1.08	1.30	1.42

Nota 1: La interpolación lineal para valores intermedios de altura Z es aceptable.

Nota 2: Para alturas mayores de 60 m puede usarse la siguiente ecuación para la determinación de los valores de  $Z_p$ :

$$Z_p = 1.61 \cdot \frac{Z^\alpha}{Z_g} \text{ para } (10 \leq Z \leq Z_g)$$

Exposición	$\alpha$	$Z_g$
B	4.5	366
C	7.5	274
D	10.0	213

[10.1-4]

f) Altura efectiva:

f1) La altura efectiva Z para un conductor o cable de guardia es la que corresponde al centro de presión de las cargas de viento y es utilizada para la determinación del factor de terreno y el factor de ráfaga.

f2) La altura efectiva del conductor puede ser determinada aproximadamente con la altura del punto de amarre a la estructura respecto del terreno menos un tercio la flecha del conductor para el estado de temperatura media anual más el largo de la cadena de aisladores (solamente para suspensiones).

f3) La altura efectiva del cable de guardia puede determinarse como la altura del punto amarre menos un tercio de la flecha del cable de guardia para el estado de temperatura media anual.

f4) La altura (h) efectiva de la estructura para estructuras de altura de 60 m o menos puede asumirse como dos tercios de la altura de la estructura y aplicar un viento uniforme con el mismo factor de altura. Para estructuras mayores de 60 m se pueden variar las alturas para tener en cuenta la variación del viento con la altura.

g) Factor de ráfaga: Los factores de ráfaga para conductor y cable de guardia ( $G_w$ ) y la estructura ( $G_t$ ) se calculan con las siguientes expresiones:

$$G_w = 1 + 2.7 \cdot E \cdot \sqrt{B_w}$$

$$G_t = 1 + 2.7 \cdot E \cdot \sqrt{B_t}$$

siendo:

$$E = 4.9 \cdot \sqrt{k} \cdot \left(\frac{10}{Z}\right)^\alpha$$

$$B_w = \frac{1}{1 + 0.8 \cdot \frac{L}{L_s}}$$

$$B_t = \frac{1}{1 + 0.375 \cdot \frac{h}{L_s}}$$

Donde:

Z: altura efectiva

L: vano de diseño, en m

h: altura efectiva de la estructura de acuerdo al punto f4), en m

$\alpha, k, L_s$ : parámetros definidos en la tabla siguiente

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

[10.1-5]

[10.1-6]

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

[10.1-7]

[10.1-8]

[10.1-9]



24

Exposición	$\alpha$	$Z_g$	$k$	$L_s$
B	4.5	366	0.010	52
C	7.5	274	0.005	67
D	10.0	213	0.003	76

**10.1.4 Viento medio:** De no contar con datos directos para la determinación de los vientos medios se tomara el 40 % de la velocidad del viento determinada con el mapa de isocletas del Anexo C. Estos vientos están asociados a la carga de hielo.

**10.1.5 Tornados y vientos influenciados por la topografía:** En las líneas que se encuentren en la zona de tornados (centro y sur de la provincia de Buenos Aires, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Corrientes, Chaco, Formosa y Misiones) deberán efectuarse estudios una recopilación de datos a fin de tener en cuenta la influencia de los tornados. Se deberá tener en cuenta en el diseño de la línea los accidentes topográficos que puedan causar condiciones de viento particulares.

#### 10.1.6 Hielo:

- El manguito de hielo definido en el punto 10.1 se deberá afectar por el factor de carga definido en el punto 10.1.2
- La densidad del hielo a considerar será de 900 kg/m<sup>3</sup>.

#### 10.1.7 Declinación máxima de la cadena de aisladores

La declinación máxima de la cadena de aisladores se determinará teniendo en cuenta el Mapa de Isocletas de la República Argentina (ver Anexo C), correspondiente a una ráfaga de 10 minutos en todos los casos para un período de recurrencia de 50 años con las excepciones indicadas en el punto 6.2.2.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

## 11 Dimensionamiento de las estructuras

### 11.1 Generalidades

**11.1.1 Requisitos de proyecto:** Las estructuras en su conjunto y en sus partes componentes deberán resistir las cargas de proyecto que establece la presente Reglamentación (Capítulo 12) en las condiciones detalladas en el presente capítulo.

**11.1.2 Método de proyecto:** El proyecto de las estructuras se basará en la aplicación del "Método de factorización de cargas y de resistencias" (LRFD); debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot S \leq \varphi \cdot R_C \quad [11.1-1]$$

Donde:

- $K_E$ : Factor de carga que tiene en cuenta el apartamiento de la estructura real, respecto al modelo ideal de cálculo y los recaudos constructivos (excentricidades no previstas en nudos y empalmes, falta de alineación de los elementos componentes, excentricidades en la aplicación de las cargas, etc.).
- $K_E = 1.00$  Si el comportamiento de la estructura es verificado con ensayos de carga sobre un prototipo a escala natural, representativo de la resistencia de las estructuras a instalar en la obra.  
Para estructuras de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.
- $K_E = 1.10$  Si no se realizan ensayos sobre un prototipo a escala natural.
- $K_C$ : Factor de carga que tiene en cuenta el tipo de estructura, y el daño que produciría la falla de dicha estructura.
- $K_C = 1.00$  Para estructuras de suspensión y retenciones de línea.
- $K_C = 1.20$  Retenciones angulares y terminales de línea.
- $K_C = 1.30$  Estructuras especiales para cruces de ríos navegables ó de frontera. Pórticos de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.
- $S$ : Es una sollicitación última que resulta la sollicitación máxima actuante (correspondiente a cargas aleatorias con un período de retorno T, a cargas de montaje, o a cargas especiales) calculada según se detalla en la presente Sección, en función del destino y condiciones de exposición de la obra, y de acuerdo con las hipótesis de proyecto.
- $K_E K_C S$ : Sollicitación última factorizada.
- $\varphi$ : "Factor global de resistencia", que depende del tipo de sollicitación a que está sometido el elemento estructural, y del material con el que está construido el mismo. Este coeficiente siempre menor que la unidad, tiene en cuenta la dispersión de la resistencia debido a la calidad de fabricación y montaje de la estructura.
- $R_C$ : Resistencia característica ó nominal de los elementos componentes y el de sus uniones. Esta resistencia será determinada empíricamente por cálculo, a partir de los resultados de una serie de ensayos, ó establecida como carga límite mínima por las Normas IRAM de aplicación.

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## 11.2 Materiales

Las estructuras se podrán fabricar con madera, acero, hormigón armado, hormigón pretensado con armaduras pasivas, aleaciones de aluminio, y fibra de vidrio.

**11.2.1 Elementos de madera:** Los elementos de madera deberán ser tratados, previo a la fabricación de las estructuras, mediante la impregnación con sustancias químicas preservantes autorizadas que aseguren su durabilidad tanto de los tramos enterrados como los emergentes expuestos a los agentes atmosféricos. En todos los casos queda estrictamente prohibido empotrar postes de madera en bloques de hormigón, que aceleren la putrefacción de la madera por estancamiento de humedad alrededor del poste.

Nota : Solamente podrán ser utilizados elementos de madera sin preservación en los términos que especifica la Norma IRAM 9530 o en casos de emergencia y como situación transitoria, cuando se requiera reponer el servicio público. También se podrán utilizar en obras eléctricas privadas, de carácter complementario y temporario, donde la condición de durabilidad no sea la determinante de la calidad del servicio y cuando una eventual falla no produzca daños a terceros.

**11.2.2 Elementos metálicos:** Los elementos metálicos podrán ser perfiles laminados en caliente, que deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS U 500-503; podrán estar constituidos por piezas de acero conformadas en frío que deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS U 500-42; ó podrán estar compuestos por tubos estructurales que cumplan con la Norma ASTM A 500 – IRAM IAS 2592.

Los elementos planos ó estructuras tubulares conformadas por chapas roladas soldadas estarán constituidos por chapas de acero al carbono que cumplirán con la Norma IRAM-IAS U 500-42.

En caso de emplearse en la fabricación de las estructuras metálicas materiales de procedencia extranjera, los mismos deberán cumplir con Normas de calidad reconocidas que sean asimilables a las IRAM-IAS vigentes en nuestro país; en este caso se tomará como resistencia nominal de diseño (tensión de fluencia) el valor mínimo garantizado por la Norma que cumple dicho material.

**11.2.3 Protección anticorrosiva:** Todos los elementos de acero expuestos a la intemperie, como sus correspondientes uniones (bulones, arandelas y tuercas) deberán estar galvanizados en caliente. El galvanizado de perfiles y chapas responderá a la Norma ASTM A-123 y el de las uniones y sus elementos componentes tendrán un galvanizado que deberá cumplir con la Norma ASTM A-153. Igual tratamiento tendrán las uniones metálicas de las estructuras de madera.

En casos especiales se podrá reemplazar el galvanizado en caliente, por galvanizantes en frío que cumplan las Normas ASTM A 239, A 780 y B 117 ó con otro tratamiento superficial de durabilidad garantizada.

**11.2.4 Postes de hormigón armado:** Los postes de hormigón armado responderán a las Normas IRAM 1603 y 1586.

**11.2.5 Postes de hormigón pretensado:** Los postes de hormigón pretensado responderán a las Normas IRAM 1605 y 1586.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## 12 Hipótesis de carga

### 12.1 Definición de las cargas de cálculo

**12.1.1 Cargas según su origen:** Las cargas que actúan sobre una estructura para soporte de línea se agrupan, según su origen, en tres tipos:

- Aleatorias:** Son las cargas originadas por el viento, los sismos ó la formación de hielo, es decir aquellas cuya definición debe realizarse por medios estadísticos.
- Permanentes:** Son aquellas cargas que pueden determinarse con más exactitud, tales como el peso de los distintos elementos (cables, aisladores, etc.) y que pueden considerarse invariables para la determinación del riesgo.
- Especiales:** Agrupa las solicitaciones cuyo origen se encuentra en el montaje, el mantenimiento ó en el colapso de la estructura ó en alguno de los elementos de la línea (conductores, aisladores, etc.). Estas cargas alcanzan valores máximos y no admiten tratamiento estadístico.

**12.1.2 Cargas según condiciones de funcionamiento:** Desde el punto de vista de la función, una estructura se dimensionará para responder a distintas clases de requerimientos definidos por las condiciones de servicio a que estará sometida durante su vida útil. Las cargas de cálculo, en consecuencia responderán a condiciones de funcionamiento permanentes ó transitorias a saber:

- De servicio:** Son las cargas originadas por la acción de elementos exteriores cuya magnitud y recurrencia se ajustará con la importancia de la línea y con la ubicación de la misma, y cargas permanentes cuya magnitud será invariable (tales como peso de los conductores, accesorios, etc.).



- b) De construcción y mantenimiento: En este grupo de cargas se considerarán esfuerzos que aparecen durante el montaje, el mantenimiento ó reparación de la línea. Básicamente están dirigidas a evitar accidentes ó pérdida de vidas de quienes efectúan las tareas de montaje ó mantenimiento.
- c) De contención de fallas: Estas cargas tienen en cuenta fundamentalmente los esfuerzos que aparecen sobre las estructuras en caso de colapso de algún elemento de la línea y tienen como finalidad evitar la propagación de las fallas a los tramos adyacentes de la línea. Esta condición no es de aplicación en estructuras de madera.

**12.1.3 Acciones a considerar:** Las acciones a considerar son las siguientes:

- a) Presión del viento sobre los cables o con carga adicional (manguito de hielo).
- b) Presión del viento sobre los aisladores y accesorios.
- c) Presión del viento sobre la estructura.
- d) Acciones horizontales del tiro de los cables por el ángulo de la línea, desequilibrio de los tiros, rotura de los conductores, etc.
- e) Acción vertical del tiro de los cables.
- f) Peso de los aisladores y accesorios.
- g) Peso de la estructura.
- h) Peso de hielo sobre la estructura.
- i) Sobrecarga adicional de montaje en los puntos de fijación de las cadenas de aisladores.
- j) Sismo, en las condiciones que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103. Se deberán considerar las interacciones inerciales y las cinemáticas debidas a los corrimientos del terreno.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**12.1.4 Forma de considerar las acciones:**

- a) Las cargas (a, b y c) se calcularán de acuerdo con las presiones unitarias establecidas en el Capítulo 10, tomando en cuenta para la presión del viento sobre los cables, la mitad de la longitud total de los mismos en los dos vanos adyacentes al sostén que se calcula.
- b) Para las torres reticuladas la presión del viento (c) se calculará según el apartado 10.1.3.
- c) Para torres de forma especial, como pórticos de dos o más columnas, torres reticuladas (autosoportadas o arriendadas), la presión del viento deberá ser calculada separadamente para cada columna o elemento especial. En las vigas, la carga del viento en la dirección de su eje, se calculará actuando sobre cada módulo de diagonales sin considerar el posible efecto de "escudamiento".
- d) Los tiros de los cables para las cargas (d y e) deberán ser los de las correspondientes hipótesis de cálculo de los conductores.
- e) La sobrecarga adicional de montaje (i) deberá ser como mínimo igual a la indicada en la Tabla 12.1-a y deberá ser tomada en cuenta solamente para el cálculo de las crucetas o ménsulas de las torres.
- f) Las cargas indicadas corresponden a estructuras de retención. En estructuras de suspensión los valores indicados se reducen al 50%.
- g) Estas cargas se adicionan a las cargas correspondientes a construcción y mantenimiento. No se considerará la acción del viento.

**Tabla 12.1-a – Sobrecarga adicional de Montaje**

Tensión nominal de la línea (kV)	≤ 66	132	380	500
Sobrecarga adicional de montaje (daN)	200 (*)	320	500	500

(\*)En el caso de líneas compactas este valor será de 100 daN

**12.2 Hipótesis de cálculo**

Las estructuras se proyectarán para las diferentes condiciones de funcionamiento, con las siguientes combinaciones de cargas:

**12.2.1 Estructuras de suspensión:**

- a) Cargas de servicio:
  - a1) Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo normal a la línea sobre aisladores, accesorios, estructura y sobre la semilongitud de ambos vanos adyacentes.



- a2) Peso propio y cargas permanentes. Carga de viento máximo sobre estructura aisladores y accesorios en dirección de la línea.
- a3) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de ambos vanos adyacentes.
- a4) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Carga del viento normal a la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y semilongitud de ambos vanos adyacentes.
- a5) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitudes de cadena de suspensión hasta 2,5 m ó aisladores rígidos. La reducción unilateral será del 15% del tiro, para cadenas de suspensión mayores de 2,5 m de longitud. Para cables de guardia la reducción unilateral será de 40%.

b) Cargas de construcción y mantenimiento:

b1) Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de suspensión, en varios de ellos ó en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera viento.

c) Cargas de contención de falla:

c1) Peso propio y cargas permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de suspensión, equivalente al 50% del tiro máximo de una fase ó el 70% del tiro medio (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables para conductores simples ó haces de conductores. En el caso del cable de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65% ó al 100% del tiro medio (EDS). No se considera viento.

c2) Peso propio y cargas permanentes. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento.

Nota : Para las cargas de contención de falla: Las cargas indicadas en c), corresponden a líneas que soportan hasta dos temas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 temas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50% de la utilizada para las dos primeras temas, de forma tal que produzcan la solicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor número de temas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de temas de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la solicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.

### 12.2.2 Estructuras de suspensión angular y angulares:

a) Cargas de servicio:

a1) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a2) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a3) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a4) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a5) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Tiro de todos los conductores reducidos unilateralmente un 20% para longitud de cadena de suspensión hasta 2,50 m ó aislador rígido la reducción unilateral del tiro será de 15% para longitud de cadena mayor a 2,50 m. Para cable de guardia la reducción unilateral será de 40%. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

b) Cargas de construcción y mantenimiento:

b1) Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50, aplicadas en cualquiera de los puntos de sujeción, en varios de ellos ó en todos simultáneamente. Sobrecarga adicional de montaje. No se considera el viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerándose temperatura mínima.

c) Cargas de contención de falla:

c1) Peso propio y cargas permanentes. Carga longitudinal en cualquiera de los puntos de sujeción, equivalente a: 1) estructura de suspensión angular, al 50% del tiro máximo de una fase ó al 70% del tiro medio (EDS), el que provoque solicitaciones más desfavorables, para conductores simples ó

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. M<sup>a</sup>. FRANCIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



haces de conductores; 2) Estructura angular, 100% del tiro máximo de una fase para conductores simples ó haces de conductores. En el caso de cables de guardia se aplicará el tiro máximo longitudinal reducido al 65% ó al 100% del tiro medio (EDS). No se considera el viento. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores, considerados a temperatura mínima.

c2) Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento.

Nota : Para las cargas de contención de falla: Las cargas indicadas en c), corresponden a líneas que soportan hasta dos ternas. Para estructuras que soportan más de 2 y hasta 4 ternas, se agregará una carga longitudinal, de igual sentido, equivalente al 50% de la utilizada para las dos primeras ternas, de forma tal que produzcan la sollicitación más desfavorable. Para estructuras con mayor número de ternas se considerará la aplicación de una carga adicional longitudinal cada nuevo par de ternas de igual intensidad que la aplicada para la 3ra y 4ta y de forma que provoque la sollicitación más desfavorable. En todos los casos se aplicará una única reducción de tiro por ménsula.

### 12.2.3 Estructuras de Retención y Retención Angular:

#### a) Cargas de servicio:

a1) Peso propio y cargas permanentes. Viento máximo en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a2) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección normal a la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a3) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo en dirección oblicua sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

a4) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Carga de viento sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores de ambos vanos adyacentes en dirección de la bisectriz del ángulo de la línea. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores.

#### Cargas de construcción y mantenimiento:

b1) Peso propio de la estructura. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno cualquiera, varios ó todos los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores consideradas a temperatura mínima. No se considera viento.

b2) Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50. Carga unilateral de todos los cables, correspondiente a la tracción considerada a temperatura mínima con un factor de carga de 1,5 ó 2/3 del tiro máximo con el mismo factor de carga. No se considera viento.

#### c) Cargas de contención de falla

c1) Peso propio y cargas permanentes. Tiro máximo unilateral aplicado en cualquiera de los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia. No se considera viento.

c2) Peso propio y cargas permanentes. Fuerzas resultantes de las tracciones de los conductores y cables de guardia correspondientes a la tracción con temperatura mínima. Fuerzas inerciales y desplazamientos relativos de apoyos producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento.

### 12.2.4 Estructuras terminales:

#### a) Cargas de servicio:

a1) Peso propio y cargas permanentes. Carga del viento máximo perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.

a2) Peso propio y cargas permanentes. Carga adicional. Carga del viento perpendicular a la dirección de la línea sobre estructura, aisladores, accesorios y sobre la semilongitud de los conductores del vano adyacente. Tracciones unilaterales de todos los conductores.

#### b) Cargas de construcción y mantenimiento:

b1) Peso propio. Cargas permanentes con un factor de carga de 2,50 en uno, varios ó todos los puntos de sujeción de fase ó cable de guardia. Sobrecarga adicional de montaje. Tiro de todos los conductores correspondientes a la tracción considerada a temperatura mínima con un factor de carga de 1,5 ó 2/3 de la tracción máxima con el mismo factor de carga. No se considera viento.

#### c) Cargas de contención de falla:

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



c1) Peso propio y cargas permanentes. Eliminación de una cualquiera ó varias tracciones máximas. No se considera viento.

c2) Peso propio y cargas permanentes: Tiro de todos los conductores e hilo de guardia correspondientes a temperatura mínima. Cargas inerciales y desplazamientos relativos de apoyo producidos por el sismo de proyecto. No se considera viento.

#### 12.2.5 Aclaraciones Generales:

a) Viento oblicuo: La verificación con viento oblicuo debe efectuarse para la dirección más comprometida entre las siguientes: 30°, 45° y 60° respecto de la bisectriz del ángulo de la línea.

b) Viento con hielo: En la zona climática "D" el hielo sólo se considera sobre conductores y cable de guardia con una densidad de 0,9 kg/dm<sup>3</sup>. Estas condiciones podrán modificarse si se dispone de la información específica. El manguito se considerará cilíndrico y con coeficiente aerodinámico igual a 1,00.

La velocidad del viento a adoptar, es la que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada. Su valor no será inferior a lo especificado en el párrafo 10.1.4.

El valor de tracción de conductores a adoptar, es el que corresponde a la hipótesis de cálculo considerada.

c) Se designa "carga permanente" al peso de los conductores, aisladores y accesorios.

d) Se designa "carga adicional" al peso del hielo sobre conductores.

e) Se designa "ángulo de la línea" al ángulo menor de 180° determinado por la traza de la línea en correspondencia con los vanos adyacentes de un soporte angular.

### 12.3 Cálculo de solicitaciones

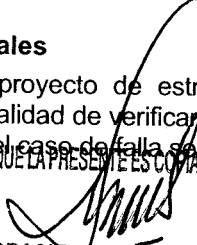
El cálculo de las solicitaciones producidas en los distintos elementos de las estructuras, por efecto de las cargas detalladas en el Punto 12.1, debe ser efectuado de acuerdo a los métodos de la Teoría de Estabilidad que sean de aplicación al material propuesto para construir las estructuras y de acuerdo a los procedimientos generales de proyecto que se establecen en el presente Reglamento.

### 12.4 Ensayos de prototipos y componentes estructurales

12.4.1 Estructuras no convencionales: Para el caso del proyecto de estructuras no convencionales, se deberán realizar ensayos sobre prototipos similares, con la finalidad de verificar el comportamiento estable de la estructura sometida a las hipótesis de carga del proyecto. En el caso de falla se debe verificar que:

$$\frac{K_C \cdot S}{\varphi_E} \leq R_C$$

Nota: Los valores de " $\varphi_E$ " se detallan en apartado 12.8.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL  
  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

[12.4-1]

12.4.2 Estructuras reticuladas: Los proyectos de las estructuras metálicas reticuladas más representativas de la línea (suspensiones y retenciones típicas), para líneas de 132 kV ó un nivel de tensión superior, siempre serán verificados con ensayos de prototipos.

12.4.3 Los proyectos de los postes de hormigón armado y/o pretensado para estructuras de suspensión, siempre serán verificados con ensayos de flexión y en las condiciones que establecen las Normas IRAM 1603 e IRAM 1605, y de torsión según las solicitaciones factorizadas definidas por las hipótesis de carga respectivas. Para los postes dobles y triples siempre se verificará, mediante ensayos no destructivos a flexión, el comportamiento de los postes como componentes estructurales.

### 12.5 Estructuras de madera

Estas estructuras estarán constituidas parcial o totalmente por postes de madera blanda (coníferas, eucaliptus, etc.) ó dura (palma, quebracho, urunday, etc.). Las estructuras pueden ser del tipo monoposte, arriendadas, ó aporticadas ya sea arriostradas ó no. Para el proyecto de estructuras de madera no será de aplicación la hipótesis de cálculo correspondiente a las cargas de contención de fallas.

12.5.1 Medidas y defectos: Los postes deberán cumplir con las medidas mínimas y características detalladas en las Normas IRAM en vigencia (IRAM 9530, 9531 y 9586). Las crucetas deberán cumplir con los requisitos que establece la Norma IRAM 9540.

12.5.2 Cargas y tensiones límites de proyecto:



27

- a) Cargas límites mínimas (empíricas): Las cargas límites mínimas (últimas) a utilizar en el diseño, tendrán como máximo los valores detallados en las Normas IRAM de aplicación. Las solicitaciones resultantes de dichas cargas límites mínimas, se considerarán resistencias características nominales de los postes ( $R_C$ ).
- b) Propiedades mecánicas de la madera: Las mismas podrán deducirse de las tablas de tiros en la cima (límites mínimos), que fijan las Normas IRAM en vigencia. Caso contrario se podrán estimar razonablemente con la siguiente tabla, a partir del peso específico seco de la madera (G), para diferentes condiciones de humedad y preservación, independientemente de la especie que se trate.

**Tabla 12.5-a – Relaciones entre propiedades mecánicas y el peso específico**

Solicitud	Relación (a)	
	Madera húmeda (CH>25%) y sin preservación	Madera secada al aire (CH=12%) y con preservación
1) Flexión		
a) Tensión al límite de proporcionalidad	717 (G) exp 1,25	1174 (G) exp. 1,25
b) Módulo de rotura	1237 (G) exp. 1,25	1806 (G) exp. 1,25
c) Módulo de elasticidad	165920.G	196865.G
2) Compresión paralela a las fibras		
a) Tensión al límite de proporcionalidad	369.G	615.G
b) Tensión mínima (resistencia)	473.G	858.G
c) Módulo de elasticidad	204590.G	237640.G
3) Compresión perpendicular a las fibras. Tensión en el límite de proporcionalidad	211 (G) exp. 2,25	326(G) exp. 2,25
4) Corte		
a) Paralelo a las fibras	130 (G) exp. 1,25	190(G) exp. 1,25
b) Perpendicular a las fibras	254 (G) exp. 1,25	370(G) exp. 1,25

Nota1: G es el peso específico seco de la madera, calculado a partir del peso anhidro y volumen verde, en daN/dm<sup>3</sup>. Las expresiones dan valores de tensiones en daN/cm<sup>2</sup>.

