

DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD

PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO : RPTD N° 11.

| | |
|-----------------------------|---|
| MATERIA | : LÍNEAS DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN. |
| FUENTE LEGAL | : DECRETO CON FUERZA DE LEY N° 4/20.018, DE 2006, DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN, LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS. |
| FUENTE REGLAMENTARIA | : DECRETO N° 109, DE 2017, DEL MINISTERIO DE ENERGÍA, REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN, TRANSPORTE, PRESTACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS, SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. |
| DICTADO POR | : RESOLUCIÓN EXENTA N° 33.277, DE FECHA 10/09/2020, DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES. |

1 Objetivo

El objetivo del presente pliego técnico es establecer los requisitos de seguridad que deberán cumplir las líneas de eléctricas aéreas, subterráneas o subacuáticas, cuya tensión nominal de operación sea superior a 23.000 volts.

2 Alcance

Este pliego técnico aplica a las instalaciones de transporte de energía eléctrica.

3 Referencias normativas

Las normas técnicas a las que se hace referencia a continuación, son parte integrante del presente pliego técnico y solo deben ser aplicadas en los puntos en los cuales son citadas.

| | | | |
|-----|---|------|---|
| 3.1 | IEC 60287-1-1 ed2.0 | 2006 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses – General. |
| 3.2 | IEC 60287-1-2 ed1.0 | 1993 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculations of losses - Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation. |
| 3.3 | IEC 60287-1-3 ed1.0 | 2002 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-3: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses - Current sharing between parallel single-core cables and calculation of circulating current losses. |
| 3.4 | IEC 60287-2-1 ed1.1 Consol. with am1 | 2001 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance - Calculation of thermal resistance. |
| 3.5 | IEC 60287-2-2 ed1.0 | 1995 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2: Thermal resistance - Section 2: A method for calculating reduction factors for |

| | | | | |
|------|-----------------------------------|-------|------|--|
| | | | | groups of cables in free air, protected from solar radiation. |
| 3.6 | IEC 60287-3-1 Consol. with am1 | ed1.1 | 1999 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-1: Sections on operating conditions - Reference operating conditions and selection of cable type. |
| 3.7 | IEC 60287-3-2 | ed2.0 | 2012 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-2: Sections on operating conditions - Economic optimization of power cable size. |
| 3.8 | IEC 60287-3-3 | ed1.0 | 2007 | Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-3: Sections on operating conditions - Cables crossing external heat sources. |
| 3.9 | IEC 60826 | ed3.0 | 2003 | Design criteria of overhead transmission lines. |
| 3.10 | NCH 926 | | 1972 | Acero y otros metales - Ensayo de impacto sobre probeta con entalle, simplemente apoyada. |

4 Terminología y definiciones

| | | | | |
|-----|-----------------|--|--|--|
| 4.1 | Accesible | | | Al alcance de personas, sin auxilio de medio alguno. |
| 4.2 | Aislador | | | Elemento compuesto de un material aislante, diseñado para soportar físicamente un conductor y separarlo eléctricamente de otros conductores u objetos. |
| 4.3 | Anclaje | | | Son aquellas destinadas a establecer puntos fijos del conductor a lo largo de la línea, para dividir ésta en sectores mecánicamente independientes. Se les emplea tanto en alineaciones rectas como en puntos de ángulo. |
| 4.4 | Apoyo | | | Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructura. |
| 4.5 | Armadura | | | Protección metálica contra efectos mecánicos, constituida por alambres de sección circular o rectangular, flejes (bandas) o trenzas colocadas sobre un cable. |
| 4.6 | Banco de ductos | | | Canalización eléctrica que se desarrolla entre dos puntos comunes y que posee dos o más ductos. |
| 4.7 | Cable | | | Uno o más conductores formados por hilos trenzados, con o sin aislamiento o cubiertas protectoras. |

| | | | |
|------|--------------------------|----|---|
| 4.8 | Cable de guardia | | Conductor, con o sin fibras de telecomunicación, conectado a tierra, colocado a una altura superior de los conductores energizados, con el objeto de protegerlos de descargas. |
| 4.9 | Cámara | | Estructura sólida situada encima o debajo del suelo para facilitar el tendido, mantenimiento y reparación de conductores, permitiendo el empalme de los distintos ductos que conforman la canalización. |
| 4.10 | Circuito | | Camino cerrado por donde fluye la corriente eléctrica de una fuente de alimentación (pila, batería, generador, etc.). |
| 4.11 | Coeficiente de seguridad | de | Denominado también como factor de seguridad, es el cociente resultante entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real al que se verá sometido. Por este motivo, se trata de un número mayor que uno, que indica la capacidad de exceso que tiene el sistema sobre sus requerimientos. |
| 4.12 | Cross bonding | | Consiste en la distribución de las pantallas de los cables en las secciones o tramos elementales llamadas menores, cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en 3 secciones consecutivas. |
| 4.13 | Ducto | | Canalización cerrada que sirve como vía a conductores o cables. |
| 4.14 | Estructura | | Todo aquello que puede ser construido o edificado. Puede ser fija o móvil, estar en el aire, sobre o bajo la tierra o en el agua. |
| 4.15 | Falla | | Alteración de la capacidad de un sistema, o componentes para cumplir una función requerida, sea esta intencional o fortuita o por degradación de sus elementos. |
| 4.16 | Fase | | Designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico, que va a estar energizado durante el servicio normal. |
| 4.17 | Flecha de un conductor | | En un vano de una línea aérea, es la distancia medida entre la línea recta |

| | |
|--|--|
| | imaginaria que une los apoyos del conductor y la tangente al conductor paralela a ella. |
| 4.18 Flecha máxima de conductor | Es la flecha del conductor en reposo en la condición de corriente máxima y de temperatura ambiente de diseño de la línea. |
| 4.19 Fusible | Elemento cuya función es abrir, por la fusión de uno o varios de sus componentes, el circuito en el cual está inserto. |
| 4.20 Generación | En este Reglamento es sinónimo de Producción. |
| 4.21 Galloping | Corresponde a oscilaciones de baja frecuencia y gran amplitud de líneas de transporte debido al viento. |
| 4.22 Haz de conductores (conductor múltiple) | Conjunto de dos o más conductores utilizados como un solo conductor, con separadores para mantener una configuración predeterminada. Los conductores individuales de este conjunto se llaman subconductores. |
| 4.23 Instalación eléctrica | Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica. Para los efectos del presente Pliego Técnico, deberá considerarse como un producto terminado. |
| 4.24 Instalación de tensión reducida | Se consideran en este grupo las instalaciones con tensiones nominales menores o iguales a 100 V, como es el caso de líneas de telefonía, comunicaciones, televisión por cable, circuitos de monitoreo, circuitos de vigilancia, cámaras de tránsito o similares. |
| 4.25 Línea aérea | Línea eléctrica elevada sobre el suelo, soportada en postes u otro tipo de estructuras, con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los conductores. |
| 4.26 Línea de transporte | Para los efectos de la aplicación del presente pliego, cuando se hable de línea de transporte, se estará refiriendo a las líneas |

eléctricas cuya tensión nominal de operación sea superior a 23.000 Volts.