Nota2: En caso de no disponerse el valor de G, a los efectos de un diseño preliminar se podrá considerar un valor mínimo G= 0,40 daN/dm<sup>3</sup>.

Nota 3: CH es el contenido de humedad de la madera. Para maderas tratadas que tengan contenidos de humedad intermedios a los indicados en la Tabla 12.5-a., las propiedades mecánicas se podrán estimar mediante interpolación lineal.

### 12.5.3 Dimensionado:

- a) Secciones críticas: Siempre se verificarán las solicitaciones en las secciones de empotramiento, en los puntos de fijación de las riendas, y en las uniones con crucetas y travesaños. En el caso de estructuras arriendadas ó aporticadas, se comprobará el pandeo de los postes como columnas.
- b) Resistencia de las secciones: Con la finalidad de determinar la resistencia suministrada por la estructura ( $R_C$ ), en la sección considerada, se calcularán las solicitaciones resultantes de aplicar las "cargas límites" definidas en el punto (a) del apartado 12.5.2. La resistencia también se podrá determinar en forma teórica considerando como "tensión de falla" de la madera los valores correspondientes a los límites de proporcionalidad de la misma, para cualquier valor tensional, que resulten de aplicar las formulaciones detalladas en la Tabla 12.5-a.
- c) Factores de resistencia ( $\phi$ ): Los factores de resistencia ( $\phi$ ) que se emplearán para minorar la resistencia característica nominal ( $R_C$ ) teórica o empírica, serán los que se detallan en la Tabla 12.5-b.

**Tabla 12.5-b – Valores de los factores globales de resistencia ( $\phi$ )**

Elemento y material	Solicitud	( $\phi$ )
Poste madera	a) Flexión y tracción	0,50
	b) Compresión y flexocompresión paralela a la fibra	0,50 ( $\phi_C$ )
	c) Compresión normal a la fibra	0,66
	d) Cortante	0,25
	e) Pandeo	0,36 ( $\phi_P$ )
Cruceta y ménsulas de madera	f) Flexión y tracción	0,25
Riendas y herrajes	Tracción y corte.	0,50
Uniones abulonadas	Independientemente de la calidad del acero	0,50

**12.5.4 Desplazamientos:** Los desplazamientos horizontales máximos de las estructuras se verificarán numéricamente para las cargas ó solicitaciones últimas factorizadas de servicio, con Teoría de 1° Orden, sin considerar los giros de sus empotramientos en el suelo y no podrán superar los siguientes valores:

- a) Suspensiones y suspensiones angulares: 6% de la altura de las estructuras.

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



- b) Estructuras de retención, retenciones angulares, y terminales: 3,5% de la altura de las estructuras.

Nota: Los desplazamientos sólo se verificarán para las hipótesis de cargas de servicio que se detallan en el párrafo 12.2.1.

**12.5.5 Empotramientos:** Las estructuras estarán empotradas en el terreno una longitud mínima ( $E$ ) medida con las siguientes expresiones:

- a) Estructuras monopostes.

$$E = 0,1 L + 0,60 \text{ m}$$

Donde:

$L$ : Longitud total del poste, en m.

- b) Estructuras compuestas.

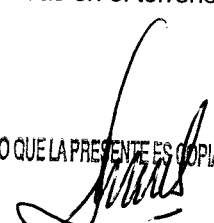
$$E = 0,09 H + 0,60 \text{ m}$$

Donde:

$H$ : altura emergente de la estructura en m.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

[12.5-1]

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

[12.5-2]

### 12.5.6 Uniones:

- a) Materiales: Las uniones se resolverán con bulones comunes de cabeza hexagonal o cuadrada o espárragos, tuercas y arandelas planas de 5 mm de espesor mínimo que cumplirán con las Normas IRAM 5192, 5214 y 5336. Siempre se dispondrá de dos arandelas por cada bulón o espárrago. En caso de usarse platabandas o nudos de acero, éstos serán de calidad no inferior a F-22. Todos los elementos metálicos estarán galvanizados en caliente.
- b) Diseño de uniones: Se considerará como resistencia de un conjunto de pernos, a la suma de la resistencia de los pernos considerados individualmente. El diámetro de los agujeros no será superior al de los pernos más 1,60 mm.

## 12.6 Estructuras de hormigón armado y pretensado

La ejecución de las estructuras de hormigón armado y o pretensado cumplirán con las especificaciones que establece el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia, en cuanto a la calidad de los materiales componentes, procedimientos de fabricación, montaje y metodología de control de calidad de los materiales y elementos fabricados. Todos los aceros a emplear en la fabricación de las estructuras deberán tener certificado de procedencia y los resultados de los ensayos físico-químicos que garanticen la calidad y aptitud del material a emplear.

### 12.6.1 Materiales:

- a) Hormigones: La calidad mínima de los hormigones, medida como resistencia característica en  $\text{MN/m}^2$ , será la que se detalla:

- a1) Postes premoldeados de hormigón armado H-21.  
a2) Postes premoldeados de hormigón pretensado H-25.  
a3) Elementos premoldeados en general H-21.  
a4) Elementos hormigonados in-situ H-17

Solamente se admitirá el hormigonado in situ de los huelgos entre piezas premoldeadas y el relleno de vínculos o empotramientos.

El agua empleada en la preparación y curado de los hormigones no deberá ser agresiva a los materiales componentes. El agua de amasado deberá cumplir con los requerimientos de la Norma IRAM 1601.

El fabricante deberá contar con un registro de las resistencias de los hormigones empleados en la construcción de los premoldeados.

La superficie de los elementos deberá ser lisa, sin marcas de encofrados y libre de grietas; las únicas fisuras permitidas serán las capilares y aquellas cuya abertura bajo carga no superen el ancho establecido en el apartado 12.6.5 (a).

- b) Aceros: Los aceros de las armaduras pasivas deberán cumplir con la Norma IRAM-IAS-U500-528 o con IRAM-IAS-U500-671.

Solamente se permitirán empalmes soldados cuando los aceros a unir tengan certificado de soldabilidad garantizada, o cuando se demuestre experimentalmente que la resistencia de la unión soldada es como mínimo igual a la de la barra sin soldar.



Los alambres de pretensar deberán cumplir con las Normas IRAM-IAS-U 500-07 ó IRAM-IAS-U 500-517.

Los estribos y armaduras transversales deberán ejecutarse con aceros preferentemente conformado, que cumplan con la Norma IRAM-IAS U 500/26.

La armadura transversal mínima de los postes prefabricados será la establecida por las Normas IRAM 1586, 1603 ó 1605, con una separación máxima de 10 cm.

Todos los postes de hormigón tendrán inmersas armaduras de puesta a tierra y los morsetos normalizados según IRAM-NIME 1586, para asegurar la continuidad eléctrica y puesta a tierra de las estructuras.

Las cuantías de acero, y las longitudes de anclaje y empalme, deberán cumplir con los valores mínimos que establece la Reglamentación CIRSOC 201 en vigencia. Cuando la obra se implante en zona sísmica, las armaduras deberán cumplir con los requerimientos complementarios para el detalle de armadura que establece el Reglamento INPRES-CIRSOC 103 en vigencia.

Cargas y tensiones límites de proyecto:

a) Cargas límites mínimas (empíricas). Las cargas límites mínimas (últimas) a utilizar en el diseño o selección de postes, tendrán como máximo los valores establecidos en la Norma IRAM 1603 (Tabla II) ó IRAM 1605 (Tabla II). El fabricante de los elementos premoldeados deberá justificar analíticamente o mediante ensayos de carga, que sus elementos son capaces de resistir los valores mínimos detallados en dichas Normas. Las solicitudes resultantes de las cargas límites establecidas por las Normas IRAM, se consideran resistencias características nominales de los postes ( $R_c$ ).

b) Cargas límites determinadas analíticamente. Las resistencias características nominales ( $R_c$ ) también se podrán determinar en forma analítica aplicando el método de los "estados límites" que establece el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia, según se trate de secciones de hormigón armado ó pretensado, para lo cual se emplearán las tensiones últimas de proyecto que se detallan en el punto 12.6.3.

### 12.6.3 Tensiones últimas de Proyecto:

a) Para los elementos sometidos a flexión simple ó compuesta, se considerará como máxima tensión de cálculo del hormigón ( $\beta_R$ ) los valores detallados en la Tabla 12.6-a, en función de la tensión característica de compresión del hormigón ( $\sigma'_{bk}$ ) a emplear en la fabricación y del comportamiento estructural ante cargas eventuales ó cuasi-permanentes.

**Tabla 12.6-a – Tensiones de compresión últimas**

Estructura tipo	Máxima tensión de compresión
Suspensión de Línea	$\beta_R = \sigma'_{bk}$
Suspensión angular; retenciones de línea y angulares y terminales	$\beta_R = 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$

b) Para determinar las resistencias características últimas correspondientes a las solicitudes de corte y torsión, se utilizarán los valores de las tensiones tangenciales bajo cargas de rotura que se detallan en la Tabla 12.6-b.

**Tabla 12.6-b – Tensiones tangenciales últimas**

Tensiones principales de tracción o tensiones tangenciales bajo cargas de rotura (daN/cm <sup>2</sup> ) Sin necesidad de verificación de armaduras					
Solicitud	Elemento	Tensiones Máximas			
		H-21	H-30	H-38	H-47
Esfuerzo de Corte	Postes, ménsulas y crucetas	14	18	20	22
	Postes	14	18	20	22
Torsión	Ménsulas y crucetas	8	10	12	14
	Postes	18	24	27	30
Torsión + Corte	Postes	14	18	20	22
	Ménsulas y crucetas	14	18	20	22
Valores máximos de tensiones tangenciales bajo cargas de rotura (daN/cm <sup>2</sup> ) a partir del cual se deben aumentar los espesores de las secciones de hormigón					
Solicitud	Elemento	Tensiones Máximas			
		H-21	H-30	H-38	H-47
Esfuerzo de Corte	Postes, ménsulas y crucetas	55	70	80	90
	Postes	55	70	80	90
Torsión	Ménsulas y crucetas	32	42	48	52
	Postes	55	70	80	90
Torsión + Corte	Postes	55	70	80	90
	Ménsulas y crucetas	55	70	80	90

c) Para las tensiones del acero de hormigón armado ó pretensado, se considerarán las tensiones nominales de fluencia garantizadas por el fabricante, estos valores serán avalados con los correspondientes certificados de control de calidad emitidos por la planta siderúrgica proveedora.

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. Graciela ANDRADA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
NACIONAL REGULACION DE LA CALIDAD



**12.6.4 Factores de resistencia ( $\varphi$ ):** Los factores de resistencia ( $\varphi$ ) que se emplearan para minorar la resistencia característica nominal ( $R_C$ ) teórica o empírica, serán los que se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 12.6-c – Valores de los factores globales de resistencia ( $\varphi$ )**

Elemento	Solicitud	( $\varphi$ )	Observaciones
Postes	Flexión. Flexo-Tracción	0,70 a 0,90	Postes simples - Patas traccionadas de pórticos (Notas 1, 2 y 3)
	Flexocompresión. Compresión	0,70 a 0,75	Postes múltiples - Patas comprimidas de pórticos (Nota 2)
	Corte. Torsión. Torsión+Corte	0,85	En General
Ménsulas Crucetas	Flexión	0,90	(Nota 1)
	Corte. Torsión. Tensión+Corte	0,85	
	Tracción Corte	0,50	Tiene la finalidad de limitar la flexibilidad del conjunto de sujeción.

Nota 1: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran "subarmadas", cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción ( $\epsilon_L$ ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual ó mayor a 0,005.

Para esta situación  $\varphi$  es igual a 0,90.

Nota 2: Las secciones de hormigón armado y parcialmente pretensado se consideran "sobreamadas", cuando al llegar a un estado límite, la deformación unitaria neta a tracción ( $\epsilon_L$ ) de la armadura más extrema (sin contar con la deformación unitaria efectiva del pretensado) es igual ó inferior a 0,002.

Para esta situación  $\varphi$  es igual a 0,70 (armadura transversal con estribos) ó 0,75 (armadura transversal con espirales continuos).

Nota 3: Para la zona de transición, comprendida entre las deformaciones netas de tracción ( $\epsilon_L$ ) del acero 0,002 y 0,005, el coeficiente  $\varphi$  de reducción de resistencia a flexión se calcula de acuerdo a las expresiones:  $\varphi = 0,56 + 68 \epsilon_L$  (estribos). y  $\varphi = 0,65 + 50\epsilon_L$  (espirales continuos).

**12.6.5 Condiciones de serviciabilidad:** Se entienden como tales las condiciones de fisuración y desplazamientos admisibles, que tienen la finalidad de limitar los daños cuando las estructuras están sometidas a solicitaciones cuasi-permanentes con valores inferiores a la máxima solicitud última factorizada de servicio.

Las condiciones de serviciabilidad se establecen para una carga ó solicitud de "frecuencia normal" ( $FN$ ), cuyo valor mínimo se determinará a partir de la resistencia nominal ( $R_C$ ) con la siguiente expresión:

$$FN = 0,40 \cdot R_C$$

[12.6-1]

La carga límite de abertura de fisuras nominal ( $E$ ) y la carga a la cual debe verificarse la flecha garantizada ( $D$ ), que establecen las Normas IRAM 1603 y 1605, se pueden equiparar a la carga de "frecuencia normal" anteriormente definida.

a) Máximo estado de fisuración admisible:

a1) Bajo la acción de las cargas ó solicitudes de "frecuencia normal" ( $FN$ ), las aberturas máximas admisibles de las fisuras serán las que se detallan a continuación:

a2) El grado de pretensión se ajustará, para poder cumplir con los requerimientos de fisuración especificados precedentemente.

**Tabla 12.6-d – Máximas aberturas de fisuras**

Estructura tipo	Aberturas de fisuras	
	Máxima (mm)	Residual (mm)
Suspensiones de hormigón pretensado y suspensiones urbanas	0,10	0,00
Suspensiones de hormigón armado	0,20	0,05
Retenciones de Líneas	0,10	0,05
Angulares y terminales	0,00	0,00

Desplazamientos máximos admisibles.

b1) Las flechas máximas de las estructuras, ya sean monopostes o compuestas, sometidas a las cargas de "frecuencia normal" ( $FN$ ), no deberán superar los siguientes valores:

**Tabla 12.6-e – Flechas máximas**

Tipo	Estructuras	Flecha
A	Suspensión y suspensión angular	0.040 H
B	Retenciones de línea, angulares y retenciones	0.025 H

H altura emergente de las estructuras respecto al nivel superior de la fundación.



b2) Los desplazamientos de las estructuras tipo B tendrán en cuenta las deformaciones debidas a la fluencia lenta. Para la estimación de la rigidez, el momento de inercia a utilizar será el correspondiente al Estado I (sin fisuras).  
Con la finalidad de calcular estas deformaciones de fluencia lenta, se puede emplear un módulo de elasticidad equivalente ( $E_{be}$ ) del hormigón:

$$E_{be} = 7000 \cdot \sqrt{\sigma'_{bk}}$$

Donde:

$E_{be}$  y  $\sigma'_{bk}$ : en valores de daN/cm<sup>2</sup>.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

[12.6-2]

b3) En las estructuras del tipo A, con una disposición coplanar vertical no simétrica de las fases, se deberán verificar las flechas que en los postes producen las cargas permanentes. Para el cálculo de estos desplazamientos se considerarán los efectos de la fluencia lenta.

**12.6.6 Consideraciones constructivas generales:** Serán las establecidas por las Normas IRAM 1586, 1603, 1605, 1720, 1723, 1725, 1726 y 1727 en vigencia, que no sean modificadas por el punto 12.6.7 de la presente Reglamentación.

**12.6.7 Consideraciones constructivas especiales:**

a) Empotramientos:

a1) Estructura monoposte.  $E = 0.10 L$  ( $L$ : longitud total del poste en m.)

a2) Estructura compuesta.  $E = 0.09 H$  ( $H$ : altura emergente de la estructura en m.)

a3) Solamente se permitirán empotramientos menores, cuando se verifiquen las tensiones tangenciales dentro de la zona del empotramiento y se calculen las armaduras de acero necesarias para resistir estas solicitaciones de corte.

a4) Cuando los postes sean empotrados en fundaciones de hormigón, hormigón armado o directamente dentro de una excavación realizada en roca, el huelgo existente entre el poste y el nicho de empotramiento se rellenará con un mortero cementicio (cemento y arena gruesa) de calidad igual o superior a la de la cimentación donde quedará empotrada; la calidad del mismo nunca será inferior a H-13.

b) Protecciones antiagresivas

b1) En el caso que la obra atravesase ambientes muy agresivos como áreas de alta salinidad, proximidad a costas marinas, o atmósferas industriales contaminantes, los elementos componentes de las estructuras serán construidos con cemento portland altamente resistente a los sulfatos (IRAM 1669) o cemento portland puzolánico (IRAM 1651), con hormigones de alta impermeabilidad y tendrán recubrimientos mínimos de 20 mm (medidos sobre los estribos de los postes, vínculos, crucetas y ménsulas).

b2) Excepcionalmente, los postes empotrados directamente contra suelos muy agresivos, la parte enterrada del poste será protegida mediante un revestimiento, membrana o película protectora capaz de resistir en el tiempo el efecto de la agresión química.

**12.6.8 Transporte y Montaje:** Con la finalidad de no sufrir daños durante las operaciones de transporte, izaje, estiba y montaje, los postes deberán resistir en "estado límite" las solicitaciones producidas por las cargas de peso propio multiplicadas por un factor mínimo de mayoración de cargas igual a 1,50. Este factor de mayoración de cargas tiene en cuenta los efectos de impacto que se producen durante operaciones normales de izaje y descarga.

Los postes deberán verificarse analíticamente, minorando las resistencias con los factores de resistencia ( $\phi$ ) que se detallan en el punto 12.6.4. Para la determinación de estas solicitaciones, el fabricante deberá establecer los puntos de izaje de los postes; que deberán ser respetados en todas las operaciones de obra, desde su estiba en fábrica hasta su emplazamiento definitivo.

## 12.7 Estructuras de acero

### 12.7.1 Materiales:

a) Calidad mínima de elementos componentes. La calidad mínima de los materiales a emplear será la siguiente:

a1) Perfiles laminados en caliente y planchuelas F-24 (tensión de fluencia nominal 2400 daN/cm<sup>2</sup>).

a2) Chapas de nudos y presillas F-22 (tensión de fluencia nominal 2200 daN/cm<sup>2</sup>).

a3) Chapas para estructuras tubulares F-24 (tensión de fluencia nominal 2400 daN/cm<sup>2</sup>).

a4) Perfiles de chapa plegada en frío F-22 (tensión de fluencia nominal 2200 daN/cm<sup>2</sup>).



- a5) Tubos estructurales T-22 (tensión fluencia nominal 2200 daN/cm<sup>2</sup>).
- a6) Bulones 5.6 (según Norma DIN 267) ó ASTM A-394 Tipo 0.
- a7) Pernos de anclaje F-22 (tensión nominal de fluencia 2200 daN/cm<sup>2</sup>).
- b) Espesores y anchos mínimos
  - b1) Barras principales, montantes, cordones de mástiles, de vigas y ménsulas de hilo de guardia: 4 mm.
  - b2) Diagonales y arriostramientos: 3 mm.
  - b3) Chapas de nudos: 4,75 mm.
- c) Vinculaciones que incluyan barras principales del reticulado. En todos los casos de chapas de nudos que vinculen a barras principales de reticulado, el espesor debe exceder como mínimo en 1,5 mm al mayor espesor de la barra conectada.
  - c1) Chapas de estructuras tubulares: Según el procedimiento de soldadura y no inferior a 4 mm.
  - c2) Elementos empotrados en el hormigón: 6,35 mm.
  - c3) Lado mínimo de alas de perfiles de alas iguales o desiguales: 35 mm.
  - c4) Diámetro mínimo de bulones: 12 mm.

**12.7.2 Estructuras reticuladas:** Se diseñarán de acuerdo a las prescripciones de la Norma ASCE 10-97 con las limitaciones que se indican a continuación:

- a) Esbeltez: La esbeltez se calculará de acuerdo a las Recomendaciones de la Norma ASCE 10-97 (Punto 3.7.4 – Longitudes efectivas). La esbeltez de una barra componente de un reticulado, según se define, no superará los valores indicados:

$$Esbeltez = K \cdot L / r$$

[12.7-1]

Donde:

*K*: Coeficiente que tiene en cuenta la restricción del giro y la excentricidad de las cargas aplicadas, en las conexiones de la barra.

*L*: Longitud teórica de la barra.

*r*: Radio de giro en la dirección de pandeo considerada.

- a1) Barras comprimidas:
  - a1.1) Barras principales, cordones de vigas y montantes de torres o puntales: *Esbeltez* = 150.
  - a1.2) Diagonales, travesaños ó cualquier otra barra sometida a solicitaciones de compresión determinadas por cálculo: *Esbeltez* = 200.
  - a1.3) Barras secundarias, arriostramientos, o barras sin solicitaciones de compresión determinadas por cálculo: *Esbeltez* = 250.
- a2) Barras traccionadas:
  - a2.1) Barras de cordones de ménsulas, que en cualquier estado de carga estén siempre traccionadas: *Esbeltez* = 300.
  - a2.2) Barras secundarias que estén siempre traccionadas: *Esbeltez* = 350.
- b) Tensiones últimas de diseño: Con la finalidad de calcular la resistencia característica nominal (*R<sub>c</sub>*) de los elementos estructurales y el de sus uniones, se emplearán las siguientes tensiones últimas de diseño:

*F<sub>y</sub>*: tensión característica de fluencia del material (daN/cm<sup>2</sup>).

*F<sub>U</sub>*: tensión característica de rotura del material (daN/cm<sup>2</sup>).

*F<sub>T</sub>*: tensión de tracción última de diseño (daN/cm<sup>2</sup>).

(\*) *F<sub>U</sub>* es la mínima resistencia de los elementos vinculados (barra ó bulón).

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Tabla 12.7-a – Tensiones últimas de diseño**

Elemento	Solicitación	Tensión última
Barra	Tracción	$F_T = 0.90 F_y$ (Ángulos vinculados por un ala); $F_T = F_y$ (Área bruta); $F_T = F_U$ (Área neta)
	Compresión	$F_y$ (Área bruta)
	Flexión	$F_y$
	Corte	$0.60 F_y$ $0.60 F_U$ (Rotura en bloque)
Unión	Corte	$0.60 F_U$ (Área bruta o del núcleo)
	Tracción	$0.75 F_U$ (Área del núcleo)
	Aplastamiento	$1.80 F_U$ (*)

- c) Resistencia de diseño: A los efectos del dimensionamiento de los elementos estructurales y sus correspondientes uniones, a las resistencias teóricas de cálculo (*R<sub>c</sub>*) determinadas de acuerdo a la

Norma ASCE (puntos 3 y 4), se las deberá reducir por los siguientes factores globales de resistencia ( $\phi$ ):

- d) Dimensionamiento de los elementos: Las estructuras serán proyectadas de manera que las solicitaciones resultantes en las diferentes secciones de las barras y sus uniones, no superen los valores de las resistencias factorizadas ( $\phi \cdot R_C$ ). Los valores de las resistencias se determinarán en base a las tensiones últimas definidas en el punto 12.7.2-b y los factores de resistencia detallados en el apartado 12.7.2-c.

**Tabla 12.7-b – Factores globales de resistencia ( $\phi$ )**

Elemento y solicitación	Verificación	( $\phi$ )
Barra traccionada	a) Tracción basada en la fuerza del material ( $F_Y$ ) y referida a la sección bruta ( $A_b$ )	$\phi_T = 0.90$
	b) Tracción basada en la rotura del material ( $F_U$ ) y referida a la sección neta ( $A_n$ )	$\phi_T = 0.75$
	c) Rotura en bloque de la unión (block-shear)	$\phi_T = 0.75$
Barra comprimida	Referido a la sección bruta ( $A_b$ ) del elemento	$\phi_C = 0.85$
Barra flexionada o flexotraccionada	Referida a la sección de las máximas solicitaciones	$\phi_b = 0.90$
Corte	Para elementos componentes de la estructura; no es válido para uniones	$\phi_s = 0.90$
Uniones	a) Corte de bulones	$\phi_s = 0.75$
	b) Aplastamiento de bulones y agujeros	$\phi_c = 0.75$
	c) Tracción de bulones referidos a la sección neta del núcleo roscado	$\phi_T = 0.75$

**12.7.3 Estructuras tubulares:** Comprende todas aquellas estructuras conformadas por miembros de secciones cerradas de forma circular ó de polígono regular. También se incluyen dentro de esta categoría, a los elementos de secciones rectangulares y elípticas con una relación entre el lado (diámetro) mayor y lado (diámetro) menor inferior a dos (2). Los elementos resistentes podrán ser fabricados con piezas de chapa roladas ó plegadas en frío, y luego unidas con cordones de soldadura ó por acoplamiento por el enchufe de tramos cónicos. Los tramos estructurales, de diferente diámetro exterior, se vincularán con piezas de transición de forma tronco-cónica ó tronco-piramidal que tendrán una pendiente máxima de acuerdo con los ejes de las piezas de (1:3).