- 4.27 Mantenimiento
- Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.
- 4.28 Sleet jump o Ice jumping
- Es el salto del conductor en un vano determinado a raíz del desprendimiento repentino de parte o la totalidad del manguito de hielo depositado en él, lo que produce el salto (jumping) hacia arriba y abajo del conductor en pocas oscilaciones de gran amplitud.
- 4.29 Sobrecarga
- Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.
- 4.30 Soporte o estructura de Anclaje
- Son las destinadas a establecer puntos fijos del conductor a lo largo de la línea para dividir ésta en sectores mecánicamente independientes. En consecuencia, deben ser capaces de resistir desequilibrios considerables en la dirección de la línea. Se les emplea tanto en alineaciones rectas como en puntos de ángulo.
- 4.31 Soporte o estructura de Remate
- Es la empleada normalmente en los puntos de inicio y término de la línea. En consecuencia, deben ser capaces de resistir el esfuerzo de todos los conductores y cables de guardia rematados todos hacia un mismo vano.
- 4.32 Soporte o estructura de Suspensión
- Son aquellas cuyo principal objeto es soportar los conductores de modo que mantengan sus distancias al suelo. Generalmente deben resistir sólo esfuerzos moderados en la dirección de la línea. Se les emplea normalmente en alineaciones rectas y ocasionalmente en puntos con ángulos pequeños.
- 4.33 Tensión de contacto
- Diferencia de potencial entre el aumento potencial de tierra y el potencial de superficie en el punto en que una persona está de pie, mientras que al mismo tiempo tiene una mano en contacto con una estructura conectada a tierra.

| | |
|---------------------|--|
| 4.34 Tensión máxima | Tensión mecánica máxima que toma el conductor. |
| 4.35 Tensión normal | Tensión mecánica del conductor en condiciones normales, sin considerar la acción del viento. |
| 4.36 Vida útil | Tiempo durante el cual un bien cumple la función para la que fue concebido. |

5 Líneas de transporte aéreas

5.1 Requisitos básicos

5.1.1 Una línea eléctrica aérea deberá estar diseñada y construida de tal manera que:

- Cumpla su propósito bajo un conjunto de condiciones definidas.
- No signifique riesgo de lesiones o pérdida de vidas humanas.
- No signifique riesgo para las cosas.

5.1.2 Los requisitos anteriores deberán cumplirse por la elección de materiales adecuados, por su diseño apropiado, por los procedimientos de control para el diseño, la fabricación, la construcción y el uso al que está destinado el proyecto en particular.

5.1.3 Coordinación de las tensiones mecánicas

- Una línea aérea, como un sistema, requiere la coordinación de las tensiones mecánicas de los componentes que la constituyen.

5.2 Consideraciones adicionales

Los soportes de líneas de transporte colocados en lugares de frecuente concurrencia de personas y a los cuales sea fácil trepar, llevarán placas con inscripciones que representen en forma ostensible el peligro de muerte al cual se expone el que se acerque a los conductores. Estas inscripciones deberán cumplir con lo establecido en el Pliego RPTD N°09 y se colocarán de manera que sea difícil deteriorarlas.

5.3 No se permite fijar líneas de transporte a edificios, salvo cuando estos sirven exclusivamente a la explotación de las instalaciones eléctricas o están destinados a una subestación de utilización.

5.4 No podrán construirse líneas aéreas de cualquier categoría sobre edificios existentes, ni hacer construcciones debajo de las líneas aéreas existentes, salvo aquellas edificaciones propias de la explotación de las mismas instalaciones eléctricas y que no perturben el libre ejercicio de las servidumbres establecidas por la ley o el reglamento.

5.5 La sección en los conductores utilizados en líneas de transporte se determinará de modo tal que la temperatura máxima del conductor en condiciones de diseño no sea superior a la definida por el fabricante para el tipo de material seleccionado.

5.6 Los soportes y torres al borde de caminos deberán colocarse de manera que no perturben la circulación de los vehículos y las personas.

5.7 Cruces y paralelismos

5.7.1 Consideraciones generales

- Se entiende por paralelismo el de líneas vecinas que siguen de manera aproximada la misma dirección, aun cuando sus trazados no sean rigurosamente paralelos.

- b. Se entiende por cruce el punto donde los trazados de líneas diferentes se interceptan. La línea que pasa por encima de la otra se designa por “línea superior”, y sus soportes más cercanos al punto de cruce por “soportes de la línea superior”. Los soportes de la línea inferior son aquellos que llevan los conductores que pasan por debajo de los conductores de la otra línea.

5.7.2 Para todas las distancias concernientes a cruces y paralelismos aéreos aquí definidos, serán aplicables las disposiciones del punto 5.4 del Pliego RPTD N°07, que establecen las distancias mínimas a cumplir.

Cuando el propietario de una línea necesite ejecutar un cruce o paralelismo con otras líneas existentes o con vías férreas, deberá dar cumplimiento al siguiente procedimiento:

- i. El interesado presentará una solicitud por escrito a los propietarios afectados de las líneas o vías férreas existentes.
- ii. Las empresas afectadas deberán dar respuesta en un plazo no superior a 60 días.
- iii. Si en el plazo de 120 días contados desde la fecha de la presentación de la solicitud no hay acuerdo entre las partes, o las empresas afectadas no han dado respuesta a la solicitud, a petición del interesado, la Superintendencia resolverá oyendo a las partes

5.7.3 En los cruces a que se refiere el punto 5.7.7 y en los vanos vecinos no se permitirá el uso de uniones.

5.7.4 Paralelismos aéreos de instalaciones de tensión reducida y líneas eléctricas

En trazados paralelos, las instalaciones de tensión reducida de propiedad de terceros se deberán instalar sobre soportes distintos y fuera de la franja de seguridad de las líneas de transporte. Se excluyen de esta disposición los trazados de líneas de multitensión.

5.7.5 Cruces de líneas de tensión eléctrica reducida y líneas eléctricas

- a. Los conductores de líneas eléctricas de transporte aéreas deberán pasar por encima de las líneas de tensión reducida, y los trazados deberán, cortarse en un ángulo superior a 15°.
- b. No se permiten los cruces de conductores de líneas de alta tensión de más de 23 kV y de conductores de tensión reducida sobre soportes comunes.
- c. El cruce deberá hacerse en las proximidades de uno de los soportes de la línea superior, salvo que las condiciones en terreno no lo permitan.
- d. La distancia horizontal entre los conductores de tensión reducida y los conductores o soportes de la línea eléctrica de transporte aérea que estén más cercanos deberá ser por lo menos igual a la calculada de acuerdo a lo señalado en el punto 5.4 del Pliego RPTD N°07.
- e. La distancia vertical mínima entre los conductores más cercanos de líneas eléctricas de transporte aéreas y líneas de tensión reducida que se cruzan no deberá ser inferior a los siguientes valores para las líneas eléctricas de transporte:
 $1,80 \text{ m} + 0,01 \text{ m por kV}$
- f. Si la distancia entre el punto de cruce y la estructura más cercana de la línea superior es mayor de 50 m, la distancia indicada en la letra e. anterior, se aumentará en 0,003 m por cada metro de exceso sobre 50 m.
- g. La distancia indicada en la letra e anterior se determinará para las condiciones de flecha máxima en el conductor superior, es decir, para la temperatura máxima de diseño de la línea, y para el conductor inferior se considerará éste a una temperatura de 15° C y sin sobrecarga (sin considerar la acción del viento ni del hielo).

5.7.6 Paralelismos de líneas eléctricas aéreas entre sí

- a. Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de energía eléctrica a distancias inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto entre las trazas de los conductores más próximos. Se exceptúan de la anterior prescripción las zonas de acceso a centrales generadoras y estaciones transformadoras.
- b. La distancia mínima entre los conductores más cercanos de las dos líneas no deberá ser inferior a aquella que se señala en el punto 5.4 del Pliego RPTD N°07.
- c. En todo caso, para determinar la separación horizontal entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, se debe tomar como referencia la línea eléctrica de mayor tensión entre las dos. La distancia de separación horizontal entre los conductores contiguos más cercanos de las líneas paralelas no deberá ser inferior a:
1 metro, si la línea de referencia es de Baja Tensión.
2 metros, si la línea de referencia es de Media Tensión
3 metros, si la línea de referencia es de Alta Tensión o de una tensión superior.
- d. La distancia entre conductores deberá verificarse para las condiciones de flecha máxima y mínima en la combinación más crítica.

5.7.7 Cruces de líneas eléctricas aéreas entre sí

- a. Los cruces entre líneas eléctricas deberán ejecutarse en tramo libre de estructuras.
- b. Los cruces sobre soportes comunes de líneas eléctricas se permiten cuando el cruce en tramo libre de estructuras presenta dificultades técnicas y si los soportes comunes no sufren por ese hecho una sobrecarga superior a la capacidad mecánica admisible.
- c. En los cruces de líneas eléctricas aéreas, la distancia horizontal que deberá mantenerse entre los conductores de la línea inferior y las partes más cercanas de los soportes de la línea superior deberá cumplir lo establecido en el punto 5.2 del Pliego RPTD N°07. En todo caso no podrá ser inferior a lo siguiente:

$1,5 + \frac{F}{\sqrt{2}}$ m, si la línea inferior es una línea de baja tensión.

$1,5 + \frac{F}{\sqrt{2}} + \frac{kV}{170}$ m, si la línea inferior es de transporte.

Para este efecto, F representa la flecha aparente, medida en el punto de cruce de los conductores de la línea inferior sin sobrecarga (sin viento y sin hielo) y a la temperatura del conductor en condiciones de operación normal máxima; kV representa la tensión nominal de la línea inferior en kV.

- d. Los cruces de líneas deberán establecerse en la proximidad de uno de los soportes de la línea superior.
- e. La distancia vertical entre los conductores más cercanos de las líneas eléctricas que se cruzan en tramos libres deberá cumplir lo establecido en el punto 5.4 del Pliego RPTD N°07; en todo caso, no podrá ser inferior a lo siguiente:

1 m, si se trata de conductores de baja tensión.

$1,5 + \frac{kV_s + kV_i}{170}$ m, si alguna de las líneas es de transporte.

Donde kV_s y kV_i son las tensiones nominales de la línea superior e inferior respectivamente, medidos en kV.

Si la distancia entre el punto de cruce y la estructura más cercana de la línea superior es mayor de 50 m, las distancias indicadas aumentarán en

0,3 cm por cada metro en exceso sobre 50.

Las distancias indicadas en el párrafo anterior deberán cumplirse para las siguientes condiciones:

- i. Flecha máxima en el conductor superior; para el conductor inferior se considerará éste a una temperatura de 15° C y sin sobrecarga (sin considerar la acción del viento ni del hielo).
- ii. Para los conductores de ambas líneas en condiciones de temperatura mínima de cálculo, considerando, cuando corresponda, la acción del hielo. Para la verificación de distancia mínima al cable de guardia se considerará $KVi = 0$.

5.7.8 Cruces y paralelismos de líneas eléctricas con ferrocarriles.

- a. Las líneas eléctricas y sus soportes no deberán estorbar el gálibo del espacio libre del ferrocarril, ni tampoco perturbar la visibilidad de la vía y de sus señales.
- b. La disposición del punto 5.8.3 se aplica a las líneas que crucen las vías férreas.
- c. Las líneas aéreas de transporte deberán cruzar las vías férreas siguiendo su trazado y en su vano, no sobrepase de 100 m. Excepto en aquellos casos que técnicamente no se pueda cumplir dicho valor.
- d. Los tramos de las líneas aéreas de transporte no tendrán limitación de longitud cuando estén constituidas por conductores cableados de 3 o más hebras y cuando cada conductor tenga una sección igual o superior a 30 mm², si es cobre. Si es de otro metal o aleación, deberá tener una sección que dé una resistencia a la ruptura por lo menos igual a aquella de un conductor de cobre de 30 mm².
- e. El coeficiente de seguridad del cruce, calculado de acuerdo con las disposiciones aplicables del punto 5.12 será por lo menos igual a 3 para los soportes y espigas de los aisladores y para los conductores.
- f. Las fundaciones de los soportes deberán resistir el volcamiento con un coeficiente de seguridad de 1,5 y deberán ser proyectadas de acuerdo con la naturaleza del terreno.
- g. En los cruces de vías férreas los conductores de líneas aéreas de distribución y transporte deberán tener por lo menos una resistencia equivalente a la sección y tensión mecánica de ruptura establecida en el punto 5.3 del Pliego RPTD N°04