- a) Materiales: Deberán cumplir con las especificaciones establecidas en los puntos 12.7.1 (a) y (b) del presente Reglamento. Adicionalmente y con la finalidad de asegurar el comportamiento dúctil de las estructuras, para cualquier combinación de tensiones de tracción debidas a temperatura y discontinuidades geométricas de fabricación que no puedan ser precisadas en el diseño, las chapas deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

a1) Energía de impacto: Medida con el ensayo de Charpy, según la Norma IRAM-IAS U 500-16, en la dirección longitudinal de las chapas. Los valores mínimos de la energía de impacto son los establecidos en la siguiente tabla:

**Tabla 12.7-c – Mínima energía de impacto**

Tensión Fluencia $F_Y$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Espesor Chapa (mm)	Energía Absorbida (Joules)	Temperatura (°C)
≤ 2800	≤ 12,7	Sin requerimiento	Sin requerimiento
	> 12,7	20	4
> 2800	≤ 12,7	20	-20
	> 12,70	20	-30

2) Soldabilidad del material: Se controlará la soldabilidad del material base, de acuerdo al contenido del carbono y carbono equivalente.

Verificación tensional: Para el material base las máximas tensiones de flexión, de corte y las tensiones combinadas de corte y normal (calculadas con la teoría de máxima energía de distorsión ó de Von Mises) no superarán los valores de tensiones máximas establecidas en el punto 12.7.2(b) multiplicados por los correspondientes factores de resistencia ( $\phi$ ) que se definen en el punto 12.7.2(c). Tampoco se superarán las "máximas tensiones factorizadas" de abollamiento ( $\phi.F_a$ ;  $\phi.F_{ac}$  ó  $\phi.F_{ab}$  según sea la forma de sección tubular). Para las uniones soldadas se verificarán que las máximas tensiones de flexión, de corte y las tensiones combinadas de corte y normal (calculadas con la teoría de máxima energía de distorsión), no superen los valores de tensiones especificados en el punto 12.7.4(b) multiplicados por los correspondientes factores de resistencia ( $\phi$ ). Con la finalidad de limitar la posibilidad de una "falla laminar", las tensiones de tracción normales a las superficies planas ó curvas de las chapas se limitarán a 2500 kg/cm<sup>2</sup> para cualquier calidad de acero.

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de SULLFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



- c) Limitación de desplazamientos horizontales: Las desviaciones horizontales de los montantes, para cualquier estado de carga última factorizada de servicio, calculadas con Teoría de 1° Orden y sin tener en cuenta la influencia del giro de la cimentación en los corrimientos, no deberán superar los siguientes valores:

Postes de suspensión y suspensión angular: 6% de la altura total de la estructura.

Postes de retención de línea, retenciones angulares y terminales: 3,50% de la altura total del poste.

- d) Aberturas: Cuando se debilite la sección portante mediante recortes para apertura de puertas y aberturas similares, se debe realizar una verificación estática de la sección debilitada, utilizando el valor de la sección realmente existente.
- e) Uniones Acopladas: Las juntas en el fuste de postes de alma llena de sección circular ó poligonal pueden realizarse como uniones acopladas sin emplear medios de unión y sin verificación numérica, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

$$\text{Longitud de solape} \geq 1,5 d_m \quad [12.7-2]$$

Donde:

$d_m$ : es en el caso de postes circulares, el diámetro exterior de la sección inferior del tubo envolvente.

En postes poligonales  $d_m$  es el valor medio de los diámetros de los círculos inscriptos y circunscripto en la pared exterior de la sección inferior del tubo envolvente.

Conicidad del poste  $\geq 10$  mm/m.

Espesor de chapa  $\leq 16$  mm.

En estos postes no estancos, se debe garantizar la protección anticorrosiva de la pared interior.

- f) Vinculación a las fundaciones: Las estructuras podrán estar vinculadas a sus fundaciones mediante placas bases y bulones de anclaje ó por empotramiento directo de un tramo de la estructura.

#### 12.7.4 Uniones soldadas:

- a) Materiales y procedimientos: La ejecución, calificación e inspección de las uniones soldadas se realizará según las especificaciones de la Norma ANSI/AWS D1.1-98 (Structural Welding Code-Steel). De los diferentes procedimientos de soldadura, los siguientes cuatro métodos son los aceptables para fabricar estructuras soldadas de acero:

Soldadura de arco metálico protegido (SMAW).

Soldadura de arco metálico protegido con gas (GMAW).

Soldadura de arco sumergido (SAW).

Soldadura de arco con núcleo fundente (FCAW).

Todos ellos están basados en la ejecución de la soldadura por fusión, debido a un arco eléctrico, que funde simultáneamente un electrodo y el acero adyacente de las partes a ser unidas. La Norma ANSI/AWS D1-1-98 especifica las clases de electrodos y los procedimientos de soldadura para obtener una junta denominada "unión metálica pareja" (Requerimientos para una unión metálica pareja); este tipo de unión tiene la propiedad que la resistencia nominal a tracción del metal soldado ( $F_{EXX}$ ) es similar a la del material base ( $F_{BM}$ ) que ha sido conectado. Las uniones estructurales pueden ser de los siguientes tipos: cordones a tope (de penetración completa ó parcial) y filetes ó cordones de cuello (longitudinales ó transversales).

- b) Diseño de uniones: En el diseño de las uniones se tendrá en cuenta la resistencia del material base a unir ( $F_{BM}$ ) y la resistencia nominal de la unión soldada ( $F_{EXX}$ ) a partir de la calidad de los elementos y procedimientos de soldadura empleados. La resistencia de diseño de la unión soldada, será el menor de los siguientes valores:

$$\text{Resistencia del material base} = \varphi \cdot F_{BM} \cdot A_{BM} \quad [12.7-3]$$

$$\text{Resistencia de la unión} = \varphi \cdot F_W \cdot A_W \quad [12.7-4]$$

Donde:

$A_{BM}$ : Area del metal base (soldadura penetración total).

$A_W$ : "Area efectiva" de la soldadura, en función del tipo de cordón y espesores a unir.

$F_y$ : Mínima resistencia de fluencia, de las partes a unir.

$F_{EXX}$ : Resistencia nominal a tracción del metal soldado.

$F_{BM}$ : Resistencia nominal del material base.

$F_W$ : Resistencia nominal del electrodo de soldadura.

$\varphi$ : Factor de resistencia según el tipo de soldadura y solicitaciones actuantes.

$\varphi \cdot F_{BM}$ : Resistencia de diseño del material base.

$\varphi \cdot F_W$ : Resistencia de diseño del electrodo de soldadura.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Para el cálculo de las uniones soldadas, los valores de  $\varphi$ ;  $F_{BM}$  y  $F_W$  se extraerán de la Tabla 12.7-d.



3

Tabla 12.7-d – Tensiones y Factores de resistencia de las uniones soldadas

Tipo de soldadura y tensión	Material	Factor de Resistencia ( $\phi$ )	Resistencia nominal ó característica $F_{BM}$ ó $F_W$	Nivel de Resistencia requerido para la unión
<b>Soldadura a tope con penetración completa</b>				
Tracción normal al "Area Efectiva" (Tracción por flexión)	Base	0,90	$F_Y$	Debe ser empleada una "Unión metálica pareja"
Compresión normal al "Area Efectiva"	Base	0,90	$F_Y$	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la "Unión metálica pareja"
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura				
Corte sobre el "Area Efectiva"	Base	0,90	$0,60 F_Y$	
	Electrodo de Soldadura	0,80	$0,60 F_{EXX}$	
<b>Soldadura a tope con penetración parcial</b>				
Compresión normal al "Area Efectiva"	Base	0,90	$F_Y$	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la "Unión metálica pareja"
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura				
Corte paralelo a la dirección del cordón de soldadura	Base	0,75	$0,60 F_{EXX}$	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la "Unión metálica pareja"
	Electrodo de soldadura			
Tracción Normal al "Area Efectiva" (Tracción por flexión)	Base	0,90	$F_Y$	
	Electrodo de soldadura	0,80	$0,60 F_{EXX}$	
<b>Soldadura de filetes o cordones de cuello</b>				
Tensión Normal ó de corte sobre el "Area Efectiva"	Base	0,75	$0,60 F_{EXX}$	Puede ser empleada una unión soldada con un nivel de resistencia igual ó menor a la de la "Unión metálica pareja"
	Electrodo de soldadura			
Tracción ó compresión paralela a la dirección del cordón de soldadura	Base	0,90	$F_Y$	

12.7.5 Riendas:

a) Material:

a1) Las riendas estarán constituidas por alambres ó por cables de cordones galvanizados, de acero de alta resistencia. Cuando las condiciones de corrosión atmosférica sean extremadamente severas se deberán emplear riendas de alumoweld. En todos los casos, el conjunto Rienda-Herraje-Barra de anclaje tendrá protección catódica, independientemente que los elementos metálicos enterrados dispongan de protección pasiva mediante algún revestimiento anticorrosivo.

a2) Se deben disponer los valores normales de su límite elástico convencional ( $F_e$ ), su resistencia de tracción última ( $F_u$ ) y su "módulo de elasticidad efectivo" ( $E_s$ ). A los efectos del diseño se puede adoptar para los cables como "módulo elástico efectivo" el valor de  $1.600.000 \text{ daN/cm}^2$ ; en el caso de alambres se adoptará el valor del módulo de elasticidad del acero.

a3) Para el caso de torres angulares ó terminales arriendadas, la tensión de tracción máxima de servicio de la rienda se limitará al valor de  $3000 \text{ daN/cm}^2$  para el Estado de "Tensión Media Anual", con el objeto de limitar el efecto de "corrosión bajo tensión" de la misma. Igual previsión se adoptará en las riendas de las estructuras del tipo Cross-Rope, cuando estén sometidas al estado de cargas permanentes.

Consideraciones de diseño:

b1) Para estructuras de altura menor a 40 m, ó longitudes de rienda inferior a 60 m, las cargas de hielo y viento sobre las riendas podrán ser ignoradas. En esta situación también se puede despreciar el efecto de la temperatura sobre la tensión de las riendas.

b2) El comportamiento de la rienda se podrá asumir como lineal, es decir con un módulo de elasticidad constante. Para que se pueda cumplir esta condición y asegurar una adecuada rigidez de la estructura

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ARDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



frente al efecto dinámico de las ráfagas de viento, las riendas deberán estar pretensadas al 15% ( $\pm 5\%$ ) de su resistencia última de tracción.

- c) Factores de resistencia: Los factores de resistencia a emplear en el diseño y selección de las riendas, dependerán del tipo estructural de la torre de acero, según se detalla en la Tabla 12.7-e.

**Tabla 12.7-e – Factores de resistencia de riendas ( $\varphi$ )**

Tipo estructural	Factor de resistencia ( $\varphi$ )	Resistencia de diseño
Hiperestáticas, tipo pórticos, arriendadas, interna ó exteriormente	0,65	$F_u$
Isostáticas, Tipos V, Y ó Cross-Rope	0,85	$F_u$
	0,90	$F_e$

$F_u$ : tensión de rotura.,  $F_e$ : límite elástico convencional.

**12.7.6 Herrajes para sujeción de riendas:** Las conexiones que se pueden utilizar para la fijación de las riendas, pueden ser de los siguientes tipos. Para los mismos valen los factores de resistencia que se detallan en Tabla 12.7-f.

**Tabla 12.7-f – Factores de resistencia de herrajes ( $\varphi$ )**

Tipo herraje	Factor de resistencia ( $\varphi$ )	Resistencia de diseño $R_e$ ó $R_u$
Terminales con Resina Epoxi ó Zinc fundido; abiertos ó cerrados	0,90	$R_e$
	0,75	$R_u$
a) Terminales a compresión autorregulables.	0,90	$R_e$
b) Terminales a compresión abiertos y cerrados	0,75	$R_u$
Manguito preformado	0,75	$R_u$
Amarre con cuña	0,80	$R_e$
	0,67	$R_u$
Terminal con grampa de amarre con un mínimo de tres bulones en U	0,72	$R_e$
	0,60	$R_u$
Amarre con guardacabo y manguito de aluminio ó de acero trefilado	0,72	$R_e$
	0,60	$R_u$

$R_e$ : resistencia elástica del herraje, como carga máxima para la cual no se produce ninguna deformación residual del mismo.  
 $R_u$ : resistencia última del herraje, como carga mínima para la cual se produce la falla del herraje como conjunto ó de cualquier elemento componente.

**12.7.6 Barras de anclaje:** Estos elementos estructurales transmiten las cargas de las riendas a los respectivos anclajes, ya sea del tipo tradicional (vigas placas, cilindros, etc.) ó mediante anclajes no tradicionales (autoperforantes; helicoidales; inyectados; etc.).

**Material:** Estarán construidas con acero de dureza natural ó escalón de fluencia garantizado. En todos los casos tendrán protección anticorrosiva adecuada. Si se adopta una protección catódica deberá evitarse el empleo de pastas a tierra de cobre ó de acero revestido con cobre. Cuando los terrenos donde sean instaladas estén caracterizados por ser muy agresivos al acero por los altos contenidos salinos, la acidez y conductividad del suelo, las barras además podrían ser protegidas mediante un revestimiento anticorrosivo (polietileno, poliuretano, caucho vulcanizado, etc.).

**Factores de resistencia de barras de anclaje ( $\varphi$ ):** En el diseño se emplearán los factores de resistencia que se detallan en la 12.7-g.

**Tabla 12.7-g – Factores de resistencia de barras de anclaje ( $\varphi$ )**

Elemento	Factor de resistencia ( $\varphi$ )	Resistencia de diseño
Anclaje tradicional de hormigón armado:		
a) Barra.		
b) Placa de anclaje.	0,75	$F_Y (R_Y)$
c) Tuerca Fijación	0,67	$F_u (R_u)$
Anclaje No tradicional:	0,67	$F_u (R_u)$
a) Anclajes autoperforantes, con barra incluida en la fundación.	0,67	$F_Y (R_Y)$
b) Anclajes inyectados en roca y suelo.	0,67	$F_Y (R_Y)$
c) Anclajes helicoidales (simple hélice ó múltiple hélice).	0,67	$F_Y (R_Y)$



$F_y$  : tensión de fluencia.  
 $F_u$  : tensión de rotura.  
 $R_y$  : carga de fluencia (resistencia a fluencia)  
 $R_u$  : carga de rotura (resistencia a rotura).

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
 Secretaria de Directorio  
 ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

### 12.8 Ensayo de carga

En caso que el comportamiento de la estructura sea verificado con ensayos de carga sobre un prototipo representativo de la resistencia de las estructuras a instalar en la obra, la misma deberá resistir las "cargas factorizadas" de ensayo ( $C_E$ ) según se detalla en este apartado, sin daño ó falla alguna de sus elementos componentes. Las cargas de ensayo ( $C_E$ ) deben cumplir con la siguiente condición:

$$C_E \geq \frac{K_C \cdot C}{\Phi_E} \quad [12.8-1]$$

Donde:

$C_E$  : carga mínima de ensayo correspondiente a la hipótesis de cálculo que es reproducida en la prueba.  
 $K_C \cdot C$  : carga última correspondiente al "tipo de estructura" ensayada, que produce la sollicitación última factorizada ( $K_C \cdot S$ ) en los elementos estructurales, para la hipótesis de cálculo ensayada.  
 $\Phi_E$  : factor de minorización de resistencia a emplear en la determinación de las cargas del ensayo.

Tabla 12.8-a – Valores de ( $\Phi_E$ )

Material	Tipo de estructura	$\Phi_E$	
Madera	Estructura completa ensayada como un conjunto	0,50	
	Postes ensayados como elementos	0,50	
	Ménsulas y crucetas ensayadas como elementos	0,25	
Acero	Estructuras reticuladas y tubulares completas	0,85	
Hormigón armado o pretensado	Postes	Torsión	0,85
		Flexión	0,70 a 0,90
	Estructura completa ensayada como su conjunto	0,70 a 0,75	

La carga de ensayo se incrementará en escalones de 20%, 40%, 60%, 70%, 80%, 90%, 95% y 100% de la carga de ensayo  $C_E$ ; estos escalones de carga se mantendrán el tiempo necesario que permita medir los desplazamientos y poder observar la ocurrencia de daños estructurales. Para todos los estados de carga, que se hayan seleccionado reproducir en las pruebas, el 100% de la carga de ensayo  $C_E$  deberá ser mantenida como mínimo 5 minutos.

Los ensayos de estructuras ó elementos estructurales de hormigón armado y pretensado, se realizarán con los ciclos de carga y descarga que especifican las Normas IRAM 1603 y 1605, con la finalidad de medir la abertura de fisuras y los desplazamientos residuales.

En el caso de ensayarse estructuras con uniones abulonadas, en el armado y erección de las mismas no se podrán emplear pares de apriete superiores a los mínimos especificados para su instalación en la obra. Con la finalidad de evitar la fricción residual en las uniones, los prototipos de estas estructuras deberían estar galvanizados.

### 12.9 Estructura de materiales no convencionales

La presente Sección desarrolla los métodos de diseño y procedimientos generales de fabricación y montaje que son de aplicación a los materiales más usuales empleados en las estructuras para líneas de transmisión.

Otros materiales podrán ser utilizados en la fabricación de las estructuras, cuando los antecedentes sobre el comportamiento de obras ejecutadas y en explotación comercial, los análisis sobre modelos teóricos representativos del funcionamiento resistente y el comportamiento mecánico comprobado con prototipos ensayados hasta la carga de falla, demuestren que los nuevos materiales son aptos para resistir las cargas de diseño y que tienen durabilidad comprobada para resistir las condiciones de agresividad del medio ambiente.

Nota: Para referencias y material de consulta de esta sección ver Anexo D

## 13 Componentes y accesorios

### 13.1 Componentes

**13.1.1 Elementos conductores (en general conductores):** Son los elementos tendidos entre los piquetes de una línea y destinados a transportar o distribuir la energía eléctrica. Tipos:

- Cuerda (desnuda)



- b) Conductor protegido: Se entiende por tal a aquél conductor que a pesar de disponer de cobertura aislante, por no confinar el campo a su interior no puede ser tocado con la mano en forma segura y permanente. Por tanto será considerado a los fines de la explotación y mantenimiento como cuerda desnuda. Deberá satisfacer los siguientes requerimientos:
- b1) Estar provistos de capa interna semiconductor para uniformar el campo eléctrico.
  - b2) Ser resistentes a la exposición prolongada de radiación ultravioleta.
  - b3) Poseer bloqueo longitudinal a la entrada de humedad.
  - b4) Ser resistentes al encaminamiento eléctrico superficial.
  - b5) Poseer suficiente rigidez dieléctrica para ser considerados de tal forma.
- c) Cable aislado
- c1) Conjunto (preensamblado) de conductores aislados, inclusive su eventual tensor portante, tendido entre los piquetes de una línea.
  - c2) La aislación, para poder ser considerada como tal, debe ser confinante del campo eléctrico, siempre compacta, continua y adecuada al tipo de material aislante. Serán resistentes a la radiación ultravioleta.
- d) Normas y/o requerimientos constructivos: Las cuerdas, conductores protegidos y cables aislados serán construidos según Normas IRAM, IEC y en caso de no existir éstas, de acuerdo a normas internacionales de reconocido prestigio.

**13.1.2 Cable de guardia:** Conductor desnudo tendido entre los piquetes de una línea aérea, permanentemente conectado a tierra y destinado a proteger los conductores para el transporte de energía eléctrica de los efectos destructivos de las descargas de origen atmosférico, y además mejorar las condiciones de puesta a tierra de los soportes.

**13.1.3 Fibra óptica:** Destinada al transporte de señales, propias o no del sistema o línea aérea de energía, bajo la configuración de un conductor dieléctrico separado o integrada a los conductores o cables de energía y/o a los cables de guardia.

**13.1.4 Aislaciones:** Los conductores, desnudos o protegidos, deben estar sostenidos por medio de aisladores.

- a) Aisladores rígidos: Los aisladores rígidos y los pernos correspondientes en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión mecánica máxima de los conductores y con los mismos íntegros en todos los vanos, deben trabajar con un tiro horizontal no superior al 33% de su carga de rotura completa. Dentro de la categoría de aisladores rígidos se incluyen los de porcelana, los compuestos y los orgánicos.
- b) Cadenas de aisladores: La cadena de aisladores en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión mecánica máxima de los conductores, y con los mismos íntegros en todos los vanos debe trabajar con un tiro de tracción no superior al 40% de su carga crítica. Dentro de esta designación están comprendidas las cadenas de aisladores de porcelana con vinculación a rótula-badajo u horquilla-ojal y sus equivalentes sintéticos denominados de material compuesto (composite).
- c) Fijaciones con aislación reforzada: El dispositivo de fijación/aislación de los conductores de energía a los sostenes se define como reforzado cuando está predispuesto en forma tal que se evite la caída del conductor en el caso de rotura de un aislador.
  - c1) Deben ser empleados aisladores rígidos o suspendidos de características no inferiores a los otros aisladores de la línea en la misma situación (suspensión o retención).
  - c2) En las líneas con aisladores a perno rígido puede ser realizada fijando el conductor con dos aisladores distintos, que asuman los mismos esfuerzos, o mediante otro dispositivo y/o técnica probada por autoridad competente, que ofrezca garantías de seguridad equivalentes a las de la disposición anterior.
  - c3) En las líneas con conductores suspendidos o retenidos, la fijación reforzada puede ser realizada con suspensión de doble cadena, con retención de doble cadena o con otro dispositivo y/o técnica probada por autoridad competente, que ofrezca garantías de seguridad equivalentes a las de las disposiciones anteriores.
  - c4) Empleo de la fijación reforzada en las líneas clase "B": Solo se requerirá en caso de emplear aisladores a perno rígido del tipo a campanas superpuestas. De emplear aisladores de cuerpo macizo (tipo Line Post) no será necesario su empleo.
  - c5) En líneas de clase "C" y de tensiones superiores no se reglamenta el empleo de la aislación reforzada, salvo requerimientos de seguridad especiales a consideración del ente de jurisdicción local.
  - c6) Se usará doble cadena de aisladores en retención en los vanos de cruces para los cuales no está prevista una reducción de la tensión mecánica máxima de trabajo para los conductores.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA



33

## 13.2 Accesorios

### 13.2.1 Elementos para sujeción mecánica:

- Accesorios o herrajes: Los accesorios o herrajes deben ser construidos con material resistente a las acciones del medio ambiente y/o sometidos a recubrimientos resistentes a ellas.
- Las tensiones mecánicas en los accesorios, para fijar los conductores, en las hipótesis en las cuales se verifica la tensión mecánica máxima de los conductores y con los mismos íntegros en todos sus vanos, no deben superar el 33% de la correspondiente a carga de rotura.
- En los vanos que cruzan ferrocarriles, líneas de trolebús, funiculares, alambre-carriles, autopistas, rutas nacionales y sus conexiones al interior de poblados y líneas de telecomunicación, no se admiten empalmes de los portantes o tensores.

### 13.2.2 Sistemas amortiguantes de vibraciones:

- Los elementos amortiguadores de vibraciones están destinados a mejorar las condiciones de protección de los conductores contra los daños debidos a la vibración eólica. Debe ser prevista la utilización de éstos dispositivos principalmente en los casos de grandes vanos situados en regiones planas, cruces de ríos o lagos o también donde las características de los vientos locales predominantes conjuntamente con la tensión mecánica y la sección de los conductores favorecen la ocurrencia de la vibración eólica.
- La fijación de éstos elementos a los conductores se realizará de forma tal que se evite el daño a los alambres del mismo.

### 13.2.3 Elementos para conexión eléctrica:

- Conectores: Los conectores de derivación y los empalmes de los conductores deben realizarse sin aumentar la resistencia eléctrica del conductor o su sollicitación térmica en dicho punto.
- En el caso de cable aéreo no debe disminuir su aislación en dichos puntos.
- En los empalmes la resistencia mecánica de la unión no debe ser inferior al 90% de la carga de rotura del conductor.
- Para las líneas de cable aislado o conductor protegido sobre perchas aislantes, esta última prescripción no se aplica a los empalmes del cable o conductor, sino a los empalmes del tensor portante.
- El material y el tipo de la pieza para el empalme debe ser de tal naturaleza que en ningún caso tenga lugar su deterioro por efectos electrolíticos.
- Los empalmes para alambres de acero deben protegerse contra la oxidación mediante galvanización en caliente de origen, salvo que sean de acero inoxidable.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

## 14 Fundaciones

### 14.1 Generalidades

**14.1.1 Estructuras:** Las estructuras de las líneas de transmisión deberán transmitir sus reacciones al terreno mediante fundaciones, ya sean empotramientos o apoyos anclados.

**14.1.2 Fundaciones:** Estas obras de cimentación se ejecutarán de hormigón armado o sin armar, y excepcionalmente con grillas metálicas cuando situaciones singulares de montaje hagan inviables las anteriores.

**14.1.3 Empotramiento directo:** No obstante, algunos tipos de estructuras podrán empotrarse directamente en el suelo en los siguientes casos:

- Postes de madera: cuando se rellene el huelgo de la excavación con material granular cuidadosamente compactado o suelo cemento vertido, de forma que asegure la estabilidad de acuerdo a lo especificado por esta Reglamentación. En el caso de los postes de madera queda prohibido el relleno de los huelgos de excavación (lateral y fondo) con hormigón.
- Postes de hormigón para líneas de media tensión.