5.7.9 Cruces de líneas eléctricas con ferrocarril que tiene línea aérea de contacto

- a. Los pasos de líneas eléctricas por encima de la faja de los ferrocarriles, cuya tensión de servicio de la línea de contacto es igual o superior a 1.500 V, están prohibidos, salvo cuando se trata de las siguientes situaciones:
 - i. Líneas aéreas de transporte de alta y extra alta tensión.
 - ii. Líneas aéreas de distribución cuyos conductores, en caso de ruptura, no pueden tocar las líneas de contacto.
 - iii. Cables fijados a puentes u otras estructuras que pasan por encima de la vía.
- b. Cuando se trata de ferrocarriles, tranvías o trolebuses de una tensión inferior a 1.500 V, las líneas aéreas de toda clase de tensión pueden ser conducidas por encima de la vía.
- c. Para determinar la distancia vertical mínima entre las líneas de servicio de los ferrocarriles y los conductores que pasan por encima, se aplicarán por analogía las disposiciones de los puntos 5.7.7, letra e) del presente Pliego. Sin embargo, se deberá mantener entre las líneas de contacto de una tensión igual o superior a 1.500 V y los conductores de líneas de transporte que pasan por encima, una distancia vertical de por lo menos 2 m.

5.7.10 Cruces de líneas eléctricas con ferrocarril que no tiene línea aérea de contacto

- a. Las líneas aéreas de cualquier tipo pueden pasar por encima de las vías férreas, pero los cruces deberán ser tan poco numerosos como sea posible.
- b. Los conductores deberán estar a una altura de por lo menos 7 m por encima del nivel superior de los rieles.
- c. Los soportes de las líneas aéreas colocadas a ambos lados del cruce deberán estar tan cerca como sea posible del límite de la faja de la vía férrea, sin que su distancia al borde exterior del riel más cercano pueda ser inferior a 6 m. Además, los conductores deberán colocarse a una distancia horizontal del conductor de líneas eléctricas o de tensión reducida preexistentes más cercano que sigue a lo largo de la vía, igual a los dos tercios de la separación de los conductores, sin que esta distancia pueda ser inferior a 2 m.
- d. Los soportes metálicos de la línea aérea en el cruce deberán conectarse a tierra.
- e. En los cruces, las líneas eléctricas deberán atravesar la faja de los ferrocarriles, en lo posible, en la zona más angosta.
- f. La amarra de los conductores a los aisladores de los soportes que limitan el cruce deberá ser hecha de modo que los conductores no deslicen en el caso de cortadura en un tramo vecino.
- g. En todo caso, las distancias entre los conductores y el nivel superior de los rieles, especificadas en los puntos 5.8.9 c) y 5.8.10 b), deberán mantenerse aun en el caso de cortadura de los conductores a ambos lados del tramo de cruce.
- h. Los soportes de cruces de líneas aéreas de transporte que atraviesan ferrocarriles deberán colocarse, en general, a una distancia tal de la vía que, aún en caso de caída, ellos no estorben el gálibo del espacio libre del ferrocarril.

5.7.11 Cruces de líneas aéreas con andariveles

- a. Los cruces entre líneas eléctricas aéreas e instalaciones de andariveles no están permitidos.
- b. Cuando no se pueda evitar un cruce con una instalación de andarivel, la línea eléctrica deberá ser subterránea.

5.8 Condiciones geográficas y meteorológicas

5.8.1. Para el diseño de las líneas de transporte, se considerará la región en que éstas se encuentran ubicadas, de acuerdo a la siguiente división del país:

a. ZONA I:

Comprenderá en general las zonas ubicadas a una altura en metros sobre el nivel del mar superior a la dada por Tabla N° 1.

TABLA N° 1

| Entre los paralelos de | ALTITUD (m) |
|-------------------------------|--------------------|
| Puerto Montt y Los Ángeles | 600 |
| Los Ángeles y La Serena | 1.000 |
| La Serena y Copiapó | 1.500 |
| Al Norte de Copiapó | 2.000 |

b. ZONA II

Comprenderá en general una faja costera de 20 km de ancho, entre los paralelos de Tongoy y Puerto Montt.

c. ZONA III

El resto del país al norte del paralelo de Puerto Montt.

d. ZONA IV

El resto del país al sur del paralelo de Puerto Montt.

La representación gráfica de las zonas se observa en el Anexo 11.1.

5.8.2. Las condiciones meteorológicas mínimas que se considerarán en cada zona señalada en la disposición anterior son las indicadas en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2

| Zona | Presión de viento en conductor kg/m² | Temperatura ambiente ° C |
|-------------|--|---------------------------------|
| Zona II | 50 | 5 |
| Zona III | 40 | 10 |

5.8.3. Las presiones de viento señaladas en el punto 5.8.2 se consideran constantes hasta una altura promedio del punto de fijación de los conductores, h_c , de 50 metros sobre el nivel del terreno donde está ubicada la estructura; y para alturas de la estructura, medida entre el nivel del terreno y la punta del canastillo del cable de guardia de hasta 50 m.

- 5.8.4. Para alturas promedio del punto de fijación de los conductores h_c , mayores a 50 m, las presiones de viento de la tabla N°2 deberán ser amplificadas por el factor G_c que, dependiendo de la zona, se calculará como sigue:

$$\text{Zona II: } G_c = 0,2914 \times \text{Ln } |h_c| + 1,0468$$

$$\text{Zona III: } G_c = 0,4936 \times \text{Ln } |h_c| + 0,9124$$

Donde Ln es la función logaritmo natural.

Para estructuras con alturas superiores a los 50 m señalados en el punto 5.8.3, se deberá determinar el valor de la presión de viento a considerar mediante un estudio, el cual deberá considerar al menos la amplificación del viento por altura.

- 5.8.5. Las presiones de viento señaladas en el punto 5.8.2 se deberán considerar actuando en forma simultánea con la temperatura ambiente correspondiente.
- 5.8.6. Los valores señalados en este apartado no representan condiciones meteorológicas que se apliquen para la totalidad de los casos, debiendo verificarse su validez para las condiciones particulares de la línea de transporte o parte de ella, o establecer si se deberán considerar valores más exigentes.
- 5.8.7. Para las Zonas I y IV, se deberán tomar en cuenta las siguientes disposiciones:

Para el diseño de las instalaciones se deberá presentar un estudio, que contenga, al menos, la siguiente información:

- i. Estudio climático y meteorológico de la zona del trazado de la línea.
- ii. Determinación de escenarios meteorológicos extremos a los que se verá sometido el proyecto.
- iii. Zonificación meteorológica del trazado de la línea y puntos singulares.
- iv. Determinación de las distintas solicitaciones meteorológicas, tales como temperatura, carga de viento y hielo, a las que estarán sometidos los distintos tramos y puntos singulares de la línea.
- v. Definición de escenarios meteorológicos de cargas, que incluya diferentes combinaciones de cargas, conforme a la climatología chilena.
- vi. Determinación del riesgo de tormentas eléctricas del proyecto.

5.9 Estructuras de soporte

- 5.9.1. Las estructuras de soporte podrán ser metálicas reticuladas, postes metálicos, postes de hormigón u otro tipo de material que cumpla con los esfuerzos mecánicos requeridos.
- 5.9.2. Las estructuras de soporte portante o de suspensión deberán resistir sólo esfuerzos mecánicos en la dirección de la línea. Se les emplea normalmente en alineaciones rectas y ocasionalmente en puntos con ángulos pequeños.
- 5.9.3. Los anclajes deberán ser capaces de resistir esfuerzos mecánicos en la dirección de la línea o en distintas direcciones, para dividir ésta en sectores mecánicamente independientes.

5.10 Solicitaciones estructurales

- 5.10.1. Para efectos del cálculo de las solicitaciones estructurales que se señalan a continuación, se considerará lo siguiente:

- a. Los cables de tierra y mensajeros se tratarán para estos efectos como si fueran conductores.
 - b. Una fase podrá estar compuesta por un sólo conductor o por un haz de conductores.
 - c. La tensión normal se considerará a una temperatura de 15° C.
 - d. Tensión máxima.
 - e. Sin sobrecarga, es decir, sin considerar la acción del viento ni del hielo.
- 5.10.2. La tensión mecánica máxima que se admitirá en los conductores de una línea aérea será 50 % de la tensión de ruptura del conductor.
- 5.10.3. Para las condiciones climáticas donde se considere la presencia de manguito de hielo, la tensión mecánica máxima que se admitirá en los conductores de una línea aérea podrá ser mayor a lo señalado en el punto 5.10.2, pero no mayor al 70 % de la tensión de ruptura del conductor.
- 5.10.4. En general, las solicitaciones que deberán considerarse en el diseño de una línea de transporte aérea, son las siguientes:
- a. Viento máximo.
 - b. Ángulo.
 - c. Cortadura de conductor.
 - d. Desequilibrio de tensiones mecánicas en conductor.
 - e. Tendido de conductores.
 - f. Remate.
 - g. Montaje y mantenimiento.
 - h. Hielo máximo.
 - i. Desequilibrio por hielo.
 - j. Torsión por hielo.
- 5.10.5. Debido a que las solicitaciones sísmicas son proporcionales al peso de la estructura, en el caso del diseño de las estructuras y fundaciones de líneas de transporte, las solicitaciones sísmicas son considerablemente menores que las solicitaciones debido al peso y tensión mecánica de los conductores. Por esta razón, no es necesario incluir las solicitaciones sísmicas en el diseño de estas estructuras.
- 5.10.6. Para cada una de las solicitaciones señaladas en el punto 5.10.4, se deberán considerar actuando simultáneamente las siguientes solicitaciones de peso:
- a. Peso propio de la estructura y todos los elementos ligados a ella en forma permanente.
 - b. Peso debido al conductor de acuerdo con el tramo virtual que descarga sobre la estructura de soporte.
 - c. Peso debido al manguito de hielo sobre el conductor de acuerdo con el tramo virtual que descarga sobre la estructura de soporte.
 - d. Peso debido al manguito de hielo sobre la estructura.
 - e. Para los casos c y d se considerará un peso específico de 0,9 gr/cm³ para el hielo.

5.11 Solicitación de viento

- 5.11.1. Presión del viento perpendicular a la línea actuando sobre el soporte, crucetas, aisladores y otros elementos. Sobre los conductores actuando en los dos semivanos contiguos.
- 5.11.2. Presión del viento paralelo a la línea actuando sobre el soporte, crucetas, aisladores y otros elementos. Sobre los conductores, igual a ¼ de la presión

del viento sobre los conductores, calculados según lo indicado en el punto 5.11.1.

5.11.3. Presión del viento a 45° con respecto al eje de la estructura actuando sobre el soporte, crucetas, aisladores y otros elementos. Sobre los conductores, igual a lo calculado en los puntos 5.11.1 y 5.11.2, considerando la presión de viento proyectada perpendicular a la línea.

5.11.4. La presión de viento deberá considerarse aplicada en cada uno de los conductores que conforman la fase y sin considerar reducción por efecto de apantallamiento en caso de un haz de conductores.

5.11.5. La presión de viento sobre los conductores será la obtenida según lo señalado en el punto 5.8.

5.11.6. La presión de viento sobre la cadena de aisladores será la presión de viento sobre el conductor amplificada por el factor 1,2. En caso de varias cadenas de aisladores en una fase, se considerará que el viento sobre dicha fase está actuando en cada una de las cadenas.

5.12 Solicitaciones de viento sobre la estructura

El cálculo de las solicitaciones de viento sobre la estructura se hará de acuerdo a las siguientes disposiciones:

5.12.1. La fuerza de viento actuando sobre la estructura se calcula como:

$$F_z = G_t \cdot C_f \cdot q_c \cdot A_f$$

Donde:

G_t = Factor de efecto de turbulencia para la estructura.

C_f = Factor de forma, que depende del tipo de estructura.

q_c = Presión de viento sobre el conductor, de acuerdo a lo señalado en el punto 5.8.

A_f = Área de los elementos de una cara, proyectada perpendicular a la dirección del viento.

5.12.2. El factor de efecto de turbulencia para la estructura G_t es de:

a. 1,0 para postes de hormigón.

b. 1,0 para postes de sección circular o tubular con diámetro menor a 50 cm.

c. 1,2 para postes de sección circular o tubular con diámetro desde 50 cm.

d. 1,25 para estructuras reticuladas de sección cuadrada o rectangular.

5.12.3. El factor de forma C_f para estructuras no reticuladas es de:

a. 2,0 para postes de hormigón.

b. 1,4 para postes tubulares poligonales de hasta 8 lados.

c. 1,0 para postes circulares y postes tubulares poligonales de más de 8 lados.

5.12.4. El factor de forma C_f para una estructura reticulada de sección cuadrada o rectangular se calcula como:

$$C_f = 4.0 \cdot e^2 - 5.9 \cdot e + 4.0$$

Donde:

$e = A_f / A_g$ = factor de solidez

A_g = Área bruta de una cara de la torre para el segmento de análisis.