Nota: En los casos (a) y (b) los postes se apoyarán sobre una superficie firme del suelo, (no alterado por la excavación, sin agua ni fango); caso contrario los postes se apoyarán sobre una capa de material granular compactado que tenga un espesor mínimo de 20 cm.

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## 14.2 Estudio geotécnico

**14.2.1 Finalidad del Estudio:** Para el diseño de fundaciones, en líneas de clase "C" o superiores, se deberá ejecutar un estudio geotécnico constituido por sondeos y calicatas, que permita conocer los parámetros de resistencia (cohesión no drenada, ángulo de fricción interna, densidad, coeficientes de reacción lateral y de fondo) de los suelos afectados por la traza de la obra y la posición de la napa freática.

En líneas de clase "B" bastará conocer la tipificación del suelo y solo será necesario realizar estos estudios en los vértices y en los casos de marcada disminución de las características resistentes del mismo a lo largo de la traza de la obra.

**14.2.2 Cantidad y profundidad:** La densidad y profundidad mínimas de estudios de suelos se detalla en Tabla 14.2-a.

**Tabla 14.2-a – Cantidad y profundidad mínima de estudios geotécnicos**

Tipo de obra	MT	AT	EAT
Espaciamiento	Vértices	Vértices y 1 sondeo c/10 estructuras	Vértices y 1 sondeo c/4 estructuras
Profundidad	4 m	6 m	9 m

a) En cada ubicación de sondeos se realizarán ensayos geoquímicos de suelos de los estratos característicos y napas freáticas con los cuales se determinará como mínimo el contenido de sales totales, PH, cloruros y sulfatos solubles. Los ensayos geoquímicos tendrán la finalidad de determinar la agresividad potencial del subsuelo a las cimentaciones y al sistema de puesta a tierra de los sostenes. Además, permitirán definir el grado de agresión y las protecciones anticorrosivas necesarias.

En base a los resultados de estudios de suelos se realizará una "tipificación de suelos" y "tipificación de fundaciones" de la obra. Los suelos típicos estarán caracterizados por tener los menores valores de los parámetros mecánicos que corresponden a dicho suelo típico.

Quando en la traza de la obra se presenten suelos que tengan un comportamiento mecánico inestable frente a cambios de su contenido de humedad (suelos expansivos y colapsables), de temperatura (suelos sometidos a congelamiento y deshielo) y vibraciones (suelos licuables o fluidos), deberán ser analizados mediante ensayos geotécnicos especiales.

d) Módulo de reacción ó coeficiente de balasto: La definición de los valores de módulos de reacción lateral y de fondo resulta de fundamental importancia en el proyecto de las cimentaciones. Estos valores se pueden determinar en forma directa mediante ensayos ó indirecta a través de propiedades mecánicas conocidas del suelo.

Nota: A título informativo en el anexo F se incluyen las tablas 14.2-b: valores medios del módulo de elasticidad vertical de suelos y rocas. 12.2-c valores medios de parámetros resistentes de suelos y 14.2-c suelo gravante asociado al cuerpo de la fundación en condiciones de vuelco.

## 14.3 Procedimiento de diseño

Las fundaciones deben ser verificadas con las mismas hipótesis de cálculo adoptadas para el diseño de las estructuras. En cada hipótesis, la verificación de estabilidad del sistema de cimentación se efectuará de acuerdo a los procedimientos que se detallan a continuación, considerando el comportamiento de las cargas aplicadas y del tipo de fundación. El diseño de las fundaciones se basará en la aplicación del "Método de factorización de cargas y resistencias" (LRFD); debiéndose cumplir con la siguiente condición:

$$K_E \cdot K_C \cdot F \leq \sum \varphi_i \cdot R_i \quad (\text{fundaciones indirectas}) \quad [14.3-1]$$

$$K_E \cdot K_C \cdot F \leq \varphi \cdot R \quad (\text{fundaciones directas}) \quad [14.3-2]$$

Donde:

$F$ : Es una reacción última que resulta la reacción máxima de la estructura (correspondiente a cargas aleatorias con un período de retomo  $T$ , a cargas de montaje, ó a cargas especiales) calculada según se establece en el presente Reglamento (Capítulo 12), en función del destino y condiciones de exposición de la obra, y de acuerdo a las hipótesis de proyecto.

$K_C$ : Factor de carga que tiene en cuenta el tipo de estructura y el daño que produciría la falla de dicha estructura.

$\varphi, \varphi_i$ : "Factor global de resistencia" (fundaciones directas) ó "Factores parciales de resistencia" (fundaciones indirectas) que dependerán del tipo de sollicitación a que está sometido el cimiento (momento de vuelco, carga de hundimiento ó de tracción), del tipo de fundación y de su montaje.

$R, R_i$ : Resistencia teórica calculada para un determinado "suelo típico", a partir de los valores geotécnicos mínimos que identifican a dicho "suelo típico" (ángulo de fricción, densidad, cohesión, grado de saturación e índice de consistencia).

$K_E$ : Factor de carga que tiene en cuenta la verificación experimental del comportamiento del cimiento, mediante ensayos con prototipos a escala natural.

$K_E = 1.0$  Para sollicitaciones de vuelco y compresión. Para sollicitaciones de tracción cuando el comportamiento de los anclajes es verificado mediante ensayos de prototipos.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDRINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



34

$K_E = 1.1$  Para cimentaciones sometidas a tracción cuando el comportamiento de las mismas no es verificado mediante ensayos de prototipos.

**14.3.1 Tipo de cargas sobre fundaciones:** Con la finalidad de determinar los factores de carga ( $K_C$ ) a emplear en el diseño de fundaciones, se considerarán los siguientes tipos de cargas actuantes sobre las mismas:

a) Fundaciones con cargas instantáneas o cuasi-instantáneas: Dentro de estas fundaciones se incluyen los cimientos de las estructuras de suspensión y retenciones de línea, cualquiera fuere su topología estructural.

$K_C = 1,0$  para estructuras de suspensión y retenciones de línea.

b) Fundaciones con cargas permanentes o cuasi-permanentes: Dentro de estas fundaciones se incluyen los cimientos de las estructuras de retención angular, las terminales de línea y las estructuras especiales para cruces de vías navegables.

$K_C = 1,2$  Retenciones angulares y terminales de línea.

$K_C = 1,3$  Estructuras especiales para cruces de ríos navegables ó de frontera. Pórticos de estaciones transformadoras y soportes del equipamiento eléctrico.

**14.3.2 Topología estructural de la cimentación:** Con la finalidad de determinar los "factores de resistencia" a emplear en el diseño de las fundaciones, se consideran los siguientes tipos de cimentaciones:

a) Cimentaciones con macizos simples y/o escalonados, de hormigón simple o con armadura de refuerzo, sometidos preponderantemente a momentos de vuelco. Se trata del caso que la estructura tenga una única cimentación, es decir del tipo monobloque. La calidad mínima del hormigón a utilizar será H-13. Estas fundaciones deberán ser verificadas a las siguientes condiciones cinemática y mecánicas.

a1) Condición cinemática: La rotación "límite" máxima respecto a la vertical, que resulte de aplicar el método de Sulzberger (basado en el comportamiento elástico del suelo hasta su estado "límite" ó de falla), será 0,015 (1,50%). Esta condición cinemática "límite" será válida para todos los tipos de estructuras.

a2) Condición resistente al vuelco: Se deberá calcular el "factor de vuelco" ( $K_V$ ) para poder aplicar el Método de Sulzberger hasta el estado "límite" ó de falla del suelo adyacente; el valor de este factor varía según el tipo de material de la estructura, en función de la relación de los momentos de encastramiento lateral y de fondo calculados para una rotación "límite" (Tabla 14.3-a). El "factor de resistencia al vuelco" ( $\phi_v$ ), se determina a partir de  $K_V$ , como se indica:  $\phi_v = 1 / K_V$ .

**Tabla 14.3-a – Valores de factores de vuelco  $K_V$**

Estructura	Factores de vuelco $K_V$
Acero	$K_V = 1,30 - 0,60 \cdot (M_s / M_b) + 0,30 \cdot (M_s / M_b)^2$ ; si $(M_s / M_b) \geq 1$ . Tomar $K_V = 1$
Hormigón armado o pretensado	$K_V = 1,45 - 0,90 \cdot (M_s / M_b) + 0,45 (M_s / M_b)^2$ ; si $(M_s / M_b) \geq 1$ . Tomar $K_V = 1$
Madera	$K_V = 1$ (postes empotrados directamente en el suelo, se desprecia el momento de fondo $M_b$ ).

Donde:

$M_s$  y  $M_b$ : Momentos de encastramiento lateral y de fondo que resultan de aplicar el Método de Sulzberger, calculados para una rotación "límite" de 0,015 (1,5%). Este valor de rotación se considera como "límite" para el cual el suelo deja de tener un comportamiento lineal elástico.

$$M_R = M_s + M_b$$

$K_V$ :  $K_V = f(M_s / M_b)$  función según Tabla 14.3-a.

$M$ : máximo momento de vuelco en el centro instantáneo de giro, en la dirección considerada, correspondiente a reacciones de las Hipótesis de cálculo definidas en el Apartado 12.2.

$K_C$ : factor de carga definido en el Apartado 14.3.1.

Se debe verificar que:

$$K_C \cdot M \leq \phi_v \cdot M_s + \phi_v \cdot M_b \quad [14.3-3]$$

Cuando se proyecten plateas de cimentación, prescindiéndose de la resistencia lateral del suelo circundante ( $M_s = 0$ ), la seguridad al vuelco estará garantizada cuando las excentricidades de la resultante de las cargas verticales ( $N_b$ ), calculadas a nivel del plano de fundación, cumplan con la siguiente condición:

$$\left(\frac{e_x}{a}\right)^2 + \left(\frac{e_y}{b}\right)^2 \leq \frac{1}{(2 \cdot K_V)^2}$$

$$e_x = M_x / N_b$$

$$e_y = M_y / N_b$$

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA DEL ORIGINAL

[14.3-4]

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO

[14.3-5]

Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

[14.3-6]



Donde:

- $N_b$ : resultante de las cargas verticales a nivel del plano de fundación. Calculada como la resultante de las "cargas factorizadas" actuantes sobre la estructura, más el peso de la estructura, más el peso de la fundación, más el peso del suelo gravante asociado.
- $e_x$  y  $e_y$ : excentricidades de la resultante de cargas verticales ( $N_b$ ) en la dirección del lado mayor y menor del cimiento, a nivel del plano de fundación.
- $a$  y  $b$ : lados mayor y menor del cimiento.
- $K_v$ : factor de vuelco según Tabla 14.3-a (para  $M_s = 0$ ).
- $M_x$  y  $M_y$ : momentos de vuelco últimos factorizados a nivel del plano de fundación, en la dirección de los lados mayor y menor del cimiento.

a3) Máximas tensiones: Se verificará que para las "reacciones últimas factorizadas" de apoyo, no se superarán las "tensiones de plastificación" ó falla del suelo multiplicadas por el factor de minorización de resistencia ( $\varphi_c$ ) correspondiente. Las "tensiones de plastificación" ó falla del suelo, ya sea del tipo general ó local, se determinarán mediante la utilización de alguna fórmula de "capacidad de carga" internacionalmente reconocida, que sea de aplicación al tipo de suelo donde se implantará el cimiento (Terzaghi; Brinch-Hansen; Meyerhoff; Caquot; etc.).

a3.1) Tensiones máximas verticales en el plano de cimentación. Se deberá verificar que las máximas tensiones últimas verticales ( $q_b$ ) y ( $q_m$ ), correspondientes a las "reacciones últimas factorizadas", cumplan con las siguientes condiciones:

$$q_b \leq 1,3 \cdot (\varphi_c \cdot qu) \quad \text{en el borde del cimiento.} \quad [14.3-7]$$

$$q_m \leq (\varphi_c \cdot qu) \quad \text{en el centro del cimiento.} \quad [14.3-8]$$

Donde:

- $q_b$  y  $q_m$ : son las presiones últimas verticales máxima y media de fondo, determinadas a partir del momento de cálculo de fondo, cuyo valor es el de Sulzberger ( $M_b$  para un giro "límite" de 1,5%) multiplicado por el factor ( $\varphi_v$ ) y la carga vertical  $N_b$ .
- $N_b = K_c \cdot \sum V_i$  (sumatoria de todas las cargas verticales: "cargas factorizadas" actuantes, estructura, cimiento y suelo gravante).
- $\varphi_v \cdot M_b$ : momento de cálculo de fondo, con el cual se calculan las presiones últimas verticales máxima y media de fondo.
- $qu$ : presión de hundimiento determinada mediante alguna fórmula de capacidad de carga internacionalmente reconocida que sea de aplicación al tipo de suelo donde se instalará la cimentación.
- $\varphi_c$ : 0,50 factor de minorización de resistencia al hundimiento que tiene la finalidad de limitar los asentamientos de la fundación.
- $\varphi_v$ : factor de resistencia al vuelco.

Para el caso especial de las plateas de cimentación, el momento de fondo de cálculo ( $\varphi_v \cdot M_b$ ), se reemplazará por los momentos de vuelco últimos factorizados ( $M_x$  y  $M_y$ ) a nivel del plano de fundación en la dirección de los lados mayor y menor de la platea. Con estos momentos de vuelco se calcularán las presiones últimas verticales máxima ( $q_b$ ) y media ( $q_m$ ) de fondo.

a3.2) Tensión máxima horizontal en los paramentos de la cimentación. Las máximas tensiones factorizadas horizontales ( $\varphi_v \cdot q_L$ ), ubicadas sobre el eje de rotación del macizo (zona superficial de menor resistencia del suelo) y en correspondencia con el fondo, no deberán superar la tensión de plastificación horizontal de dicho suelo:

$$(\varphi_v \cdot q_L) \leq \frac{4}{\cos \phi} \cdot (\gamma \cdot h \cdot \text{tg} \phi + C_u) \cdot \eta \quad [14.3-9]$$

Donde:

- $q_L$ : presión horizontal máxima determinada a una profundidad igual a la tercera parte de la altura encastrada del monobloque y en la profundidad, a partir del momento de cálculo lateral  $M_s$  (Momento de encastramiento de Sulzberger para un giro "límite" de 1,5%).
- $C_u$ : cohesión no drenada no consolidada.
- $\gamma$ : densidad del suelo (natural ó sumergido).
- $\phi$ : ángulo de fricción del suelo.
- $h$ : profundidad donde se produce la máxima presión lateral  $q_L$ .
- $\varphi_v$ : factor de resistencia al vuelco.
- $\eta$ : factor de forma que tiene en cuenta el comportamiento espacial de la cimentación, según se detalla:
- $\eta = 1,00$  pantallas verticales.
- $\eta = [1 + 0,50 \cdot (L/B)] \leq 1,50$ ; macizos rectangulares de lados B y L.
- $\eta = 1,70$  macizos cilíndricos.
- $B$ : ancho del paramento del macizo sobre el que se ejerce la presión  $q_L$ .

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. M<sup>a</sup>. GRACIELA ANDRINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



35

- b) Cimentaciones con zapatas de hormigón simple ó con armadura de refuerzo. Se trata del caso que la estructura sea autoportada y tenga una cimentación por cada apoyo de la misma.

La calidad mínima del hormigón a utilizar será H-13. Las zarpas de las zapatas podrán ser de hormigón simple cuando la relación entre la altura y el vuelo de la zarpa no sea inferior a 1,60 para hormigones H-13 y 1,2 para hormigones H-17.

Los fustes de las cimentaciones de las torres de línea podrán no estar armados, cuando el montante se prolongue hasta el fondo de la zapata, y se dispongan traviesas dentro de ésta que puedan resistir el 100% de las cargas de tracción de las torres. Los fustes de las cimentaciones de obras que atraviesen zonas de elevada y muy elevada sismicidad (zonas sísmicas 3 y 4) deberán tener armaduras que cumplan las cuantías mínimas de flexión ó flexotracción; para las zonas sísmicas moderadas (zona sísmica 2) podrán armarse solamente los fustes de las cimentaciones de torres angulares y terminales. Cuando la estructura soportada no sea capaz de resistir los corrimientos horizontales relativos entre apoyos, correspondientes al sismo de diseño de la zona atravesada, los fustes deberán vincularse superiormente con vigas de arriostamiento.

Las secciones y armaduras de los elementos de hormigón armado, se dimensionarán siguiendo las especificaciones para las estructuras de hormigón armado establecidas en el Apartado 12.6. Las fundaciones estarán dimensionadas para resistir las máximas reacciones de hundimiento ó arrancamiento de la torre, más las correspondientes reacciones horizontales.

La "capacidad de carga al hundimiento" ( $R_H$ ) se determinará a partir de fórmulas de capacidad de carga internacionalmente reconocidas, que tengan en cuenta: los parámetros de resistencia al corte del suelo, la inclinación y excentricidad de las reacciones, la forma y profundidad del cimientó y la inclinación del terreno (efecto de ladera en terrenos montañosos).

La "capacidad de carga al arrancamiento" ( $R_A$ ) se podrá determinar mediante "métodos empíricos" (ver Figura 14.1 en el Anexo D de la presente Reglamentación) a partir del ángulo de arrancamiento  $\beta$  y el peso de suelo gravante sobrepuesto (en condición de terreno seco ó sumergido) ó con "métodos racionales" internacionalmente reconocidos a partir de las propiedades geotécnicas del suelo adyacente al cimientó.

El ángulo de arrancamiento  $\beta$  no podrá ser superior a las dos terceras partes del ángulo de fricción interno ( $\phi$ ) del suelo, y en ningún caso será mayor a 30°.

$$\beta \leq (2/3) \cdot \phi \leq 30^\circ$$

[14.3-10]

Cuando se empleen diseños basados en "métodos racionales" basados en los parámetros geotécnicos del suelo, los procedimientos de cálculo empleados deberán estar fundamentados por una amplia verificación experimental (por ejemplo: Meyerhof y Adams, Hidro-Ontario, CIGRE, Martín y Cochart; Vanner; etc.). En el diseño se deberá tener en cuenta cómo el proceso constructivo afecta las propiedades mecánicas del suelo ( $C$ ;  $\phi$  y  $\gamma$ ) adyacente y del sobrepuesto (Figuras 14.2.a y 14.2.b del Anexo D).

- c) Cimentaciones con grillas metálicas. Se limitará el empleo de esta solución a aquellos lugares donde la dificultosa accesibilidad, por la topografía de la traza de la obra, hagan inviable la construcción de otro tipo de cimentación.

En todos los casos, los elementos metálicos enterrados estarán protegidos de la corrosión mediante protección catódica; en los suelos muy altamente agresivos llevarán una protección superficial mediante pintura epoxi-bituminosa de un espesor no menor a 300 micrones.

En estas cimentaciones metálicas, la solera de apoyo puede asimilarse a una lámina continua siempre que los espacios que queden entre traviesas ó fajas de apoyo no superen un tercio (1/3) del ancho de las traviesas de apoyo.

La grilla también puede asimilarse a una lámina continua cuando quede inmersa en una losa de hormigón simple, cuyo espesor no sea inferior a tres veces el lado del perfil de la solera de apoyo. Caso contrario, la capacidad de carga (al hundimiento ó arrancamiento) se considerará como la suma de las capacidades de carga individuales de cada faja componente.

- d) Cimentaciones ancladas en roca. En caso de ejecutarse cimentaciones empotradas en la roca subyacente, mediante pernos de anclaje, la longitud de los mismos no será inferior a 3 m en roca sana y 4,50 m en roca alterada.

La relación entre el diámetro de la perforación en roca, y el diámetro de la barra de anclaje variará entre 2,00 a 3,00. En caso que esta relación supere el valor 3,00, el anclaje tendrá una tuerca terminal en su extremo inferior.

Se debe reconocer la calidad y el grado de intemperismo de la roca mediante perforaciones. Cuando no se dispongan de valores de resistencia al corte de la roca, se recomienda tomar como "resistencia

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



última" a la adherencia, el 10% del valor de la resistencia a la compresión simple de la roca; este valor de adherencia no debe superar  $40 \text{ daN/cm}^2$  para rocas masivas ó no alteradas.

En todos los casos la mezcla cementicia de relleno y sellado deberá tener una resistencia no inferior a H-17, una relación agua-cemento no superior a 0,50 y aditivos expansores aprobados que estén libres de cloruros.

- e) Anclajes de estructuras arriendadas. Estas cimentaciones serán empleadas para resistir esencialmente fuerzas de tracción y eventualmente fuerzas de corte producidas por las riendas de la estructura sustentada.

e1) Anclajes tradicionales: Se denominan como "tradicionales" a los anclajes que puedan ser construidos y montados mediante las técnicas constructivas convencionales, sin necesidad de emplear tecnologías especializadas, de forma que la ejecución pueda ser inspeccionada en todas sus etapas "in visu".

Estos anclajes pueden estar constituidos por elementos premoldeados (vigas placas, cilindros, etc.) ó elementos hormigonados "in situ" contra las excavaciones.

El procedimiento de diseño dependerá del tipo de estructura, de las cargas y ángulo de la rienda, de las condiciones del subsuelo y de la topografía de la traza.

Los valores de los parámetros geotécnicos de resistencia al corte ( $c; \Phi$ ), a emplear en el dimensionamiento, dependerán de las condiciones de construcción ó metodología de montaje de estos elementos .

Debido a la gran cantidad de factores que influyen en la "capacidad de carga a tracción" de los anclajes, resulta dificultoso realizar un diseño teórico que sea efectivo para cualquier "suelo típico". Por lo tanto, resulta conveniente para líneas de clase "C" y superiores, verificar el comportamiento mecánico de estos anclajes mediante ensayos con cargas de arrancamiento, sobre prototipos a escala real. Los lugares de ensayo serán representativos del "suelo típico" donde se pretenda instalar estas fundaciones, y estará caracterizado por tener los menores valores de los parámetros geotécnicos correspondientes al "suelo típico" asignado.

En ningún caso el desplazamiento medido en el ensayo correspondiente a la carga factorizada ( $K_C \cdot F_A$ ) comprometerá el funcionamiento de la estructura y además, en todos los casos, se verificará la convergencia a cero de los desplazamientos residuales correspondientes a la carga factorizada de tracción ( $K_C \cdot F_A$ ).

e2) Anclajes no tradicionales: Se denominan como "no tradicionales" a los anclajes que se construyen ó instalan mediante técnicas especiales no convencionales, y que se caracterizan porque su construcción sólo puede ser controlada ó inspeccionada en forma indirecta.

Dentro de estos anclajes se incluyen todos los del tipo inyectados (activos ó pasivos), explosivos, helicoidales, tubulares y los micropilotes de diámetro menores a 30 cm.

Debido a la gran cantidad de factores que influyen en la "capacidad de carga" a tracción de estos anclajes, cualquier diseño teórico tendrá validez para aquellos suelos donde se haya comprobado su efectividad.

En el caso eventual de micropilotes sometidos a cargas de compresión, los mismos serán verificados al pandeo considerándolos como barras inmersas en un medio elástico. En ningún caso a estos elementos se los considerará capacitados para resistir solicitaciones de flexión.

- f) Fundaciones Indirectas: Se denominan las compuestas por pilotes de diámetro mayor a 30 cm, de acero (tubulares o perfiles laminados), u hormigón armado; éstos podrán ser instalados mediante hinca, barrenados y perforados hormigonados "in situ".

Las cimentaciones indirectas podrán estar compuestas por un único pilote ó por varios pilotes vinculados entre sí mediante cabezales; estos cabezales podrán ser de hormigón armado ó estar constituidos por vinculaciones metálicas rígidas.

Los pilotes tubulares de acero estarán especialmente protegidos de la corrosión del medio circundante, mediante sobre-espesores, pinturas epoxi-bituminosa ó protección catódica, ó combinación de éstas en función del grado de agresividad del suelo ó napa freática.

Este sistema de fundación se empleará cuando deban transmitirse cargas al subsuelo sin que se produzcan excesivos asentamientos.

La capacidad resistente de los pilotes dependerá de la capacidad portante de los estratos de suelos atravesados, del tipo de pilote, y de la metodología de instalación empleada.

La cantidad de pilotes por cada apoyo de la estructura no será inferior a dos; se podrá instalar un solo pilote hormigonado "in situ" cuando su diámetro sea como mínimo de 60 cm y pueda asegurarse la correcta instalación y hormigonado de los dispositivos de anclaje ó empotramiento en los apoyos.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



ble

En cada lugar donde se instale una fundación indirecta, deberá realizarse una investigación geotécnica que tenga una profundidad no inferior a 5 veces el diámetro de los pilotes, por debajo del nivel de punta.

Las "fórmulas de hinca" no deberán emplearse para determinar la capacidad de carga de los pilotes, solamente servirán para controlar apartamientos en el proceso de hincado, tanto en profundidades como en la resistencia a la penetración de los estratos de suelos atravesados.

La calidad mínima de los pilotes de hormigón será H-30 para los prefabricados e hincados y H-21 para los "hormigonados in situ".

La cuantía longitudinal mínima de armaduras será de 0,5% de la sección del pilote para los hormigonados "in situ" y 1,5% para los prefabricados. La sección de estribos no será inferior a la cuantía mínima de armadura de corte (0,15%) y la separación de los estribos no mayor a 20 cm.

Cuando el lado del pilote prefabricado supere los 30 cm, se colocará una armadura longitudinal entre cada vértice de la sección.