El cálculo de C_f señalado en este punto toma en cuenta ambas caras de la estructura reticulada.

5.12.5. Para estructuras ubicadas en Zona I y Zona IV, según definición del punto 5.8, el cálculo de Af deberá considerar la sección aumentada por el manguito de hielo, cuando corresponda.

5.13 Solicitación de ángulo

5.13.1. Corresponde a las fuerzas horizontales (transversales y longitudinales según los ejes de la estructura), actuando en los puntos de suspensión o de anclaje de los conductores y en el punto de sujeción del cable de guardia, respectivamente.

5.13.2. El valor y dirección de estas fuerzas serán los mismos que los resultantes de las tensiones mecánicas finales de los conductores y del cable de guardia no cortados de ambos vanos adyacentes a la estructura.

5.14 Solicitación de cortadura del conductor

5.14.1. Esta carga se producirá por efecto de conductores o del cable de guardia cortados en un mismo vano adyacente a la estructura.

5.14.2. Consistirá en fuerzas horizontales, en la dirección del vano, aplicadas en el punto de suspensión o de anclaje de los conductores y en el punto de sujeción del cable de guardia respectivamente.

5.14.3. La solicitud de cortadura se considerará actuando de manera simultánea en 1/3 de las fases o en el canastillo, en la combinación que produzca la solicitud más desfavorable en cada elemento de la estructura de soporte.

5.14.4. Para estructuras de 3 ó más circuitos, se considerará aplicada de manera simultánea en 2 canastillos, 1 canastillo cualquiera más 1 fase cualquiera ó 2 fases cualesquiera, tomando la combinación que produzca la solicitud más desfavorable en cada elemento de la estructura de soporte.

5.14.5. El diseño de las estructuras deberá considerar simultáneamente la flexión en elementos horizontales debido a operarios sobre éstas, durante las faenas de reparación.

5.14.6. Para líneas ubicadas en Zonas II y III, según lo señalado en el punto 5.8, el valor de estas fuerzas se deberá calcular de acuerdo a la Tabla N° 3.

TABLA N° 3

| Estructura | Conductores | Cable de Guardia |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|
| Suspensión | $n1 \cdot k \cdot T_n$ | T_n |
| Anclaje y Remate | $n \cdot T_{m\acute{a}x}$ | $T_{m\acute{a}x}$ |

Donde:

n = número de conductores que conforman la fase.

$n1$ = número mínimo de conductores que se deberán considerar cortados en una estructura de suspensión.

T_n = tensión normal de cada conductor.

$T_{m\acute{a}x}$ = tensión máxima de cada conductor.

k = factor de reducción de la solicitud de cortadura sobre la estructura de soporte de suspensión.

k = 0,7 cuando existan elementos que tienden a reducir el esfuerzo de cortadura, tales como grampas deslizantes, crucetas móviles, desviación de la cadena.

$k= 1,0$ en otro caso.

5.14.7. Para estructuras de suspensión con hasta 2 conductores por fase, n_1 será igual a 1. Para estructuras de suspensión desde 3 conductores por fase, n_1 corresponderá como mínimo al 50% de los conductores del haz; en caso de un haz conformado por un número impar de conductores, se deberá considerar el número entero superior.

5.14.8. Para líneas ubicadas en zonas donde ocurra la acción simultánea de viento y hielo, es decir, Zonas I y IV según el punto 5.8, se deberá definir cuáles serán las tensiones mecánicas a considerar, las que en ningún caso serán menores a las señaladas en 5.15.6.

5.15 Solicitación de desequilibrio por tensiones mecánicas en conductor

5.15.1 Ocurre en estructuras de anclaje y representa la diferencia de las tensiones mecánicas de los conductores y del cable de guardia de ambos vanos adyacentes a la estructura.

5.15.2 Se deberá calcular como fuerzas horizontales, actuando hacia un mismo vano adyacente a la estructura, aplicadas en los puntos de anclaje de los conductores y en el punto de sujeción de cada cable de guardia respectivamente.

5.15.3 El valor de estas fuerzas se deberá calcular de acuerdo a lo siguiente:

a. 50% de la tensión mecánica del conductor para la condición de viento máximo sin hielo (Zonas II y III).

b. Para líneas ubicadas en zonas donde ocurra la acción simultánea de viento y hielo, es decir, Zonas I y IV según el punto 5.8, se deberá definir cuál será el valor de la tensión mecánica a considerar, las que en ningún caso serán menores a las señaladas en la letra a) anterior.

5.16 Solicitación de Remate

5.16.1 Se deberá calcular como fuerzas horizontales, en la dirección del vano, actuando hacia un mismo vano adyacente a la estructura, aplicadas en los puntos de anclaje de las fases y del cable de guardia respectivamente.

5.16.2 El valor de estas fuerzas se deberá calcular de acuerdo a lo siguiente:

a. 100% de la tensión mecánica del conductor para la condición de viento máximo sin hielo (Zonas II y III).

b. 100% de la tensión mecánica del conductor para la condición de viento con hielo (Zonas I y IV).

Estas fuerzas se considerarán aplicadas simultáneamente desde uno hasta el total de las fases y del cable de guardia del mismo vano, en todas las combinaciones posibles.

5.17 Solicitación de Tendido de Conductores

5.17.1 Esta solicitud deberá considerar los esfuerzos derivados del empleo de las estructuras de anclaje como remate provisorio.

5.17.2 Para la instalación del primer circuito, se deberá considerar el remate del cable de guardia y remate desde uno hasta el total de los conductores pertenecientes a cada una de las fases a instalar, correspondientes a un vano adyacente a la estructura, y considerando que todos o ninguno de los conductores y el cable de guardia de esta fase, pertenecientes al otro vano adyacente a la estructura, están rematados a ella.

5.17.3 Para la instalación de los siguientes circuitos, se deberá considerar el remate del cable de guardia (si hubiera más de uno) y remate de los conductores como lo señalado en el punto anterior, considerando que el cable de guardia y conductores del circuito anterior están completamente instalados en la estructura.

5.17.4 El cálculo de las solicitaciones sobre la estructura deberá realizarse en concordancia con el procedimiento de tendido propiamente tal que se llevará a cabo en terreno.

5.18 Solicitación de Montaje

El diseño de las estructuras deberá considerar las condiciones de montaje, tales como fijación de elementos en las crucetas, flexión en elementos que formen un ángulo menor a 45° con respecto a la horizontal, debido a operarios subidos en la estructura, u otras consideraciones.

5.19 Solicitación de Mantenimiento

El diseño de las estructuras deberá considerar las condiciones de mantenimiento, tales como:

5.19.1 Sobrecarga vertical

Consistirá en cargas verticales de valor igual al peso de los conductores por fase o igual al peso del cable de guardia, aplicadas en los puntos de suspensión o anclaje de los conductores y en el punto de sujeción del cable de guardia, respectivamente.

Esta sobrecarga se deberá considerar aplicada a la estructura actuando de la siguiente manera:

- a. Sobre un cable de guardia y una fase cualquiera.
- b. Sobre dos fases cualesquiera.

5.19.2 Desequilibrio en torres de suspensión

Estas fuerzas representan las componentes de la tensión mecánica de los conductores y del cable de guardia, que pueden aparecer durante el montaje o reparación, y deberán considerarse aplicadas en la dirección del vano, en todas las combinaciones posibles, desde una hasta el total de fases y cables de guardia, con un valor correspondiente a 0,15 de la tensión normal.

5.20 El diseño de las estructuras deberá considerar simultáneamente con esta solicitud de mantenimiento, la flexión en elementos horizontales debido a operarios subidos a ésta.

5.21 Solicitación de hielo máximo

5.21.1 Consistirá en cargas verticales iguales al peso del manguito de hielo máximo formado sobre los conductores y cable de guardia, según corresponda, empleando para su cálculo el vano de peso correspondiente, aplicadas en los puntos de suspensión o de anclaje de los conductores y en el punto de sujeción del cable de guardia, respectivamente.

5.21.2 Esta solicitud se considerará aplicada a la estructura en todos los conductores y en el cable de guardia simultáneamente.

5.22 Solicitación de desequilibrio por hielo y torsión por hielo

5.22.1 La acumulación desigual de hielo genera solicitaciones de desequilibrio y de torsión.

5.22.2 La aplicación de estas solicitaciones se realizará de acuerdo con lo señalado en la norma IEC 60826.

5.23 Otras solicitaciones

Deberán considerarse en el diseño otro tipo de solicitaciones según sean las particularidades de cada situación.

5.24 Galloping y SleetJump

El diseño de líneas ubicadas en Zonas I y IV, según el punto 5.8, deberá tomar en cuenta la presencia de los fenómenos de Galloping y de SleetJump.

5.25 Solicitaciones mínimas a considerar en el diseño de soportes portantes o de suspensión

5.25.1 Viento máximo más ángulo: En caso de ser estructuras en recta, se deberá considerar como mínimo 1° de deflexión.

5.25.2 Los esfuerzos provocados por la cortadura de conductores se tomarán en cuenta según sea la importancia de la línea.

5.25.3 Montaje y mantenimiento.

5.25.4 Hielo máximo, desequilibrio por hielo y torsión por hielo.

5.26 Solicitaciones mínimas a considerar en el diseño de soportes de anclaje

5.26.1 Viento máximo más ángulo: En caso de ser estructuras en recta, se deberá considerar como mínimo 1° de deflexión.

5.26.2 Cortadura de conductor: Estructuras de soporte en postes de hormigón deberán considerar tirantes en su diseño, para tomar en cuenta este tipo de sollicitación.

5.26.3 Desequilibrio de tensiones mecánicas en conductor.

5.26.4 Tendido de conductores.

5.26.5 Montaje y mantenimiento.

5.26.6 Hielo máximo, desequilibrio por hielo y torsión por hielo.

5.27 Solicitaciones mínimas a considerar en el diseño de soportes de remate

5.27.1 Viento máximo más remate.

5.27.2 Montaje y mantenimiento.

5.27.3 Hielo máximo, desequilibrio por hielo y torsión por hielo.

5.28 Diseño de estructuras de soporte

5.28.1 Las estructuras de soporte deberán diseñarse considerando su naturaleza espacial y de acuerdo a lo indicado en las normas chilenas aplicables. En caso que dichas normas no existan o no apliquen, se considerarán normas internacionales emitidas por organismos reconocidos, tales como: American Society of Civil Engineers (ASCE), International Electrotechnical Commission (IEC), u otro equivalente.

5.28.2 Las estructuras de soporte deberán considerar en sus diseños la elección de materiales y/o sistemas de protecciones adecuados para las condiciones de contaminación y/o corrosión ambientales donde se ubicará la línea; especial atención se deberá tener en cuenta en zonas con ambientes salinos importantes, tales como zonas costeras y zonas interiores en el norte del país. La elección de materiales y sistemas de protección deberá hacerse en concordancia con las condiciones de mantenimiento que tendrá la línea.

5.28.3 Las estructuras que se encuentren en bordes de caminos, calles y plazas públicas, deberán instalarse de manera que no queden expuestos a los daños que puedan producir los vehículos, así como no deberán obstruir la circulación de éstos.

5.28.4 La resistencia de cada elemento de la estructura de soporte deberá verificarse para la hipótesis de cálculo más desfavorable de las indicadas en el punto 5.12, para cada tipo de soporte.

5.28.5 Estructuras metálicas reticuladas

a. Son estructuras de sección cuadrada o rectangular, conformadas por perfiles angulares laminados.

b. Los espesores de diseño de estas estructuras no serán menores a 5 mm

para elementos principales, como cantoneras y cuerdas inferiores de crucetas, ni a 3 mm para otros elementos. Las planchas de conexión no serán de espesor menor a 5 mm.

- c. No se emplearán pernos de un diámetro inferior a 12 mm.
- d. Los soportes ubicados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas no autorizadas a la instalación eléctrica es frecuente, se deberá disponer de las medidas oportunas para dificultar su escalamiento hasta una altura mínima de 2,5 m.
- e. Las estructuras metálicas reticuladas podrán ser autosoportantes o atirantadas.

5.28.6 Postes metálicos

- a. Son postes cuyo cuerpo podrá ser fabricado con tubos laminados sin costura o simplemente lámina de acero doblada (forma poligonal), cuya unión deberá hacerse mediante soldadura. La forma del cuerpo podrá ser cónica o cilíndrica.
- b. La soldadura deberá ser realizada mediante soldadores calificados y no deberá presentar ningún tipo de fisura en su interior o exterior.