Las armaduras de los pilotes prefabricados deberán ser suficientes para resistir las flexiones producidas por los traslados e izajes, sin que se produzcan daños ni fisuración excesiva. Las armaduras longitudinales serán de una sola pieza, ó estarán empalmadas mediante soldadura.

Los pilotes de acero, tendrán una calidad mínima F-22.

La carga última friccional ó de arrancamiento, se deberá calcular como la suma de las resistencias friccionales actuantes sobre la superficie lateral de los pilotes, a lo largo de los estratos de suelos atravesados.

Para los pilotes comprimidos se considerará la resistencia de punta de los mismos, la que dependerá si el pilote está apoyado en una capa resistente de suelo sin llegar a penetrar en la misma (pilote columna), si la punta ha quedado empotrada en un estrato compacto con una ficha mínima (ocho centímetros) por encima de la punta (falla general), ó si la falla puede provocarse por punzonado del suelo bajo la punta (falla local).

El dimensionamiento de las secciones de hormigón y las correspondientes armaduras de acero se realizará de acuerdo al Apartado 12.6.

De acuerdo a la disposición de los pilotes, las fundaciones indirectas se clasificarán como:

f1) Fundaciones sobre un pilote único: Cuando la estructura se empotre a un bloque de fundación que esté constituido por un pilote ó anclado a éste; la estabilidad lateral deberá estar asegurada por las propiedades mecánicas de los estratos atravesados (módulos de reacción horizontal,  $C_u$  y  $\phi$ ).

El giro del pilote en su extremo superior, no deberá ser mayor a 0,01.

En el caso que postes tubulares de acero u hormigón sean alojados en cavidades construidas expresamente dentro de los pilotes, las paredes del hueco deberán tener armaduras transversales cerradas, para resistir las cargas horizontales "en vacío" producidas por los postes. Las armaduras longitudinales estarán ancladas superiormente al 100%.

f2) Fundaciones compuestas por un cabezal y varios pilotes: Los pilotes podrán estar dispuestos en forma vertical ó inclinados.

Los pilotes deberán tener una adecuada armadura para resistir las flexiones producidas por las cargas horizontales y las sollicitaciones de tracción. Los pilotes tendrán sus armaduras longitudinales ancladas al 100% dentro de los cabezales.

Se deberá verificar una adecuada transmisión de las cargas de la estructura a los pilotes. Por tal motivo los cabezales estarán armados superior e inferiormente, y tendrán "armaduras de colgar" formados por estribos cerrados, para transmitir las sollicitaciones de tracción mediante el modelo del "método de las bielas comprimidas".

Cuando los pilotes se instalen en depósitos de suelos blandos en proceso de consolidación y próximos a terraplenes u obras recientes ó por construir, se considerará la pérdida de capacidad portante al hundimiento por efecto de la "fricción negativa" y las "flexiones parásitas" producidas por el escurrimiento horizontal de los estratos blandos.

Cuando se verifique la "capacidad de carga al hundimiento", no se considerará el efecto equilibrante de la subpresión de la napa freática sobre el cabezal y los pilotes.

Cuando se verifique la "capacidad de carga al arrancamiento" se tendrá en cuenta la subpresión, para este caso se considerará que el suelo está totalmente sumergido hasta la superficie del terreno.

La separación mínima de los pilotes será de tres (3) veces el lado ó diámetro de los mismos. Para los pilotes inclinados la separación mínima corresponde a la punta ó extremo inferior de los mismos.

Cuando las capas superficiales del suelo sean muy blandas y con escaso ó nulo soporte lateral, ó cuando los pilotes emerjan respecto de la superficie del terreno, se verificarán al pandeo teniendo en cuenta las condiciones de movilidad de los apoyos de la estructura sustentada.

**14.3.3 Factores de resistencia para el diseño de fundaciones ( $\phi$ ):** Los factores de resistencia que se establecen tienen la finalidad de limitar el daño de las obras orientando el comportamiento mecánico según una secuencia preferencial de falla, de forma que ante un evento donde se pudieran superar las cargas límites de

CERTIFICADO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
de la Asociación de Electrotécnicos Argentinos



diseño, las fundaciones sean los últimos elementos en fallar. Además, los valores indicados tienden a limitar las probabilidad de ocurrencia de daños estructurales por asentamientos excesivos (totales ó diferenciales) de las cimentaciones.

**Tabla 14.3-b – Factores de resistencia para el proyecto de fundaciones**

<b>A) Estructuras de postes y pórticos con y sin riendas con fundaciones directas (factor de resistencia global)</b>			
Tipo fundación	Material estructura	Tipo carga en cimiento	$\phi$
Postes directamente empotrados en el suelo	Madera. Hormigón	Momento vuelco	$\phi_V = 1$ Verificación tensiones horizontales
a) Macizos de cimentación; simples y escalonados. b) Plateas de cimentación. c) Zapatas	Acero. Hormigón	Momento vuelco	$\phi_V = 1/K_V$ ( $K_V$ de de Tabla 14.3.a) Verificación tensiones horizontales
Anclajes para riendas	Madera	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
	Hormigón armado ó pretensado	Arrancamiento	$\phi_A = 0,50$
	Acero Tubular	Arrancamiento	$\phi_A = 0,67$

Nota: Los postes arriendados, que estén directamente empotrados en el suelo, se verificarán como fundaciones indirectas (pilotes hormigonados "in situ").

<b>B) Estructuras reticuladas de acero autoportadas y arriendadas (factor de resistencia global)</b>			
Tipo fundación	Observaciones	Tipo carga en cimiento	$\phi$
Bloque de Hormigón	Considerar peso muerto del bloque más el peso del suelo gravante	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,72$
Zapatas	Relleno bien compactado con control de compactación	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,62$
Zapatas en laderas	Relleno con material de desmonte acomodado	Arrancamiento	$\phi_A = 0,57$
Grillas metálicas	Con y sin losa solera de hormigón	Hundimiento	$\phi_H = 0,50$
		Arrancamiento	$\phi_A = 0,57$
Zapatas y grillas con relleno sin compactar	Se considerará cohesión nula y la mitad del ángulo de fricción del suelo natural (material arrojado)	Arrancamiento	$\phi_A = 0,48$
a) Anclajes en roca. b) Anclajes "tradicionales" c) Anclajes "no tradicionales" (inyectados; helicoidales; micropilotes; etc.)	Se verificará la capacidad de carga a tracción mediante ensayos de prototipos. Los "anclajes no tradicionales" deberán convalidarse.	Arrancamiento	$\phi_A = 0,67$

<b>C) Estructuras con fundaciones indirectas (factores de resistencia parciales)</b>			
Tipo fundación	Observaciones	Tipo carga en cimiento	$\phi$
Pilotes hincados de hormigón y tubulares de acero con inyección secundaria	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,52$
Pilotes perforados ó barrenados hormigonados "in situ"	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,67$
Micropilotes inyectados, con y sin inyección secundaria (deberán "convalidarse" previo a su empleo en obra)	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional	Hundimiento y Arrancamiento	$\phi = 0,67$
Pilotes tubulares de acero hincados sin inyección secundaria	Carga de punta	Hundimiento	$\phi_H = 0,33$
	Carga friccional para hundimiento y arrancamiento	Estructuras de suspensión	$\phi = 0,23$ (*)
		Estructuras de retención angular	

Donde:

$\phi_V$  : Factor de resistencia al vuelco.

$\phi_A$  : Factor de resistencia al arrancamiento.

$\phi_H$  : Factor de resistencia al hundimiento.

$\phi$  : Factor de resistencia friccional, tanto para arrancamiento como para hundimiento.

(\*) : Valor de factor de resistencia que tiene en cuenta el decrecimiento de la fricción por efecto alternativo de las cargas (entre arrancamiento y hundimiento).

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

ESTE DOCUMENTO ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



37

**14.3.4 Asentamientos:** Cuando el terreno de implantación de una estructura esté compuesto por suelos normalmente consolidados (suelos cohesivos blandos, arenas sueltas y limos ubicados bajo la napa freática) en profundidad, con aproximadamente una penetración igual ó menor a 5 golpes (medidos con un ensayo SPT), la cimentación se resolverá mediante fundaciones indirectas para limitar los asentamientos totales y diferenciales. Con el fin de evitar asentamientos excesivos, se emplearán pilotes ó micropilotes apoyados en estratos de suelos consistentes ó compactos.

Bajo la acción de las "reacciones últimas factorizadas" de hundimiento ( $K_C F_H$ ) ó de arrancamiento ( $K_C F_A$ ), los valores de los corrimientos de apoyos, de riendas, y los corrimientos diferenciales entre apoyos no superarán los valores indicados en la Tabla 14.3-c.

**Tabla 14.3-c – Asentamientos máximos para "reacciones últimas factorizadas"**

Tipo Estructura	Tipo suelo	Asentamientos ó corrimientos	
		Diferenciales	Totales
Pórticos, (Hormigón, Acero y Madera)	Arenas ó arcillas compactas	0,0015.L	10 cm
	Arcillas blandas ó plásticas	0,0020.L	10 cm
Estructuras autosoportadas de acero	Arenas ó arcillas compactas	0,0045.L	10 cm
	Arcillas blandas ó plásticas	0,0060.L	10 cm
Estructuras arriendadas, apoyos	Todos los suelos	Sin límite	8 cm (*)
Estructuras arriendadas, riendas	Todos los suelos	Sin límite	4 cm (*)

Donde:

L : Distancia entre puntos de apoyo de la estructura, considerados para evaluar los asentamientos diferenciales.

(\*) : Tienen la finalidad de evitar el destesado de las riendas.

Valores superiores de asentamientos diferenciales podrán ser aceptables, cuando se demuestre que las solicitaciones que producen los mismos combinadas con las resultantes de las cargas, no produzcan el fallo ó daño parcial de la estructura soportada.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

#### 14.4 Ensayos de Carga

El comportamiento mecánico de los anclajes, en líneas Clase "C" ó superiores tanto tradicionales como "no tradicionales", será verificado mediante ensayos de carga a tracción.

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Para el caso de anclajes tradicionales, en un determinado "suelo típico" de la traza, esta verificación podrá omitirse cuando se disponga de antecedentes de ensayos ya realizados sobre el tipo de cimiento a construir.

En el caso de anclajes "no tradicionales" y micropilotes, la comprobación de su capacidad de carga al arrancamiento es obligatoria.

Dentro de los ensayos de carga deben destacarse los siguientes:

**14.4.1 Ensayos de verificación del proyecto:** Tiene la finalidad de verificar que el diseño teórico es capaz de resistir las cargas de proyecto. Se deberá comprobar que:

- Para una carga de ensayo  $C_E = (K_C \cdot F_A)$  se produzca la convergencia de los desplazamientos residuales y que el desplazamiento total correspondiente a dicha carga no supere el máximo fijado para el correcto funcionamiento de la estructura. La cantidad de ciclos de carga y descarga no será inferior a 3.
- Que el anclaje falle a una carga de ensayo  $C_E$  superior a  $(1,5 \cdot K_C \cdot F_A)$ . Se entiende como fallo la condición de grandes desplazamientos sin incrementos notorios de carga. La carga de falla puede determinarse a partir de la intersección de las tangentes a la curva de carga-desplazamientos ( $F_A : \delta$ ) en su origen y tramo final (Figura 14.3 del Anexo D). Para cada "suelo típico", la cantidad de prototipos de "anclajes tradicionales" a ensayar no será inferior a tres (3).

Los resultados de estos ensayos serán utilizados como "curva patrón" para el control de las ejecuciones de obra.

**14.4.2 Ensayos de convalidación:** Estos ensayos se realizarán sobre prototipos de anclajes "no tradicionales" similares a los propuestos para instalar en la obra.

Se verificarán las condiciones establecidas precedentemente en el Apartado 14.4.1. La cantidad de ensayos a realizar en un determinado "suelo típico" será la necesaria para el tratamiento estadístico de los resultados a fin de determinar la resistencia característica de falla al arrancamiento ( $P_K$ ).

**14.4.3 Ensayos de rutina ó de aceptación:** Tienen la finalidad de detectar apartamientos en el comportamiento mecánico de los anclajes instalados, respecto al comprobado en los ensayos de verificación del proyecto ó de convalidación.



El anclaje será sometido a dos ciclos de carga, un primer ciclo a una carga de ensayo  $C_E$  igual a  $(K_C \cdot F_A)$  y un segundo ciclo a  $(1,3 \cdot K_C \cdot F_A)$ .

Los desplazamientos totales medidos en dichos ciclos serán semejantes ó inferiores a los correspondientes de la "curva patrón". Además, los desplazamientos residuales tendrán valores que no superen al 60% de los desplazamientos totales correspondientes a cada ciclo de carga.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

#### 14.5 Consideraciones constructivas

**14.5.1 Especificaciones de calidad:** Para la construcción de las cimentaciones de hormigón armado, como para los materiales componentes, son de aplicación las especificaciones de calidad y procedimientos constructivos establecidos en el Reglamento CIRSOC 201 en vigencia.

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría Ejecutiva  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**14.5.2 Ejecución de los rellenos:** Teniendo en cuenta la influencia que tiene el grado de compactación de los rellenos en el incremento de la capacidad resistente y en la rigidez a las cargas de arrancamiento, los rellenos se deben ejecutar en forma cuidadosa para poder asegurar en obra la validez efectiva de los parámetros de resistencia al corte utilizados en el proyecto de las fundaciones.

La compactación se realizará con equipos mecánicos operados manualmente, en capas de espesor no superior a 15 cm. Las características de los equipos a emplear dependerán de las propiedades mecánicas de los suelos a compactar (planchas vibratorias ó placas de impacto).

Se prestará especial atención en compactar el relleno contra las paredes laterales de la excavación, de forma de asegurar un contacto efectivo del relleno con el suelo natural.

El grado de compactación mínimo no será menor al 90% de la densidad seca máxima para suelos cohesivos (AASHTO T-99); para los suelos friccionales la densidad relativa (DIN 4015) no será inferior al 75%.

Durante las tareas de compactación las paredes se mantendrán humedecidas, y las capas del relleno se compactarán con una humedad próxima a la óptima.

Cuando se compacten suelos arcillosos muy plásticos, se agregará un porcentaje de cal no inferior al 2% para reducir la plasticidad de dichos suelos y poder desmenuzar los terrones arcillosos.

**14.5.3 Anclajes metálicos:** Los anclajes metálicos de las estructuras (stubs, traviesas, barras de anclajes) deberán cumplir con los requerimientos especificados en la Norma ASCE 10-97 Apartado 7 (Structural Members and Connections used in Foundations). En las fórmulas de verificación, la tensión de fluencia  $F_y$  será reemplazada por la tensión de fluencia factorizada  $(0,9 \cdot F_y)$ .

Cuando se usen vinculaciones con bulones de anclajes, los mismos preferentemente serán pretensados al 70% de su carga elástica límite. En caso de no pretensarse, los pernos de anclaje deberán verificarse a las solicitaciones combinadas de tracción y corte que produzcan las reacciones de apoyo.

Todo elemento metálico empotrado en el hormigón podrá estar galvanizado, sin que este tratamiento superficial signifique pérdida alguna de su adherencia con el hormigón en el que está inmerso.

**14.5.4 Armaduras y medidas mínimas:** Cuando en los macizos de cimentación, sean simples ó escalonados, la relación entre la profundidad de la fundación y la altura del empotramiento ( $E$ ) supere el valor 1,25, los fustes de hormigón simple deberán armarse en toda su longitud con barras longitudinales y estribos horizontales cerrados. Estas armaduras tienen la finalidad de resistir las solicitaciones de flexión y corte producidas por las cargas horizontales "en vacío" del poste.

En los macizos de cimentación, cuando cumpliéndose la relación indicada precedentemente, si el espesor del recubrimiento lateral es mayor ó igual al espesor del recubrimiento de fondo no se requerirá el empleo de armaduras. Los recubrimientos, lateral y de fondo, tendrán un espesor mínimo de 20 cm.

Las zapatas de hormigón armado tendrán altura uniforme ó variable. La altura mínima de las plateas de apoyo ó de las zarpas, será de 20 cm.

Las zapatas sometidas a cargas últimas factorizadas de arrancamiento, ó a momentos últimos factorizados de vuelco con desprendimiento de la superficie de apoyo, tendrán armaduras superiores para resistir los momentos flectores negativos producidos por el suelo sustentado por las zarpas.

Cuando los montantes de las torres queden anclados dentro de los fustes de las zapatas, estos elementos tendrán armaduras longitudinales que se dimensionarán para resistir las solicitaciones combinadas de flexión y tracción que producen las reacciones de apoyo. En la determinación de estas armaduras, no se tendrá en cuenta la eventual reducción de los momentos flectores por una eventual reacción horizontal del suelo circundante.



#### 14.6 Durabilidad de las cimentaciones

Las cimentaciones deberán tener una adecuada durabilidad para resistir las agresiones físicas y corrosiones electroquímicas, químicas y bacteriológicas a que estarán sometidas durante su vida útil, sin que las mismas produzcan una disminución significativa de su resistencia mecánica. Además, los componentes de los hormigones no deberán tener elementos reactivos ó perjudiciales que produzcan la corrosión de las armaduras ó atenten contra la integridad de las cimentaciones construidas (expansiones anormales, agrietamientos y pérdida de resistencia). Al respecto se deberán tener en cuenta las siguientes protecciones mínimas:

**14.6.1 Protección anticorrosiva:** Todos los elementos metálicos enterrados (grillas, barras de anclaje, etc.) estarán galvanizados en caliente. De acuerdo con la importancia de la obra, estos elementos contarán adicionalmente con protección catódica acorde al terreno donde estén instalados.

**14.6.2 Reactividad:** Las cimentaciones de hormigón armado se construirán con materiales minerales no reactivos. Se verificará que los agregados componentes no sean reactivos con los cementos a emplear (reacción alcali-agregado) ni con el agua de amasado (estabilidad de basaltos). Se deberán realizar exámenes cuidadosos de los agregados y del agua de amasado, para detectar el contenido de impurezas reactivas y su grado de peligrosidad.

**14.6.3 Temperaturas extremas:** Se deberán adoptar precauciones especiales cuando se ejecuten cimentaciones de hormigón bajo temperaturas extremas (colocación del hormigón en climas calurosos ó en climas fríos).

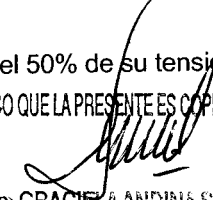
**14.6.4 Sustancias agresivas:** Los hormigones de las cimentaciones y sus armaduras deben ser resistentes a la exposición de sustancias químicas agresivas (naturales o resultantes de la contaminación industrial) presentes en el suelo ó en la napa freática.

En caso que el terreno adyacente al cimiento sea "extremadamente agresivo", se evitará el contacto prematuro del cimiento con el medio ambiente; en este caso se construirán preferentemente cimentaciones prefabricadas de hormigón armado. Cuando en medios "extremadamente agresivos" se realicen construcciones "in situ", éstas se protegerán superficialmente con revestimientos de comportamiento anticorrosivo comprobado (láminas de PVC, pinturas epoxi bituminosas, epoxi reforzado con fibra de vidrio, poliuretano, etc.).

**14.6.5 Corrosión bajo tensión mecánica:** En los "anclajes no tradicionales" activos con armaduras pretensadas, se prestará especial atención a prevenir la "corrosión bajo tensión"; estas armaduras deberán estar protegidas con envainados de PVC.

En los anclajes en general, la tensión de tracción "permanente" no superará el 50% de su tensión de fluencia.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL.

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio

ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

#### 15 Puesta a tierra

##### 15.1 Toma a tierra

Conjunto de dispositivos que permiten vincular a potencial de tierra, y entre sí, las masas metálicas de los sostenes, aparatos, equipos y el hilo de guardia.

##### 15.2 Tierra de protección

Toma de tierra destinada a evitar la aparición de tensiones peligrosas entre partes de instalaciones que normalmente están sin tensión, pero que en caso de falla la pueden tomar, y otras partes vecinas que se encuentren al potencial de tierra.

##### 15.3 Tensiones máximas admisibles

La instalación de puesta a tierra de protección debe estar diseñada para que en caso de falla, la tensión de paso y la de contacto, en cualquier punto accesible a las personas que puedan circular o permanecer, no supere el valor determinado de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_{ca} = K / t^n$$

[15.3-1]

Donde:

$V_{ca}$ : tensión máxima de contacto [V]

$K$  y  $n$ : coeficientes

$t$ : tiempo de accionamiento de la protección eléctrica asociada.

Siendo:  $K = 72,0$  y  $n = 1,00$  para tiempos inferiores a 0,9 segundos.

$K = 78,5$  y  $n = 0,18$  para tiempos superiores a 0,9 segundos e inferiores a 3 segundos.



Alternativamente puede determinarse la tensión de contacto admisible en función de la duración de la corriente de falla por medio de la curva de la figura 9 de la Norma IRAM 2281 Parte IV. (ver figura 15.14.A).

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

#### 15.4 Puesta a tierra de estructuras de líneas aéreas

Las estructuras de las líneas aéreas cumplirán los siguientes requisitos mínimos de puesta a tierra:

**15.4.1 Equipamiento de maniobra:** Se conectarán a tierra las estructuras de acero y de hormigón armado. La tierra de protección se dimensionará de ser posible para una resistencia de puesta a tierra (transición)  $R_t = 125 V / I_c$  siendo  $I_c$  es la corriente de falla a tierra, definida como: (DIN-VDE 0141)

- La corriente capacitiva de falla a tierra en redes con neutro aislado.
- La corriente residual de falla a tierra, en redes con elementos de despeje de la falla.
- La corriente de cortocircuito a tierra, en redes con neutro rígido a tierra o a través de resistencia limitadora de bajo valor.

El valor de la resistencia de transición podrá sobrepasar el valor calculado más arriba solo cuando se apliquen medidas por medio de las cuales sea improbable que se produzca un contacto a tierra en la estructura o cuando se reduzca su duración a un tiempo lo más corto posible. Esta condición se satisface cuando se apliquen algunas de las siguientes medidas:

- Utilización de aisladores cuyo tipo de construcción no haga presumir la posibilidad de perforación (por ejemplo de núcleo macizo)
- Control periódico de los aisladores durante el servicio
- Disposición de los conductores para evitar que la rotura de un aislador provoque un desplazamiento de aquellos sobre crucetas de la estructura.
- Instalación de dispositivos de rápida desconexión en el caso de fallas a tierra.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

#### 15.4.2 Estructuras con equipamiento de maniobra

En aquellas estructuras en que se disponga equipamiento de maniobra u otro que haga posible la frecuencia en la presencia de personal al pie de las mismas, los postes de acero u hormigón armado se colocarán a tierra según los lineamientos del punto anterior.

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaría del Directorio  
NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

Cuando debido a las condiciones difíciles de puesta a tierra, especialmente por elevada resistividad del terreno, no sea técnicamente posible o resulte económicamente desproporcionado lograr los valores de resistencia de transición calculados, se debe recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir los riesgos a las personas y los bienes. Tales medidas podrán ser, entre otras, las siguientes:

- Disponer suelos o pavimentos que aislen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas, por ejemplo mediante la utilización de grava gruesa mala conductora o basalto.
- Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma. Esto se puede lograr enterrando un electrodo de tierra de control alrededor de la estructura a una distancia de 1 metro de la misma y a una profundidad de 0,50 m aproximadamente, el cual se unirá a la puesta a tierra de la estructura.

#### 15.5 Requisitos de la instalación

**15.5.1 Continuidad:** La tierra de protección debe ser eléctricamente continua y tener capacidad de soportar la corriente de falla, durante el tiempo de accionamiento de la protección eléctrica asociada.

La toma deberá realizarse mediante un conductor, sin uniones intermedias, conectado por soldadura exotérmica o compresión irreversible, al dispensor (jabalina o malla, con o sin placas) enterrado, cuya configuración y material deberá cumplir con la norma IRAM N° 2281 Parte I.

**15.5.2 Accesibilidad:** Los conductores de conexión a tierra, con sus conexiones y uniones en la parte no enterrada, deben ser accesibles para facilitar su control y mantenimiento, y estar protegidos contra daños mecánicos y químicos.

**15.5.3 Efecto del medio ambiente:** Se deberá tener en cuenta la variación de humedad del suelo, cuando esta varíe considerablemente durante distintas épocas del año.



En zonas donde el suelo pueda alcanzar temperaturas inferiores a 0°C los electrodos se deberán enterrar a una profundidad adecuada para que no bajen de esa temperatura.

Los efectos anteriores se deberán salvar mediante instalaciones adecuadas o ser tenidos en cuenta en el cálculo.

Se deben aislar los conductores de tierra en su punto de entrada en el terreno.

### 15.6 Medición de puesta a tierra

Se realizará la comprobación de los valores de resistencia de puesta a tierra respecto de los calculados, por medición directa de todas las estructuras que se estime necesario, con el cable de tierra desconectado. Las mediciones serán hechas de acuerdo a la Norma IRAM 2281 – Parte II.

### 15.7 Revisiones

Las instalaciones de puesta a tierra deberán ser revisadas, al menos, una vez cada tres años a fin de comprobar que su estado de conservación se mantenga a través del tiempo.

### 15.8 Conexiones

Las conexiones a la tierra de protección podrán hacerse con conductores desnudos con protección mecánica aislante (grado IPxx9), de sección mínima determinada según lo indicado en el punto 15.12 y sin uniones intermedias.

- Sostenes reticulados. A los efectos de la puesta a tierra una estructura reticulada será considerada como monoposte.
- Sostenes de hormigón. En las estructuras de hormigón las conexiones desde el punto de sujeción del hilo de guardia y desde el punto de sujeción de las cadenas o pernos de aisladores, al correspondiente bloque de puesta a tierra de la estructura, podrán hacerse con cable de cobre estañado, de acero cobre o de acero galvanizado. Independientemente de estas conexiones, se unirán los bloques de las crucetas y/o ménsulas con los respectivos de la estructura.

Los conductores de conexión a los bloques inferiores de los sostenes deberán llegar a través de un caño de material sintético, incluido en el hormigón de la fundación.

La puesta a tierra de sostenes de hierro autoportantes o arriendados, columnas tubulares o postes de cemento, deberá tener como mínimo un conductor de puesta a tierra.

Si la base es de hierro y de superficie mayor de 1 m<sup>2</sup>, serán localizadas como mínimo dos conexiones a la puesta a tierra, opuestas diametralmente o por la diagonal mayor.

### 15.9 Puesta a tierra de partes metálicas

Las masas de toda envolvente metálica o aparato de seccionamiento o protección deberán ser conectadas a una tierra de protección local en el piquete que corresponda.

En este caso se deberá cumplimentar lo indicado en el punto 15.8.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL.

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria de Directorio

ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

### 15.10 Puesta a tierra del hilo de guardia

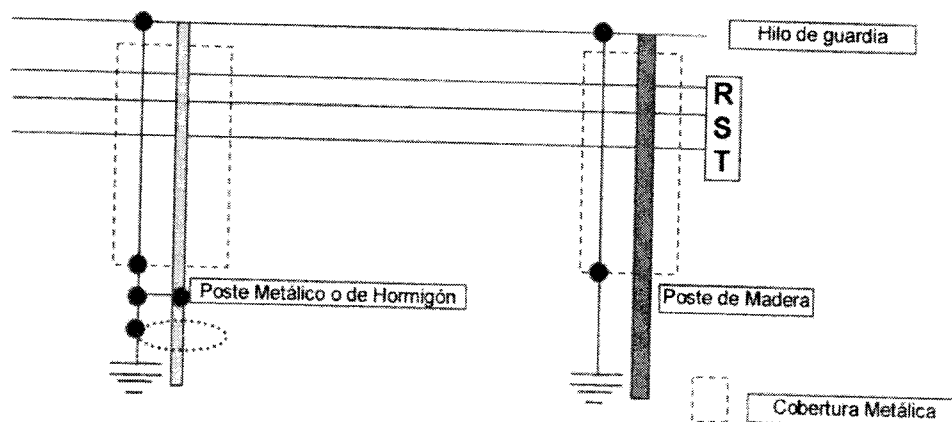
Debe estar conectado a tierra en cada piquete y extremos de línea o de sección de ella. Se podrá admitir hilos de guardia aislados con protección de sobretensión.

**15.10.1 Puesta a tierra de portantes:** Los tensores portantes de líneas de líneas de clases "B y C" requieren ser puestos a potencial de tierra, conjuntamente con sus estructuras soporte metálicas o de hormigón armado.

En zonas de alto nivel isocerámico (mayor a 25 días de tormenta con actividad eléctrica por año) los portantes de Al-Ac o de Ac recubierto en Aluminio, se pondrán a potencial de tierra cada 400 m, o en todas las estructuras mientras que los de Ac cada 200 m o en cada estructura. Por debajo de este nivel de actividad requieren ser puestos a potencial de tierra en los puntos característicos de la línea y a no más de 1000 m.

**15.10.2 Riendas:** Las riendas ( para la Clase B) en general deberán estar aisladas de tierra, pero si fuera necesaria su vinculación a tierra, ésta se debe hacer en forma equipotencializada respecto al portante y su estructura soporte.

### 15.11 Conexiones con la estructura



**Figura 15.9.A**

**15.11.1 Conductores:** Los requerimientos para el conductor de conexión de la estructura con la puesta a tierra (jabalina o malla) son los siguientes:

- Deberá ser de cobre estañado, acero galvanizado o acero-cobre, cableado y dimensionado según 15.12.
- Deberá estar soldado o unido mediante compresión irreversible.
- Deberá ser de una longitud tan corta como sea posible.
- Se montará con un mínimo de exposición a riesgos de daños mecánicos.
- Deberá estar sujeto a la estructura por grapas adecuadas en los puntos que fuere necesario para asegurar su fijación.
- La porción de conductor que quede enterrada deberá ser igual o mayor a 30 cm.
- Será conectado a la estructura por medio de un conector especialmente dedicado a ese fin.

**15.11.2 Derivaciones:** Las derivaciones de conductores para la puesta a tierra de componentes de estructuras o equipos deberán estar dimensionadas según 15.12.

### 15.12 Sección mínima del conductor

La sección mínima del conductor de puesta a tierra de protección debe ser de:

**Tabla 15.12-a – Sección mínima del conductor de puesta a tierra de protección**

Tipo de conductor	Sección (mm <sup>2</sup> )
Cobre	25
Acero galvanizado	50
Acero – Cobre	35

Esta sección debe ser verificada con la corriente de cortocircuito máxima, mediante la siguiente ecuación:

$$I_f = S \cdot \sqrt{K} \quad [15.12-1]$$

$$K = \frac{C_t}{C_{rt} \cdot R_e \cdot t_c} \cdot 10^{-4} \cdot \ln \left( \frac{T_r + T_{m\acute{a}x}}{T_r + T_a} \right) \quad [15.12-2]$$

Donde:

- $I_f$ : Corriente de cortocircuito máxima [kA]
- $S$ : Sección del conductor [mm<sup>2</sup>].
- $T_{m\acute{a}x}$ : Temperatura máxima admitida por el conductor [°C].
- $T_a$ : Temperatura ambiente [30 °C].
- $t_c$ : Tiempo de duración del despeje de la corriente de falla [s]

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Tabla 15.12-b – Constantes a utilizar**

Constantes del material	Cobre	Acero	Acero/cobre
Capacidad térmica [Joule /cm <sup>3</sup> /°C] "C <sub>t</sub> "	3,422	3,931	3,846
Coefficiente de resistividad térmica, a 20 °C [1/°C] "C <sub>rt</sub> "	0,00393	0,00320	0,00378
Resistividad [μΩ/cm] "R <sub>e</sub> "	1,7241	20,1	5,862
T <sub>r</sub> = (1/C <sub>rt</sub> ) - 20 °C [°C]	234,45	292,50	244,55



40

En forma simplificada se podrá emplear la siguiente expresión:

$$S = \frac{I_f \cdot \sqrt{t}}{K}$$

[15.12-3]

Donde:

$K$ : coeficiente que tiene en cuenta el material del conductor

Tabla 15.12-c – Constantes a utilizar

Tipo de conductor	Aislación	Temp. final (°C)	$K$ (kA/mm <sup>2</sup> seg <sup>0,5</sup> )
Cobre	Desnudo	250	0,175
Acero galvanizado	Desnudo	300	0,069
Acero – cobre	Desnudo	300	0,109
Cobre	PVC (apto intemperie)	160	0,143
Cobre	XLPE	250	0,176

### 15.13 Separación entre la toma de tierra y otras tierras

A los fines de no interferir o inducir sobre otros sistemas eléctricos, la puesta a tierra debe mantener una distancia mínima de separación mayor o igual a dos veces la mayor longitud de los dispersores (jabalina) próximos de cada uno de ellos

### 15.14 Directrices en caso de descargas atmosféricas

Para disminuir las fallas debidas a tensiones residuales elevadas por descargas de rayos sobre la estructura o el hilo de guardia, el valor de la resistencia de transición de la puesta a tierra (con el conductor de tierra desconectado) debe ser menor que el determinado por:

$$R_x = V_{st} / I_{st}$$

Donde:

$R_x$ : resistencia de transición.

$V_{st}$ : Nivel de aislación de impulso [kV].

$I_{st}$ : Valor de cresta de la corriente del rayo en el punto considerado [kA].

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFARO  
Secretaria del Directorio

ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

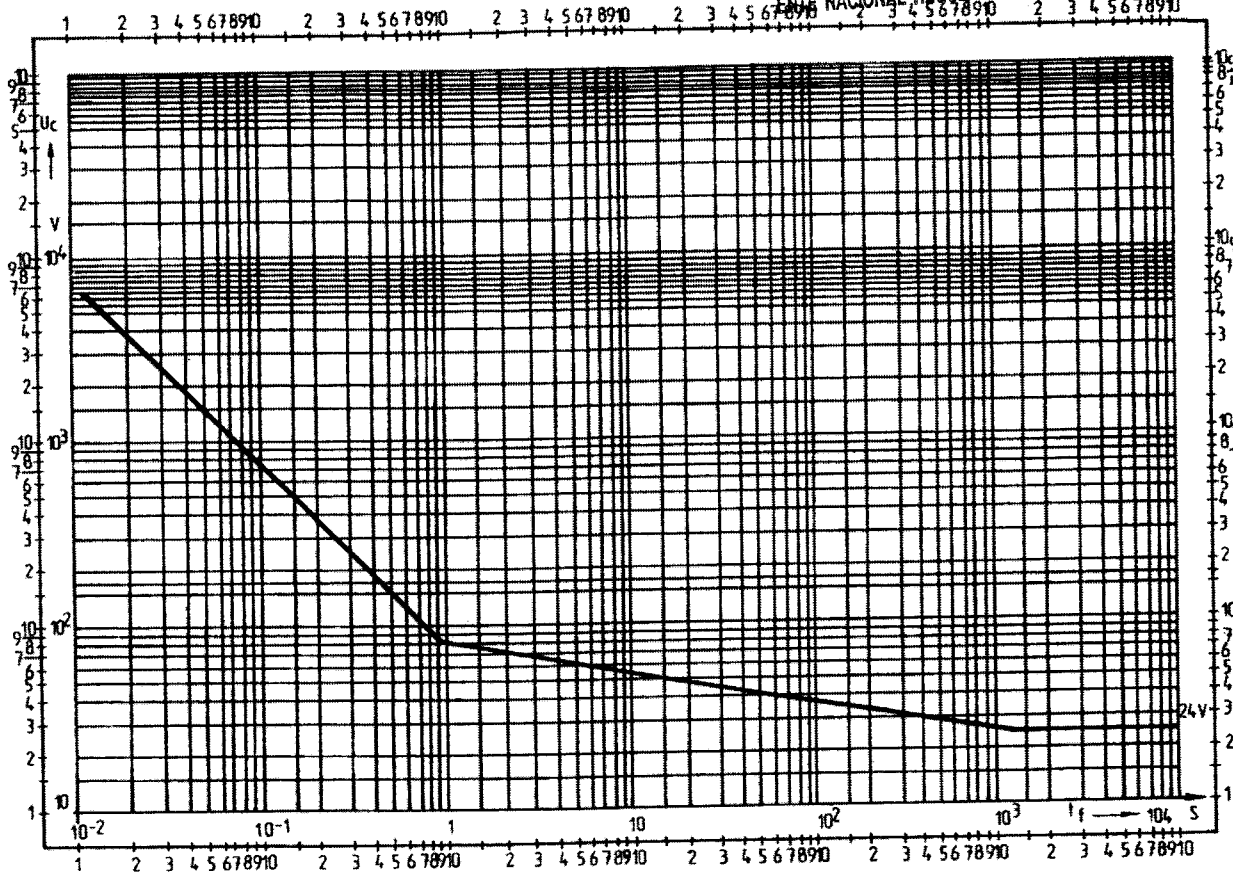


Figura 9

Tensión de contacto  $U_c$  en función de la duración  $t_f$  de la corriente de falla

Figura 15.14-a Tensión de contacto  $V_{ca}$  en función de la duración  $t_f$  de la corriente de falla



## 16 Impacto ambiental

### 16.1 Generalidades

La preservación del medio ambiente, en el ámbito de la transmisión y distribución de la energía eléctrica, ha ocasionado una serie de condicionamientos para la realización de emprendimientos, motivada en la sensibilización de la población frente a la perturbación medioambiental que ellos suscitan.

Muchas veces esta genuina preocupación no tiene correlato con los perjuicios resultantes de la ejecución de las obras cuestionadas.

Todos los sectores vinculados al sector de la energía eléctrica son, así, los primeros interesados en esclarecer esta situación, propiciando un marco acorde con la experiencia propia e internacional.

Serán de aplicación los requerimientos ambientales que se encuentran establecidos en la Resolución S.E. 77/98 de la Secretaría de Energía, donde se describen las condiciones que debe cumplir el proyecto, la ejecución y la explotación de instalaciones de transmisión y distribución de energía eléctrica, a efectos de garantizar la compatibilidad de las instalaciones con el ambiente.

En dicha reglamentación se establecen los siguientes Parámetros Ambientales cuyo cumplimiento garantiza la compatibilidad mencionada:

- a) Ocupación del espacio.
- b) Impacto visual.
- c) Radiointerferencia.
- d) Ruido.
- e) Campos de baja frecuencia (Campo eléctrico y Campo de inducción magnética).
- f) Limitación de la Corriente de Contacto.

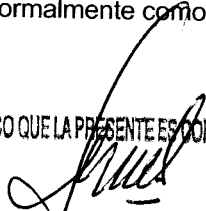
Se definen a continuación estos conceptos.

**16.1.1 Ocupación del espacio:** Se refiere a la intrusión real, concreta y objetiva que cualquier instalación produce en los usos directos e indirectos, presentes y futuros, del espacio ocupado.

**16.1.2 Impacto visual sobre el medio ambiente:** Son los aspectos que se definen normalmente como "impacto visual de la instalación" y que en líneas generales son:

- a) El punto de vista paisajístico.
- b) La afectación de la flora y fauna.
- c) El respeto a las condiciones de escurrimiento natural de las aguas.
- d) La incidencia sobre el patrimonio histórico/cultural, etc.
- e) La ocupación del espacio.
- f) La interferencia con otras instalaciones.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**16.1.3 Radiointerferencia:** Se debe al campo eléctrico intenso en las cercanías de los conductores y la morsetería, que se manifiesta en dos fenómenos distintos: el efecto corona y las microdescargas disruptivas.

**16.1.4 Efecto corona:** Son descargas eléctricas parciales en el aire, en cercanías de los elementos conductores de una línea y sus accesorios. Depende básicamente de la intensidad del campo eléctrico en la superficie de los conductores, de las imperfecciones o suciedad de la misma y de las condiciones ambientales. La intensidad del campo eléctrico es función de la tensión aplicada y del diámetro de los conductores. El efecto se visualiza como una luminescencia que rodea al conductor. Por debajo de un cierto valor de tensión y por encima de un cierto diámetro de conductor su incidencia es nula.

**16.1.5 Descargas parciales:** Son microdescargas disruptivas que ocurren en los intersticios de aire que pueden subsistir en el interior de los materiales aislantes no homogéneos.

**16.1.6 Niveles de radiointerferencia según resolución SE 77/98:** De acuerdo con las Normas de la COMISIÓN NACIONAL DE COMUNICACIONES se fija un nivel máximo de RADIOINTERFERENCIA (RI) de 54 dB durante el 80% del tiempo en horarios diurnos, medidos a una distancia horizontal mínima de 5 veces la altura de la línea aérea respecto al suelo en los puntos de fijación de los conductores.

Se fija un valor de máxima interferencia de 30 dB para protección de señales radiofónicas, con calidad de recepción de interferencia no audible (Código 5 de CIGRE).



**16.1.7 Ruido:** Las exigencias medioambientales establecen que debe cumplirse con la Norma IRAM N° 4062 "Ruidos Molestos al Vecindario". En esta norma se establecen los niveles de ruido máximo admitidos, y los criterios de aceptación de las mediciones realizadas en función del tipo de zona (urbana, rural, etc.) el horario de la medición (diurno y nocturno), la ubicación de la finca, etc.

**16.1.8 Campos de baja frecuencia:** Se trata de los campos eléctricos y magnéticos generados por los conductores de las líneas, el equipamiento de alta y media tensión y los transformadores. Sus efectos indeseables se manifiestan a través de dos fenómenos claramente diferenciados:

- a) La aparición de acoplamiento eléctrico y magnético que pueden inducir tensiones y eventual circulación de corrientes en elementos metálicos cercanos (alambrados, cercas, cañerías, líneas de baja tensión o comunicaciones, etc.).
- b) Experimentos de campo realizados en el curso del "Proyecto 1000 kV" y otros, acotaron de modo significativo la valoración de los efectos sobre la fisiología humana. La normativa internacional actual limita los valores de campo eléctrico y magnético asociados a las cercanías de las instalaciones eléctricas y ésta es la línea que sigue la Secretaría de Energía en su Resolución N°77/98, estableciendo los límites que se indican a continuación:

**16.1.9 Campos eléctricos:** Se establece el límite de 3 kV/m al borde de la franja de servidumbre, medido a 1 m del nivel del suelo.

**16.1.10 Campos magnéticos:** Se adopta como valor límite para las condiciones de carga máxima 25  $\mu$ T al borde de la franja de servidumbre, medido a 1 m del nivel del suelo.

**16.1.11 Límite de la corriente de contacto:** En áreas donde la línea atraviese o se desarrolle paralela a lugares de posible estacionamiento, permanente o no de vehículos, ferrocarriles, construcciones en general, hay que tener en cuenta la aparición de tensiones inducidas que puedan originar el establecimiento de corrientes de contacto de niveles peligrosos. A tal fin se debe aplicar el siguiente criterio:

Para tensiones máximas de servicio del sistema superiores a 98 kV fase - tierra, las alturas deberán incrementarse (o el campo eléctrico y sus efectos reducirse por medios adecuados), con el fin de limitar la máxima corriente de contacto a 5 mA valor eficaz, calculada según la Resolución 77/98 de la Secretaría de Energía (se transcribe el párrafo textual de dicha resolución: "El nivel máximo de campo eléctrico, en cualquier posición, deberá ser tal que las corrientes de contacto para un caso testigo: niño sobre tierra húmeda y vehículo grande sobre asfalto seco, no deberán superar el límite de seguridad de CINCO MILIAMPERIOS (5mA)"). De igual modo, los valores máximos de campo eléctrico calculados al borde de la franja de servidumbre estarán dentro de los límites impuestos por dicha resolución.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## 16.2 Criterios de evaluación del impacto ambiental

**16.2.1 Ocupación del espacio:** La ocupación del espacio es inherente a la realización de cualquier obra. Los efectos a largo plazo sobre el ambiente son dos:

- a) Directo: Es un obstáculo físico a la circulación terrestre y, en ciertas condiciones, aérea o fluvial. El proyectista debe evaluar cuidadosamente estas limitaciones.
- b) Indirecto: Limita el uso futuro del espacio ocupado. Por lo tanto, se recomienda evitar las áreas destinadas a reserva de flora y fauna y en zonas pobladas respetar la trama urbana y no afectar el uso de los espacios públicos destinados a parques, recreación y turismo.

**16.2.2 Impacto visual:** El impacto visual, si bien tiene un fuerte componente subjetivo, debe ponderarse básicamente por tres aspectos característicos:

- a) Visibilidad: Es la apreciación visual, básicamente volumétrica, de la instalación. Si no hay visibilidad no hay impacto visual permanente.
- b) Contexto: Ubicación en el ambiente en que se instala (usos, actividades y expectativas escénicas). En áreas dedicadas a la recreación y en puntos de apreciación panorámicos la cercanía al observador de cualquier instalación significa una intrusión visual, que debe tender a evitarse o reducirse.
- c) Intensidad: Relieve o prominencia de la posición que ocupa, contraste (forma - fondo), distancia desde donde se percibe la instalación, escala (tamaño relativo) y diseño (color, material, textura y forma). Las instalaciones tienen un grado de "transparencia" mayor o menor en función de las características arquitectónicas que las definen y la conveniencia de reducirla o incrementarla. La esbeltez de cualquier estructura tiene impacto visual más favorable cuanto mayor es la relación entre las dimensiones longitudinales y transversales. Aquellas estructuras que requieran ser pintadas, lo serán con colores y acabados tales que reduzcan su impacto visual respecto al medio local.



**16.2.3 Metodología para la evaluación del impacto visual:** El impacto visual, si bien tiene un fuerte componente de subjetivo, debe ponderarse básicamente por tres aspectos característicos:

- a) La observación preliminar de la zona objeto de la implantación permite apreciar la incidencia de las obras y reducir el impacto transitorio y permanente de su instalación.
- b) Debe asegurarse la libre circulación por calles y veredas con la instalación ya construida y minimizar las obstrucciones que se produzcan en el curso de la obra.
- c) No se debe alterar, disminuyéndolo, bajo ninguna circunstancia el escurrimiento de aguas pluviales preexistente en la zona de influencia de la instalación.
- d) Debe asegurarse, en todas las etapas de la obra y con la instalación terminada, la accesibilidad y la visibilidad de y desde los domicilios.
- e) Las zonas arboladas deben tratarse con las siguientes premisas:
- f) Los árboles, en general, no se deben talar. En particular podrán existir necesidades de realizarla, como el caso de traza única o emplazamientos en zonas boscosas que requieran crear picadas para su montaje.
  - f1) Como mínimo se deben reponer los ejemplares talados.
  - f2) Los árboles se pueden trasladar con los debidos recaudos.
  - f3) Los árboles se pueden podar. Una poda racional no daña los árboles.

**16.2.4 Evaluación de radio interferencia, ruido y campos de baja frecuencia:** La reducción de este tipo de parámetros se tiene en cuenta en dos etapas:

- a) En la especificación de los materiales, proyecto y montaje respetando las normas y reglas del buen arte.

En el diseño de los elementos que conforman las instalaciones normalizadas y en el proyecto y montaje de las mismas están consideradas todas las medidas que impidan o limiten la aparición de los fenómenos perturbadores vinculados con el campo eléctrico (ausencia de ángulos vivos, prolijidad en las terminaciones, correcto ajuste de la morsetería, etc.) y con el campo magnético.

- b) En la medición, que se realiza siguiendo procedimientos normalizados y verificando el cumplimiento de los niveles de referencia establecidos en las normas.

Las mediciones de campo serán realizadas por instituciones de reconocido prestigio, que permiten verificar el cumplimiento de las exigencias establecidas.

**16.2.5 Evaluación de la corriente de contacto:** La limitación de este parámetro se tiene en cuenta en dos etapas:

- a) En el proyecto a fin de lograr los valores normalizados, limitando la altura de los conductores sobre el suelo dentro de un diseño de estructura que limita la reducción del propio campo eléctrico.
- b) Medición, que se realiza siguiendo procedimientos normalizados y verifica el cumplimiento de los niveles de referencia establecidos en las normas.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## ANEXO A (Informativo)

42

### Guía práctica para el cálculo de distancias

#### A.1 Tabla de distancias mínimas conductor - estructura tensiones más usuales:

1) De acuerdo con 7.3.3 nota 3

Tensión nominal del sistema	Máxima tensión del sistema	Distancia "s" [m]
$V_N$ [kV]	$V_M$ [kV]	A estructura
13,2	14,5	0,10
33	36	0,22
66	73	0,40
132	145	0,76
154 (*)	169	0,88
220	245	1,24
330	363	1,85
500	525	2,66

(\*) Tensión fuera de uso.

#### A.2 Ejemplo de cruces de líneas de 132 kV y 33 kV

2) De acuerdo con 7.4.1 nota 6

a) Para 132 kV  $0.01 \cdot \left( \frac{D_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.01 \cdot \left( \frac{145}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.617$  [m] por ser  $V > 38$  kV

b) Para 33 kV No se calcula por ser clase B

c) De tabla 7.4-a se obtiene la distancia básica "a" Líneas de energía eléctrica:  $a = 1.20$  [m]

3) Distancia mínima a respetar, expresión [7.4-2]:  $D = a + 0.01 \cdot \left( \frac{D_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 1.20 + 0.617 = 1.817$  [m]

#### A.3 Ejemplo de cruces de líneas de 500 kV y 132 kV

4) De acuerdo con 7.4.1 nota 6

a) Para 500 kV  $0.01 \cdot \left( \frac{D_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.01 \cdot \left( \frac{550}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 2.955$  [m] por ser  $V > 38$  kV

b) Para 132 kV  $0.01 \cdot \left( \frac{D_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.01 \cdot \left( \frac{145}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 0.617$  [m] por ser  $V > 38$  kV

c) De tabla 7.4-a se obtiene la distancia básica "a" Líneas de energía eléctrica:  $a = 1.20$  [m]

5) Distancia mínima a respetar, expresión [7.4-2]:

$$D = a + 0.01 \cdot \left( \frac{D_M}{\sqrt{3}} - 22 \right) = 1.20 + 2.955 + 0.617 = 4.773$$
 [m]

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**Página en blanco**

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL.

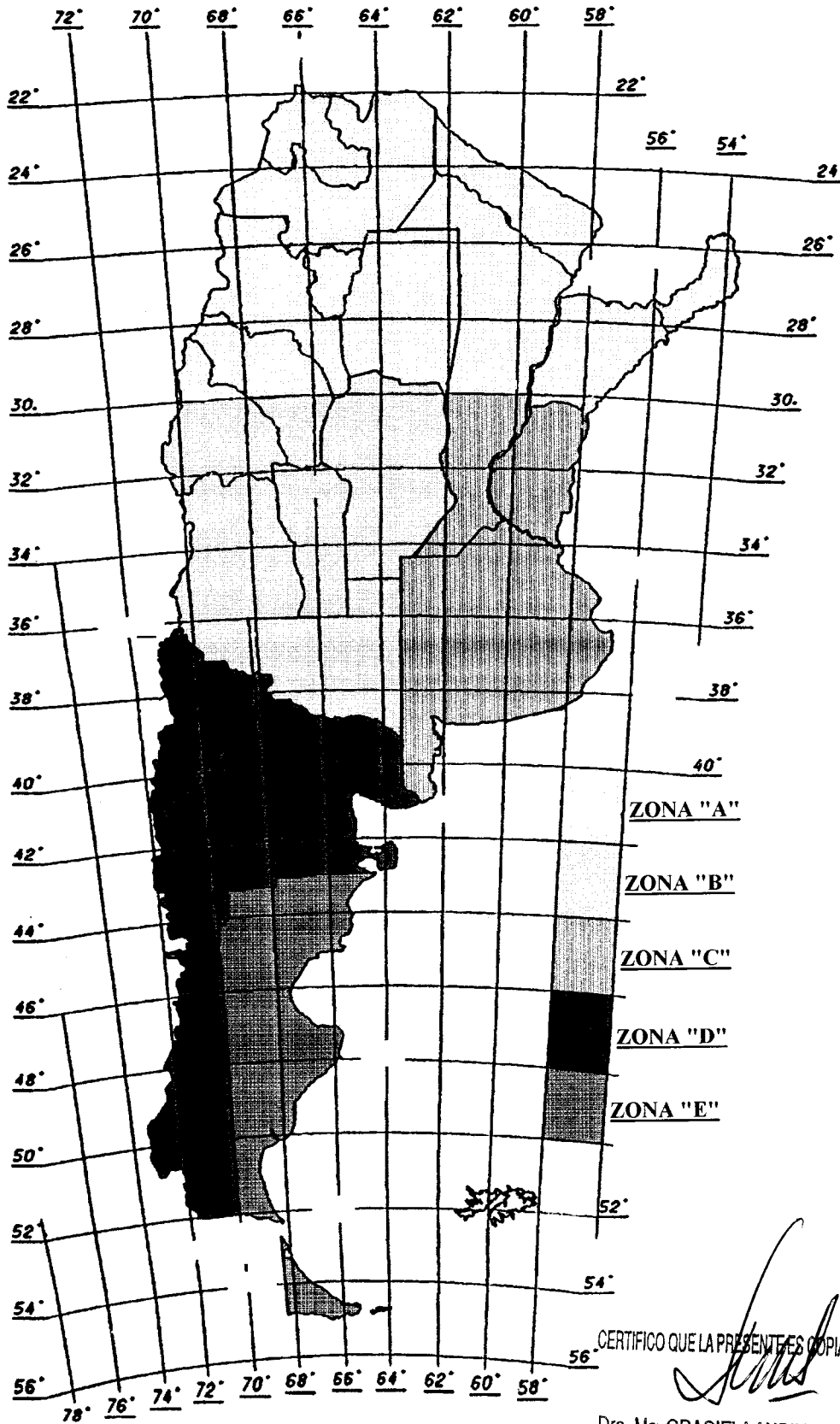
  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## ANEXO B (Reglamentario)

43

### Mapa de zonas climáticas



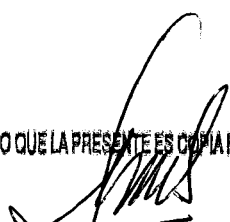
CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINÁ SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



**Página en blanco**

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

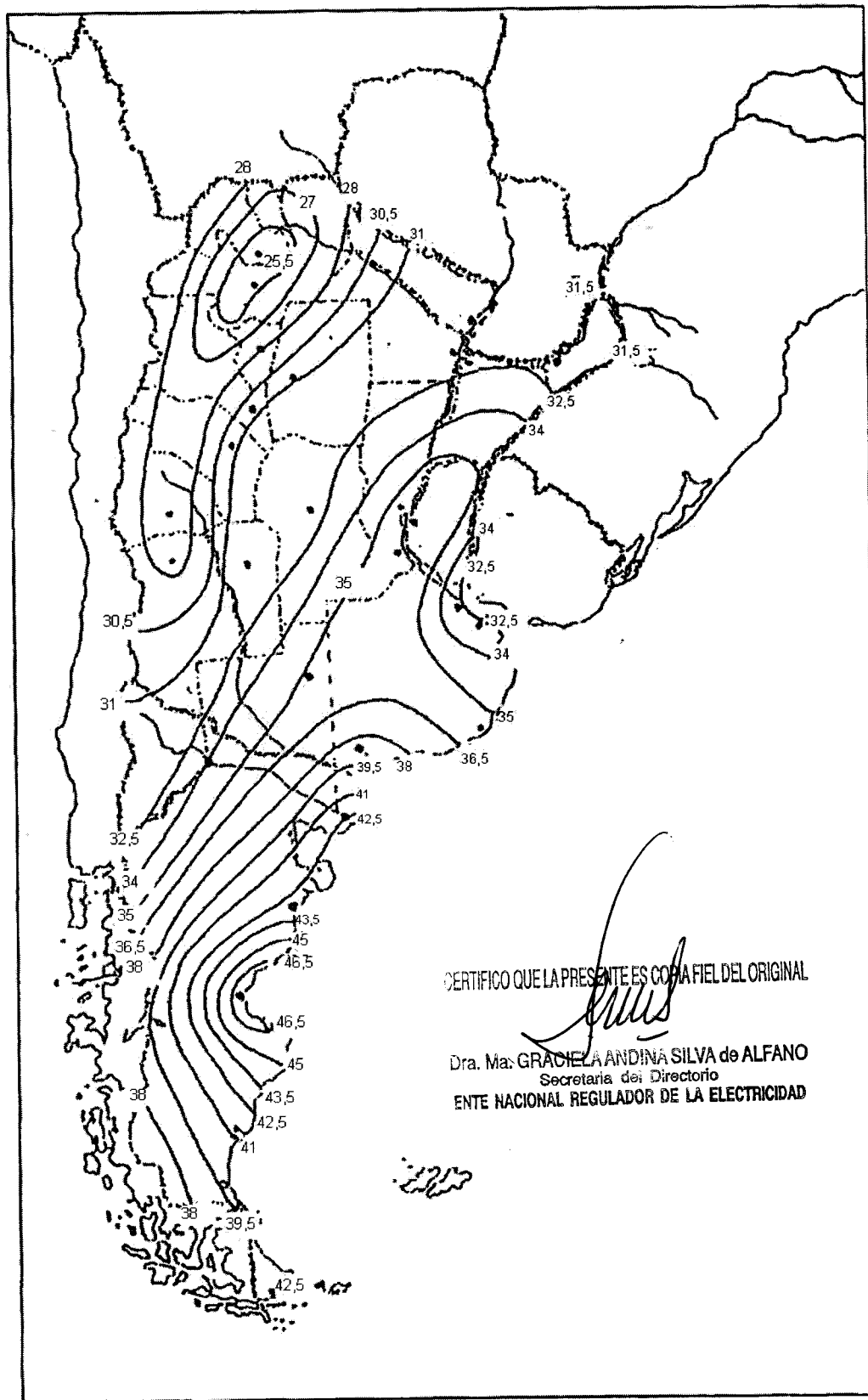
  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



44

## ANEXO C (Reglamentario)

Mapa de isocletas de la República Argentina correspondiente a una ráfaga de 10 minutos



**Nota :** La velocidad de referencia, en m/s, corresponde al promedio de velocidades máximas. **Para un periodo de retorno de 50 años**, sobre intervalos de 10 minutos, en exposición abierta y altura de 10 metros. La velocidad a considerar, para una posición geográfica determinada, es la máxima que corresponda a la cuadrícula (entre meridianos y paralelos) que la contenga. De acuerdo a la norma INPRES-CIRSOC, del Centro de Investigación de Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).



**Página en blanco**

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## ANEXO D (Reglamentario)

45

### Figuras del Capítulo 14 - Fundaciones

Figura 14.1

#### RESISTENCIA AL ARRANCAMIENTO

$$R_A = G_F + V_S \cdot \gamma_S$$

$G_F$ : peso de la fundación.

$V_S$ : volumen de suelo de altura  $H_c$  (rañado).

$\gamma_S$ : densidad de suelo.

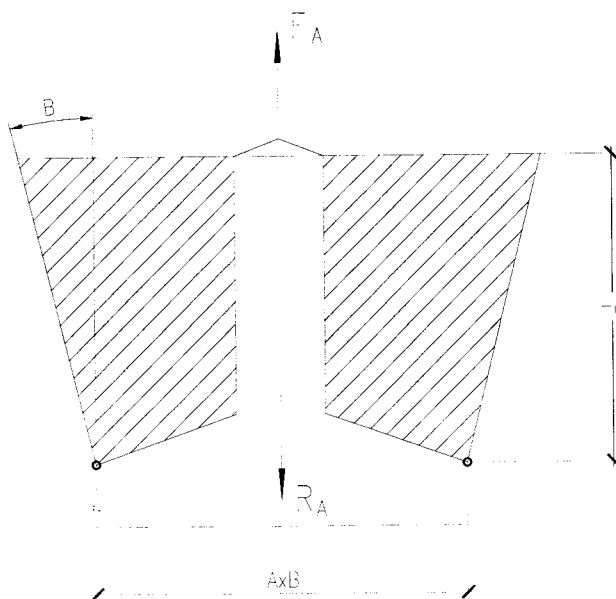


FIG. 14.1 TRONCO DE CONO O PIRAMIDE TRUNCADO  
DE SUELO GRAVANTE

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

*Graciela Andina Silva de Alfano*  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaría de Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## ANEXO D (Reglamentario)

### Figuras del Capítulo 14 - Fundaciones

Figuras 14.2.a y 14.2.b

$$R_A = G_F + V_S \cdot \gamma_S + (2A + 2B) \cdot H_c \cdot \tau$$

$G_F$  : peso de la fundación.

$V_S$  : volumen de relleno sobrepuesto de altura  $H_c$  (rallado).

$\gamma_S$  : densidad de suelo.

$\tau$  : resistencia media de corte en la interfase relleno-suelo adyacente en el borde de la excavación

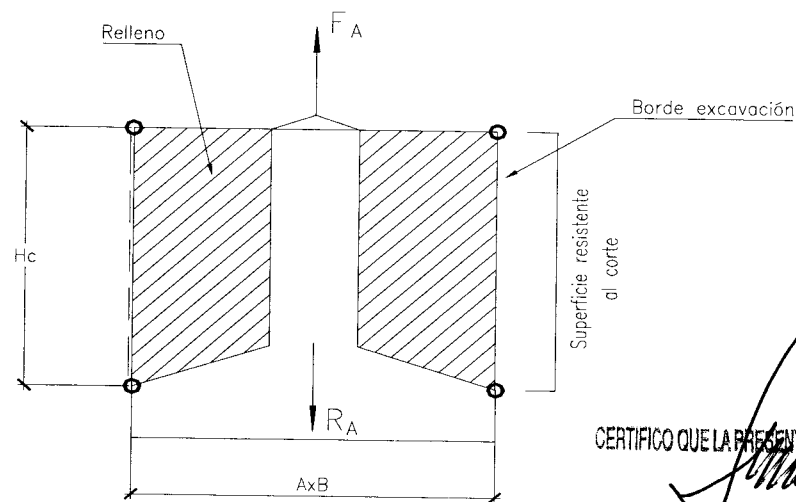


FIG. 14.2 (a) CIMENTO ENCOFRADO

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

*Graciela Andina Silva de Alfano*  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

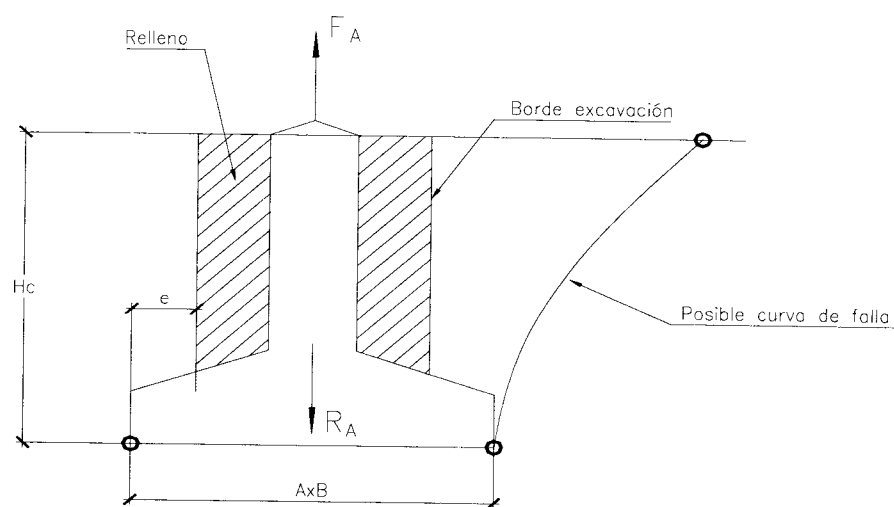


FIG. 14.2 (b) CIMENTO ENCASTRADO (suelo entallado)

$H_c$ : altura de cálculo para determinar la superficie de corte del suelo.

$e$ : encastramiento en suelo natural; valor mínimo 20cm.

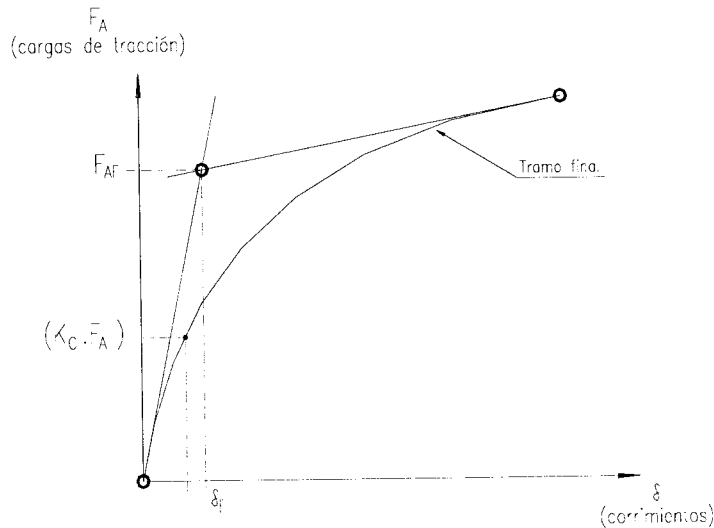
46

## ANEXO D (Reglamentario)

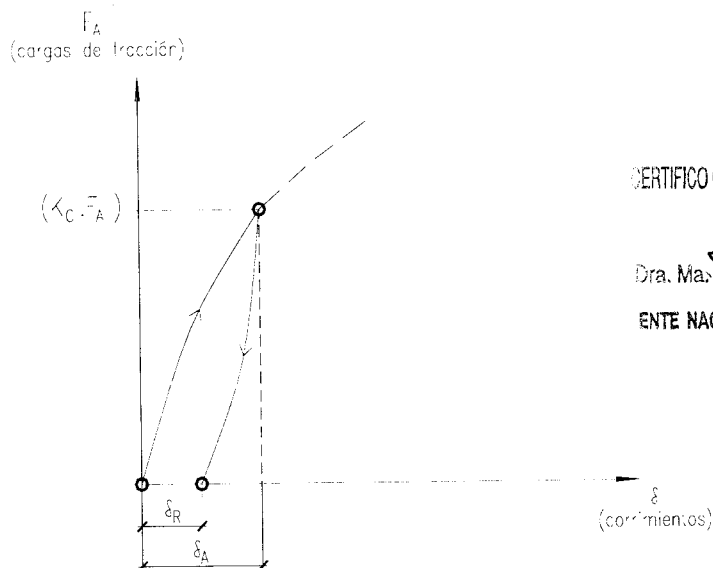
### Figuras del Capítulo 14 - Fundaciones

Figura 14.3

$F_{AF}$ : cargas de arrancamiento de falla.  
 $\delta_F$ : desplazamiento de falla al arrancamiento.  
 $F_{AF} \leq 1.50 \times (K_C \cdot F_A)$



$\delta_A$ : desplazamiento absoluto para carga  $(K_C \cdot F_A)$   
 $\delta_R$ : desplazamiento residual para carga  $(K_C \cdot F_A)$   
 $\delta_A \leq 4 \text{ cm}$   
 $\delta_R \leq 0.6 C_x \delta_A$



CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

*Graciela Andina Silva de Alfano*  
 Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
 Secretaria del Directorio  
 ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

FIG. 14.3 CURVA DE ENSAYO DE ARRANCAMIENTO ( $F_A$ ;  $\delta$ ).



CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria de Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Página en blanco**



47

## ANEXO E (Informativo)

### Referencias y material de consulta sección 12

- 1) Reglamento INPRES CIRSOC 201 – Tomos 1 y 2 – Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado.
- 2) Reglamento INPRES-CIRSOC 103 – Parte I – Normas: Argentinas de Construcciones sismorresistentes.
- 3) ASCE – Guide for the Design and Use of CONCRETE POLES – April 1987
- 4) ASCE N°52 – Guide for Design of Steel Transmission Towers – 2ed – Año 1988.
- 5) ANSI-ASCE 10-90. Design of Latticed Steel Transmission Structures – 9/12/1991.
- 6) ASCE N°91 – Design of Guyed Electrical Transmission Structures – Año 1997.
- 7) ASCE N°72 – Design of Steel Transmission Pole Structures – 2ed – Año 1990.
- 8) Steel Design Handbook – LRFD Method – Akbar R. Tamboli – Año 1997.
- 9) Design of Welded Structures – O.W Blodgett – 12ed – Año 1982.
- 10) ANSI/AWS D1.1-88. Structural Welding Code Steel – American Welding Society (1/1/88).
- 11) Recomendación CIRSOC 302-1 – Métodos de cálculo para problemas de Estabilidad del Equilibrio en las Estructuras de Acero (Capítulo N°3).
- 12) Teoría de la Estabilidad Elástica - S. Timoshenko.
- 13) Manual de cálculo de Estructuras Tubulares de Acero – Fundación Facultad de Ingeniería de Buenos Aires – Eduardo Juarez Allen – Año 1994.
- 14) Pressure Vessel Design Manual – Dennis R. Moss – 2ed (Chapel 3: Support structures/Chapel 5: Local Loads).
- 15) Transmission Line Manual – Rural Electrification Administration – U.S. Department of Agriculture – REA Bulletin 62-1 / September 1972.
- 16) DIN-VDE 0210/12.85 Construcción de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de Tensiones Nominales mayores de 1 kV.
- 17) Estructuras de Madera – Robles y Echenique.
- 18) Wood Handbook. U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory.
- 19) Diseño y Construcción de Estructuras de Madera: Norma Técnica Complementaria del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal – Instituto de Ingeniería UNAM – México.
- 20) Diseño de Acero Estructural. Joseph Bowles (1997).
- 21) Structural Steel Design (Load and Resistance Factor Method) – Abraham J. Rokach (Chapter 11: Connections).
- 22) Diseño de Estructuras de Acero – Gaylord y Gaylord (2° Edición–1980).
- 23) Diseño de Estructuras de Acero – Bresler, Lin y Scalzi (2° Edición-1978).
- 24) ASCE 10-97. Design of Latticed Steel Transmisión Structures (Edición 2000).
- 25) Diseño de Estructuras de Concreto conforme al Reglamento ACI 318-83-Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto – Tomos 1, 2 y 3 (Edición 1990).

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

  
Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



  
CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL  
Dra. Ma: GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

**Página en blanco**


68

## ANEXO F (Informativo)

### Referencias y material de consulta sección 14

- 1) "Les fundations des supports de Lignes electriques aériennes et leur calcul" – G. Sulzberger – Bulletin N° 10 (16/5/1945) Association Suisse des Electriciens.
- 2) "Stabilité des Massifs de Fondation soumis a un moment de renversement" – Dembicki, Bolt, Odrobinski – ANNALES ITBTP N° 360 (30/4/1978) INSTITUT TECHNIQUE DU BATIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS.
- 3) GEOTECNIA Y CIMENTOS – TOMO III – 1° PARTE – Capítulo 2: Cimentaciones semiprofundas. Manuel Llorens Alcon, José Gimenez Salas (1980).
- 4) Foundations in Tension; Ground Anchors – Thomas H. Hanna (1° Edición 1982).
- 5) Curso "Proyecto y Construcción de Fundaciones para Sistemas de Transmisión de Energía Eléctrica y de Telecomunicaciones" – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Universidad Nacional de Rosario – Escuela de Postgrado y Educación Continua – Año 1995 – V. Sosa – D. Weber y H.D. González Horrach.
- 6) Curso "Proyecto y Construcción de Fundaciones Especiales" – Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura – Escuela de Postgrado y Educación Continua – Universidad Nacional de Rosario – Año 1996 – V. Sosa – D. Weber y H.D. González Horrach.
- 7) Cimentaciones – Schulze y Simmer.
- 8) Foundation, Analysis and Design – J.E. Bowles (5° Edición – 1996).
- 9) Foundations for transmission Line Towers – ASCE – Geotechnical Special Publication N°8 (April 1987).
- 10) Foundation, soils and substructures – (Chapter VII: Deep Foundations) V.Berezantzev.
- 11) Tratado de Mecánica de Suelos – A. Caquot y J. Kerizel.
- 12) Normas ACI 336.3R-93/Design and Construction of Drilled Piers. ACI-543R-74 (1980)/Recommendations for Design, Manufacture, an Installation for concrete piles.
- 13) Ground Anchorages and Anchored Structures – Institucion of CIVIL ENGINEERS – Proceeding of International conference organized by ICE (London 21/3/1997).
- 14) Norma DIN-VDE 0210/12.85 – Construcción de Líneas Aéreas de Energía Eléctrica de Tensiones Nominales Mayores de 1 kV (Versión Española) – Capítulo 9: Fundaciones.
- 15) Comisión Electrotécnica Internacional – Comité N°11: Recomendaciones para Líneas Aéreas. Anteproyecto – Cargas y resistencias mecánicas de las Líneas de Transmisión (Junio 1985).
- 16) International Electrotechnical Commission – Technical Committee N°11: Recommendations for Overhead Lines – Draft Chapter IX: Design criteria (January 1986).
- 17) Recommendations, concernant la conception, le calcul, L'exécution et le controle, des TIRANTS D'ANCRAGE – T.A. 86 (Janvier 1986).
- 18) Norma DIN 4125 – Ground anchorages – Design, construction and testing – November 1990.
- 19) Gaceta Oficial del Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos (paginas N°47 a N°69) – Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Cimentaciones (27 de Febrero de 1995).
- 20) Pali e Fondazioni su Pali (Capitolo XVII – Condizioni di stabilità dei pali sottoposti a forze normali all'asse) – Renato Sansoni (3° Edición – Milán 1972).
- 21) Principios de Ingeniería de Cimentaciones – Braja M Das (4° Edición – 2000).
- 22) Estructuras Marítimas (Capítulo 6 – Análisis de Estructuras Comunes) – Torres Herejon.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL



Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria Ger. Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



## ANEXO F (Informativo)

### Tablas del Capítulo 14 - Fundaciones

Tabla 14.2-b – Valores medios del módulo de elasticidad vertical de suelos y rocas.  $E_S$  (MN/m<sup>2</sup>)

Tipo de terreno	Clase y consistencia ó compacidad del terreno				
	No plástico		Con finos plásticos		
			$I_c = 1$	$I_c = 0,5$	$I_c = 0$
Grava fina	300-200/350-250		200/300	200-100/230-140	120-40/140-55
	No plástico				
	Denso		Compacto		Suelto
Arena gruesa y media	220-160/240-190		160-120		120-50/150-80
Arena húmeda fina	170-120/200-150		120-90/150-120		90-35/120-60
Arena húmeda limosa	150-110/170-130		110-180/130-95		80-30/90-45
	Consistencia				
	$I_c > 1$	$I_c = 1$	$I_c = 0,75$	$I_c = 0,5$	$I_c = 0$
Arena arcillosa	180/220	180-120/220-150	120-75/150-95	75-45/95-60	45-7/60-12
Arcilla arenosa	150/180	150-95/180-130	95-60/130-80	60-40/80-50	40-7/50-12
Arcilla plasticidad media ó baja	180/220	180-100/220-130	100-60/130-80	60-30/80-40	30-3/40-7
Arcilla de alta plasticidad	220/240	220-120/240-130	120-70/130-90	70-30/90-40	30-3/40-7
	Compacidad				
	Densa		Media		Suelta
Arena orgánica	80-60		60-35		35-0
Limos orgánicos	-		70-5		-
Turba	-		40-5		-
Rocas	$E_S$		$E_S / C_U$		
Arenisca	Hasta 50.000		400		
Creta	De 5.000 a 20.000		2000		
Caliza	De 25.000 a 100.000		600		
Basalto	De 15.000 a 100.000		600		

$I_C$ : Índice de Consistencia = (Límite líquido – Humedad natural) / Índice de plasticidad.

- \* Las cifras ubicadas en la izquierda de cada casilla responden a capas de espesor mínimo 2 m y las ubicadas a la derecha responden a capas de espesor mínimo 5 m.
- \* 1 MN/m<sup>2</sup> = 10 daN/cm<sup>2</sup>
- \* en arcillas de consistencia blanda a muy duras se puede considerar  $E_S/C_U = 300$ .

Los valores de  $E_S$  varían bastante para cada tipo de suelo, dependiendo de las condiciones físicas y químicas del suelo en cuestión. Por lo tanto, los amplios intervalos que aparecen anteriormente para el valor de  $E_S$ , suministran solamente una orientación antes de que se dispongan los resultados de las pruebas geotécnicas. La relación  $E_S/C_U$  puede ser de utilidad si se conoce la resistencia al corte  $C_U$ , aunque el valor de esta relación varía también con el tipo de suelo o roca de que se trate.

Los valores de  $E_S$  detallados en la tabla 14.2.b corresponden a cargas de corta duración; para el caso de sostenes angulares y terminales instalados en arcillas saturadas, ó con un "índice de consistencia" ( $I_c$ ) inferior a 0,50, los valores tabulados se multiplicarán por 0,30 para tener en cuenta la consolidación del suelo adyacente y subyacente.

En caso de cimentaciones instaladas en suelos granulares (arenas y gravas); que puedan estar sumergidas por encima del plano de cimentación, los valores tabulados se multiplicarán por 0,60.

$E_S / C_U$ : en unidades homogéneas.

$k_{Sv} = E_S / B$  módulo de reacción vertical.

$k_{Sh} \leq k_{Sv} / 1,20$  módulo de reacción horizontal.

También resulta factible correlacionar el "módulo de reacción vertical" con el número de golpes N a partir de un ensayo estándar de penetración (SPT), a través de formulaciones ó tablas ampliamente experimentadas.

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD



CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Directorio  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

## ANEXO F (Informativo)

### Tablas del Capítulo 14 - Fundaciones

49

Tabla 14.2-c – Valores medios de parámetros resistentes de suelos

Resistencia a corto plazo en arcillas saturadas		
Consistencia	Angulo de rozamiento $\Phi$	Cohesión $C_u$ (daN/cm <sup>2</sup> )
Muy blanda	0	< 0,12
Blanda	0	0,12-0,25
Media	0	0,25-0,50
Firme	0	0,50-1,0
Muy firme	0	1,0-2,0
Dura	0	> 2,0

#### Densidad y Resistencia a largo plazo en arenas y arcillas

##### 1) Arenas y Gravas

Suelos	Densidad (daN/dm <sup>3</sup> )		Resistencia	
	Sobre el agua	Bajo el agua (sumergido)	Angulo de rozamiento $\Phi$	Cohesión $C'$
Arena suelta grano redondeado	1,8	1,0	30°	0
Arena suelta grano anguloso	1,8	1,0	32,5°	0
Arena compacta grano redondeado	1,9	1,1	32,5°	0
Arena compacta grano anguloso	1,9	1,1	35°	0
Arena densa ó muy densa grano redondeado	1,95	1,15	35°	0
Arena densa ó muy densa grano anguloso	1,95	1,15	37,5°	0
Grava sin finos plásticos	1,7-1,95	0,9-1,15	35-37,5°	0

##### 2) Arcillas

Consistencia	Plasticidad				Densidad (daN/dm <sup>3</sup> )	
	Baja a media		Media a alta		Sobre el agua $\gamma_h$	Bajo el agua $\gamma'$
	Cohesión $C'$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Angulo de rozamiento	Cohesión $C'$ (daN/cm <sup>2</sup> )	Angulo de rozamiento		
Muy blanda	0	20	0	17	< 1,4	< 0,9
Blanda	0	21	0	18	1,5	0,95
Media	0,05	22	0,05	19	1,6	1,0
Fina	0,1	22	0,1	20	1,7	1,05
Muy fina	0,15	21	0,15	21	1,8	1,10
Dura	0,25	25	0,25	22	1,9	1,15

[1 daN/cm<sup>2</sup>]  $\cong$  1 kgf/cm<sup>2</sup>

[1 daN/dm<sup>3</sup>]  $\cong$  1 kgf/dm<sup>3</sup>

Tabla 14.2-d – Suelo gravante asociado al cuerpo de la fundación en condiciones de vuelco (Angulo  $\beta$ )

( $\beta$  = ángulo con la vertical según K. GIRKMANN)

Suelo	Angulo $\beta$	
	Suelo Natural Adyacente	Suelo de relleno Posterior
Turbas; arcillas muy blandas	5°	3°
Suelos sueltos sin compactar	5°	3°
Arenas finas saturadas	5°	3°
Arcillas blandas; limos blandos	5°	3°
Arcillas o limos secos consolidados	8°	6°
Arenas finas y medianas secas	8°	6°
Arcillas ó limos compactos	12°	10°
Arenas gruesas; gravas arenosas	12°	10°
Arenas gruesas muy compactas	15°	12°
Gravas muy compactas y rodados	20°	20°

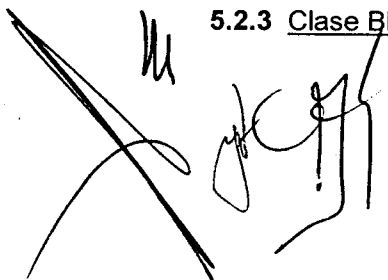
Estos valores se deberán ajustar con la identificación "in visu", los ensayos estándar de penetración (SPT) y la clasificación de suelos (S.U.C.S.) obtenida en laboratorio.

## ANEXO II a la Resolución ENRE N° 444/2006

**Condiciones Mínimas de Seguridad para Líneas Aéreas de Media Tensión (1 kV < Vn < 66 kV) Clase B, y de Media Tensión con Retorno de Tierra (1 kV < Vn < 38 kV) Clase BB. Aplicación de la “Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión” de la Asociación Electrotécnica Argentina – AEA – Edición 2003.**

Se aplicará la Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión de AEA – Edición 2003 – sólo en aquellos puntos que sean pertinentes a la Guía de Contenidos Mínimos para el Sistema de Seguridad Pública de las Empresas Distribuidoras (Resolución ENRE 311/2001). Tales puntos son los que se incluyen en este Anexo, y los mismos serán de aplicación con las aclaraciones, limitaciones y modificaciones que aquí se detallan.

1. **Objeto** - *Se aplica únicamente para:*
  - o Líneas Aéreas de Media Tensión (1 kV < Vn < 66 kV) Clase B, y de Media Tensión con Retorno por Tierra (1 kV < Vn < 38 kV) Clase BB.
  
2. **Alcance** - *Se aplica con las siguiente limitación:*
  - o Alcanza sólo a las líneas aéreas exteriores del área de concesión correspondiente a las empresas EDELAP S.A., EDENOR S.A., Y EDESUR S.A.
  
3. **Campo de aplicación**
  - *Se aplica sin modificaciones.*
  
4. **Normas para consulta**
  - *Se aplica sin modificaciones.*
  
5. **Definiciones** - *Se aplica con la siguiente limitación y agregados:*
  - > **5.2 Clases de líneas:**
    - **5.2.2 Clase B- Media Tensión (1 kV < Vn < 66 kV)**
    - **5.2.3 Clase BB- Media Tensión con Retorno por Tierra (1 kV < Vn < 38 kV).**



Se modifica la siguiente definición:

- **5.2.3 Clase BB- Media Tensión con Retorno por Tierra ( $1 \text{ kV} < V_n < 38 \text{ kV}$ ),** son las líneas para distribución rural de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 1 KV e inferior a 38 KV.

y se agregan las siguientes definiciones:

**Tensión nominal de una red** valor eficaz de la tensión entre fases por el cual se denomina la red , y al cual se refieren ciertas características de funcionamiento de esta. Se la identificará como  $V_n$ .

**Tensión máxima de servicio de una red trifásica** valor eficaz de la tensión mayor entre fases que se puede presentar en cualquier instante y en cualquier punto de la red en condiciones normales de servicio. Este valor no tiene en cuenta variaciones transitorias (por ejemplo debidas a maniobras en la red), ni variaciones temporales de la tensión debidas a condiciones anormales de la red ( por ejemplo: debidas a fallas o desconexiones bruscas de cargas importantes). Se la identificará como  $V_m$ .

**6. Proyecto**

– *Excluido- solo válido como referencia*

Para el caso del punto 6.8 Condiciones de seguridad Pública será de aplicación la Resolución ENRE N° 33/04.

**7. Distancias de seguridad** - *Se aplica con las siguientes modificaciones y agregados :*

➤ **7.1 Consideraciones generales**

**Agregado**

- o En lo que hace a **Distancias de seguridad**, en todos los casos se deberán tener en cuenta las reglamentaciones existentes en: Provincias, Municipios, Dirección Nacional de Vialidad, Autoridades Ferroviarias, Direcciones Provinciales de Vialidad, Dirección de Vías Navegables, Prefectura Nacional, Aeropuertos, u otra autoridad jurisdiccional competente.

o **7.1.2 Exigibilidad**

- o Se aplicará con el siguiente agregado: "Respetando estrictamente lo establecido en la Resolución ENRE N° 1832/98 - Normas de seguridad para la ejecución de trabajos eléctricos en la vía pública".

➤ **7.4 Distancias verticales a tierra, a objetos bajo la línea y aplicables en cruces entre líneas:**

- **7.4.1** Se aplicará con las siguientes modificaciones:

- o En la **Tabla 7.4-a**, en lo que hace a “Zonas urbanas y suburbanas (espacios y caminos para tránsito peatonal o vehicular restringido)”, la distancia “a”, indicada de **5,50 m**, se deberá reemplazar por **5,90 m**.
- o La altura “H” especificada en la nota 4 se deberá tomar como la altura definida por la autoridad jurisdiccional competente que regula el espejo de agua respecto de un punto, nivel y/o boya de referencia, aclarando si esta altura contempla o no una distancia de seguridad eléctrica, para, que en el caso en que no la contemple, sumar la distancia de 2 mts especificada.

**AGREGADO**

- Así también, serán de aplicación las siguientes situaciones las definiciones que se enumeran a continuación:
  - o Para la distancia vertical de conductores por encima de aguas no navegables se deberá aplicar lo establecido por el Código NESC 2002, que establece que la distancia mínima de conductores de líneas de 750 V a 22 kV de tensión fase-tierra, por encima de aguas no navegables, es de **5,20 m** (Tabla 232-1 del Código).
  - o Para las instalaciones deportivas en general, excluidas las piscinas y áreas aledañas, se deberá tener en cuenta lo establecido en la Norma DIN VDE 0210/12.85:
    - Distancia vertical entre conductores y zonas de práctica de deporte: **8,00 m** a áreas de deporte en general.
    - Para zonas de deporte tales como campos de golf, zonas de tiro, áreas de deporte de lanzamiento (martillo, jabalina, disco, etc.), áreas de pesca, se debe evitar una aproximación (de las personas o de cualquier objeto) al conductor de menos de **3,00 m**.
    - Distancia vertical entre el conductor e instalaciones fijas: **5,00 m** a instalaciones fijas de juegos y deportes, instalaciones de largada y llegada, instalaciones para camping, así como también elementos constructivos accesibles, móviles o elevables.
    - Piscinas y áreas aledañas

No podrán pasar conductores de líneas aéreas por arriba de la superficie de piscinas y áreas aledañas vinculadas a las actividades propias de la misma

Las distancias de seguridad respecto de las áreas aledañas y las instalaciones vinculadas a las actividades de la piscina se indican por

Handwritten signatures and a large diagonal mark.

medio de distancias punto a punto a cumplirse desde el borde de la piscina, y distancias punto a punto a cumplirse desde las instalaciones asociadas (trampolín, puesto de guardavida, etc.), basándose en el criterio empleado por el Código Nacional de Seguridad Eléctrica de los Estados Unidos (NESC), y teniendo en cuenta la prohibición enunciada precedentemente.

Tomando como referencia lo reglamentado en el Código NESC en su edición 2002, Regla 234 E, se establece:

- la prohibición del cruce de los conductores por encima de la superficie de piscinas

la determinación, para las áreas adyacentes a la piscina, de una zona prohibida definida a partir del cumplimiento de las distancias A y B, tal como se indica en Figura 1.

Donde A: distancia en cualquier dirección desde el nivel del agua, borde de la pileta, base del trampolín, o de los amarres. B: distancia en cualquier dirección desde la plataforma del trampolín, o de la torre del guardavida; y V: distancia vertical al terreno adyacente.

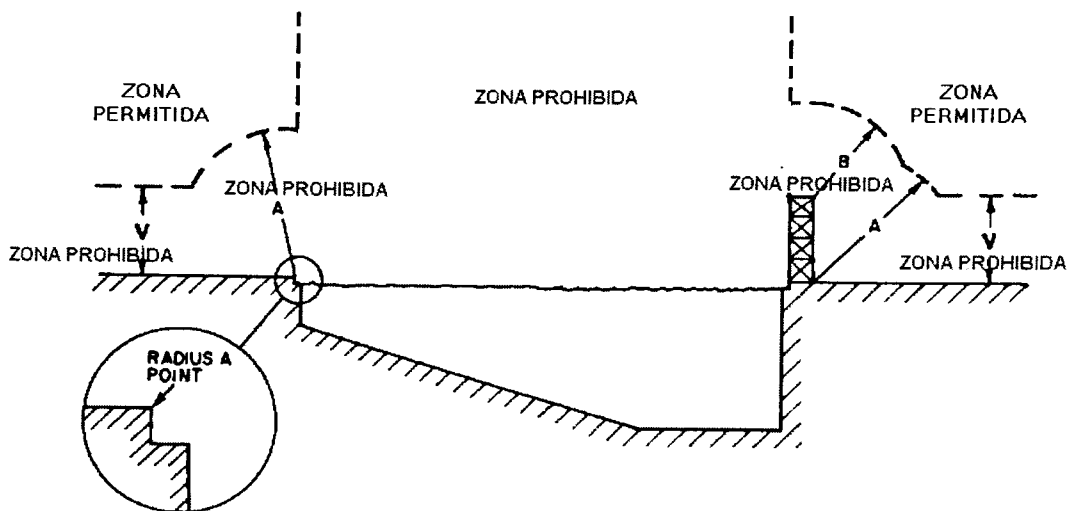
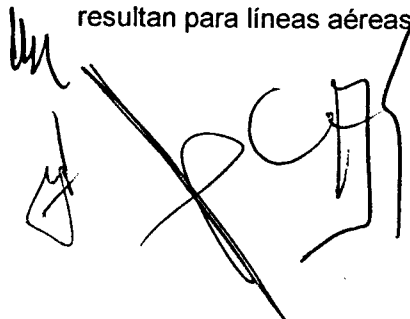


Figura 1. Determinación de las zonas prohibidas

Donde los requerimientos para las distancias "A" y "B" se toman del Código NESC, que según se observa en la Tabla 234-3 del Código, resultan para líneas aéreas de tensión entre 750V y 22kV fase-tierra:



54

- A: **7,60 m** (distancia en cualquier dirección desde el nivel del agua, borde de la pileta, base del trampolín, o de los amarres).
- B: **5,20 m** (distancia en cualquier dirección desde la plataforma del trampolín, o de la torre).

Y para V (distancia vertical al terreno adyacente) corresponde aplicar los requerimientos de distancia vertical a tierra, del punto 7.4 de la Reglamentación de la AEA, con las observaciones del presente Anexo II.

- o Para las distancias verticales de cruce de los conductores de líneas de energía eléctrica con conductores de líneas de alimentación o de contacto de ferrocarriles se deberá adoptar lo expresado en el Código NESO 2002, Regla 233, que establece una distancia no menor de **1,80 m** (Tabla 233-1 del Código).

➤ **7.8 Distancias verticales y horizontales a edificios o sus partes (sin desplazamiento del conductor por la acción del viento)**

Se aplicará con las siguientes modificaciones

- **7.8.1 Distancias libres entre partes vivas y edificios o sus partes:**
  - o Independientemente de la aplicación de las fórmulas mencionadas (7.4-1 y 7.4-2), en ningún caso la distancia horizontal desde un conductor desnudo o punto con tensión, al plano que contiene la línea municipal, podrá ser menor a **2,00 m**.
  - o Las distancias "a" indicadas en la tabla 7.8-a, en el punto b. - A ventanas ciegas o con protección - deberán ser iguales a las indicadas en el punto a. de la misma tabla.

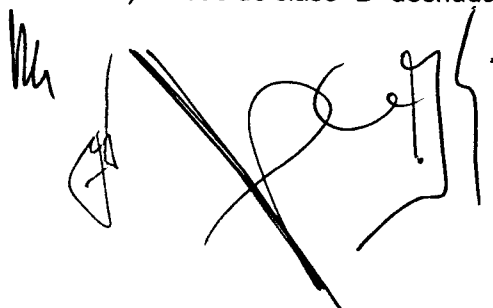
➤ **7.11 Distancias a posiciones practicables.**

➤ **7.11.1** Se aplicará con el siguiente agregado:

Las distancias a posiciones practicables serán también de aplicación para los bienes muebles en la vía pública tales como: puestos de flores o revistas, refugios, cabinas, andamios, escenarios montados para espectáculos, etc., en donde se aplicarán los conceptos definidos en el ANEXO III, según sea una construcción transitoria o permanente.

➤ **7.11.2** Se aplicará con las siguientes modificaciones:

- a) Líneas de clase "B" desnudas, considerando la flecha vertical máxima.



- o Para conductores por encima o por debajo del plano de ubicación del artefacto de iluminación: **3,00 m** en cualquier dirección, respecto a la columna de alumbrado, su pescante o luminaria.

➤ **7.12 Distancias desde estructuras**

Se aplicará con las siguientes modificaciones:

- **7.12.2 A la línea de edificación**

- o La distancia mínima a la línea municipal deberá ser siempre de **2,00 m**. La nota se considera válida.

➤ **7.13 Distancias desde conductores a partes de estructuras, tensores y entre conductores de neutro de líneas distintas. No se aplica a posiciones practicables.**

**7.13.2 Distancias verticales entre conductores y partes de estructuras a tierra.**

En la tabla 7.13.-a- no se debe considerar aplicable la distancia mencionada entre Conductores desnudos o protegidos con tensiones de fase a tierra tanto en nivel superior como inferior, especificada en 0,60 mts, sino que es de aplicación lo mencionado en la tabla 7.4-a-.

➤ **7.14 Distancias desde conductores a árboles próximos a la línea. Se consideran en todas direcciones**

Se aplicará con el siguiente agregado

- o La distancia mínima a mantener desde conductores desnudos y sus soportes a los árboles y flora en general deberá ser de: **0,80 m**.

**8. Paralelismos** - *Se aplica sin modificaciones.*

**9. Franja de servidumbre**

- *Excluido.*

**10. Solicitaciones exteriores**

- *Excluido, solo como referencia.*

**11. Dimensionamiento de estructuras**

- *Excluido, solo como referencia.*



56

**12. Hipótesis de carga**

- Excluido, solo como referencia.

**13. Componentes y accesorios**

- Excluido, solo como referencia.

**14. Fundaciones**

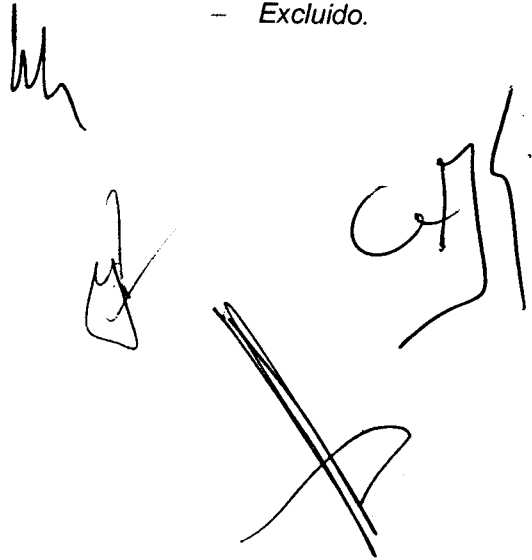
- Excluido, solo como referencia.

**15. Puesta a tierra**

- Se aplica sin modificaciones

**16. Impacto Ambiental**

- Excluido.



Handwritten signatures and marks, including a large 'X' and several illegible scribbles.

5

## ANEXO III a la Resolución ENRE N° 444/2006

**Procedimientos complementarios de las Condiciones Mínimas de Seguridad que deben cumplir las Líneas Aéreas de Media Tensión (1 kV < Vn < 66 kV) Clase B, y de Media Tensión con Retorno de Tierra (1 kV < Vn < 38 kV) Clase BB.**

### **1. Objeto**

Procedimientos que deben cumplir las empresas Distribuidoras EDENOR S.A., EDESUR S.A. y EDELAP S.A. en forma complementaria a los aspectos técnicos estipulados en la Reglamentación de la AEA para Líneas Aéreas Exteriores de Media y Alta Tensión en su versión 2003 (Anexo I), con las modificaciones introducidas en el ANEXO II.

### **2. Alcance**

Los presentes Procedimientos alcanzan a todas las líneas aéreas exteriores de media tensión pertenecientes a las empresas distribuidoras EDELAP S.A., EDENOR S.A., y EDESUR S.A., existentes a la fecha en que se dicta la presente Resolución, a los efectos de la aplicación de lo establecido en el Anexo I y II.

Las líneas que se construyan nuevas a partir de la fecha de la presente deberán respetar en forma inmediata e integral lo establecido en el Anexo I y II.

### **3. Procedimientos**

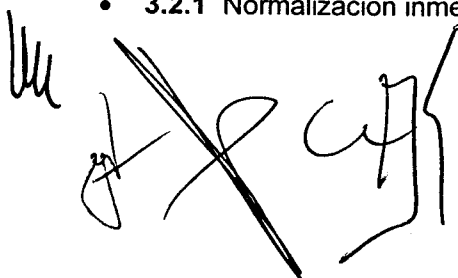
#### **3.1 Relevamiento de las líneas aéreas exteriores de media tensión existentes que no cumplen con la normativa de la AEA en su versión 2003.**

Las empresas distribuidoras deben realizar un relevamiento integral de todas las líneas aéreas exteriores de media tensión existentes en su área de concesión, de manera de identificar aquellas que no cumplen con lo señalado en el Anexo I y II.

#### **3.2 Acciones para normalizar las líneas que no cumplan con los requisitos normativos indicados en el Anexo I y II.**

Las empresas, frente a los desvíos a la norma que detecten en el relevamiento mencionado en el punto 3.1, deberán realizar las siguientes acciones:

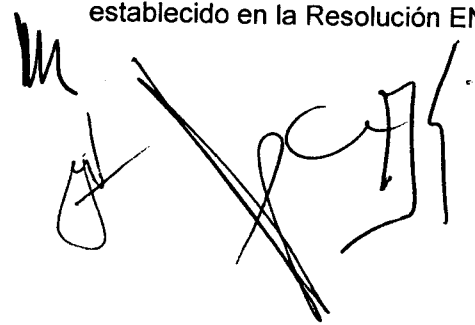
- **3.2.1 Normalización inmediata de la instalación.**



- **3.2.2** Si por alguna razón debidamente justificada lo anterior no fuese posible, deberán adoptar medidas preventivas que controlen el riesgo que provoca el desvío evidenciado hasta su normalización definitiva, incluyendo acciones tales como: colocación de aislaciones, aviso a los usuarios o propietarios afectados, aviso al municipio correspondiente, y toda otra medida que sea procedente a los efectos mencionados, debiendo informar al ENRE los plazos requeridos para su normalización definitiva
  
- **3.3.1 Acciones relativas a los Municipios:** Las empresas deben:
  - **3.3.1.a** Informar fehacientemente a los Municipios acerca de la localización de las líneas aéreas exteriores objeto del presente, y mantener actualizada esta información en forma permanente, acreditando tales acciones ante el organismo.
  - **3.3.2.b** Solicitar a los municipios dentro de su área de concesión que informen a las distribuidoras acerca de los permisos de construcción linderos a las líneas informadas en el punto anterior a fin de poder detectar en forma temprana las situaciones de riesgo que pudiesen generarse, y realizar las acciones, dentro de lo posible coordinadas con el municipio o autoridad jurisdiccional que corresponda, conducentes para eliminar el peligro.

**3.4 Acciones relativas al control de las líneas aéreas exteriores objeto de la presente, y a la información acerca de los planes que realicen las empresas para el cumplimiento de lo aquí ordenado.**

- **3.4.1** Las empresas distribuidoras deberán incorporar e informar todas las acciones que realicen para el cumplimiento de lo aquí ordenado dentro de su Sistema de Seguridad Pública requerido por la Resolución ENRE N° 311/01, según lo establecido en el Plan 4.7.6 "Plan de relevamiento y normalización de líneas aéreas de media tensión".
- **3.4.2** Las empresas distribuidoras deberán realizar al menos una revisión completa anual de todas las líneas afectadas por esta norma a los efectos de constatar el cumplimiento de lo aquí ordenado, en consonancia con lo establecido en la Resolución ENRE N° 311/01 y N° 805/05 .

Handwritten signature and initials in black ink, appearing to be a stylized 'M' and 'G' followed by a large, complex signature.