5.28.7 Postes de hormigón

- a. Serán, preferentemente, del tipo armado vibrado, respondiendo los tipos y características señaladas en las normas nacionales o internacionales pertinentes.
- b. Se deberá prestar también particular atención a todas las fases de manipulación en el transporte y montaje, empleando los medios apropiados para evitar el deterioro del poste.
- c. Cuando se empleen apoyos de hormigón, en suelos o aguas que sean agresivos al mismo, deberán tomarse las medidas necesarias para su protección.
- d. Los postes de hormigón armado deberán calcularse de manera que resistan los esfuerzos provenientes de la hipótesis de cálculo más desfavorable, con un coeficiente de seguridad igual a 2 con respecto a la ruptura.
- e. Si el soporte contiene elementos estructurales de acero, como crucetas, extensiones, etc., se aplicarán a éstos las disposiciones sobre soportes de acero. Se exceptúan los tirantes, para los cuales regirá lo indicado en el punto 5.29.9.
- f. Las disposiciones anteriormente mencionadas, regirán para el cálculo de los soportes formados por postes de hormigón armado de longitud de hasta 18 m.

5.28.8 Disposiciones particulares para el diseño de estructuras de soporte, o partes de ellas, constituidas por elementos de acero estructural al carbono

- a. Las estructuras de soporte deberán calcularse de tal manera que completas resistan, sin que se presenten deformaciones permanentes en ninguno de sus elementos, por lo menos las sollicitaciones provocadas por la hipótesis de cálculo más desfavorables de acuerdo a lo señalado en el punto 5.11, multiplicadas por el correspondiente "factor de mínima sobrecarga" que se indica en la Tabla N° 4.

TABLA Nº 4

| | Factor de mínima sobrecarga |
|---|-----------------------------|
| En condiciones normales (Viento máximo, ángulo, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor en torres de anclaje, remate) | 1,5 |
| Hielo máximo, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor para viento con hielo, remate para viento con hielo | 1,4 |
| En condiciones eventuales (cortadura de conductores, mantenimiento, montaje, tendido, desequilibrio de hielo, torsión por hielo) | 1,2 |

El factor anterior significa que si la estructura completa fuera ensayada, sometiéndola a las cargas de cálculo multiplicadas por dicho factor, ningún elemento de la estructura quedaría fatigado más allá del límite de fluencia del material.

- b. Las estructuras de soportes de acero, incluyendo las partes de la fundación que queden sobre el suelo, deberán construirse de tal manera que todas las partes sean accesibles para inspección, limpieza y pintado, de modo que no queden cavidades en las que pueda acumular agua, lluvia o anidar pájaros.
- c. Las estructuras de soportes de acero y en general todas las partes de acero, deberán ser protegidas mediante galvanización, pintura u otros tratamientos que retarden en forma efectiva la corrosión. Tales protecciones deberán mantenerse en forma adecuada.

5.28.9 Tirantes

Para cumplir con los requisitos de resistencia de las estructuras de soporte se podrá recurrir al uso de tirantes, en cuyo caso éstos deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Los tirantes deberán ser cables de acero galvanizado, o de otro material igualmente resistente a la corrosión. El diámetro mínimo será 3/8".
- b. El conjunto formado por el tirante y sus elementos de fijación a la estructura y a la fundación anclada en el suelo, deberá calcularse para que resistan los esfuerzos transmitidos por la hipótesis de cálculo más desfavorable, con un coeficiente de seguridad por lo menos igual a 2,0 tanto en condiciones normales como en condiciones eventuales, considerando cargas no amplificadas por los factores señalados en el punto 5.29.9.
- c. La capacidad resistente a rotura del cable del tirante y sus elementos de sujeción deberá ser garantizada mediante certificados de ensayos a tracción realizados a cada uno de los componentes.
- d. El anclaje al suelo deberá diseñarse de modo que resista al arrancamiento el esfuerzo del tirante con un factor de seguridad de 2,5.

- e. En el caso de estructuras de soporte conformadas por postes de hormigón armado u otros, capaces de deformarse antes de romperse, se considerará para el cálculo de los respectivos tirantes que los postes no contribuyen en absoluto a resistir las componentes horizontales en la dirección en que actúe el tirante.
- f. Los tirantes deberán estar provistos de mordazas o tensores adecuados para poder regular su tensión.
- g. En lugares frecuentados, los tirantes deberán estar convenientemente protegidos hasta una altura de 2 m sobre el terreno.

5.29 Fundaciones de líneas de transporte

- 5.29.1 Las fundaciones podrán ser dados y zapatas aisladas, dados y zapatas corridas, losas y plateas de fundación (radier), pilas, pilotes, ancladas en roca, u otras.
- 5.29.2 El diseño de las fundaciones deberá hacerse de acuerdo con los parámetros de diseño y recomendaciones señalados en el estudio de mecánica de suelos correspondiente.
- 5.29.3 El diseño de las fundaciones deberá considerar las siguientes sollicitaciones y sus combinaciones, según corresponda:
- 5.29.4 Compresión, corte, volcamiento uniaxial, volcamiento biaxial.
- 5.29.5 Tracción, corte, volcamiento uniaxial, volcamiento biaxial.
- 5.29.6 El diseño de las fundaciones deberá cumplir con los criterios de estabilidad general para compresión, volcamiento, deslizamiento y arrancamiento, de acuerdo a lo señalado en el punto 5.17.4 del Pliego RPTD N°10
- 5.29.7 Fundaciones en cuyo diseño se considera que el suelo colabora en la estabilidad de ésta, deberán construirse respetando las consideraciones utilizadas en el diseño para asegurar que se desarrolla dicha colaboración del suelo. En los planos de construcción de estas fundaciones deberán indicarse las especificaciones técnicas para ejecutar las excavaciones, el hormigonado y los rellenos correspondientes.
- 5.29.8 Los sistemas de anclaje de las estructuras a sus fundaciones deberán cumplir las siguientes disposiciones generales:
 - a. Los pernos de anclaje deberán ser de materiales dúctiles y con resiliencia o tenacidad garantizada mínima de 27 Joule, a la temperatura que defina el diseñador según sea la ubicación de la línea de transporte, pero en ningún caso será mayor a 0° C. Esta propiedad será medida en ensayos de impacto sobre probeta con entalle simplemente apoyada, de acuerdo a la norma NCh 926.
 - b. Los pernos de anclaje deberán considerar en su diseño la interacción tracción - corte.
 - c. Las barras de fundación o stub deberán ser de los mismos materiales que la estructura y deberán considerar en su diseño la colocación de anclas.

5.30 Apoyos en postes por terceros

Para los apoyos de terceros en postes de líneas de transporte aéreas, se aplicarán las mismas condiciones, exigencias y procedimientos señalados en el Pliego RPTD N°14.

6 Líneas de transporte subterráneas y subacuáticas

6.1 Condiciones generales

- 6.1.1 Este capítulo se aplica a todas las instalaciones eléctricas de transporte subterráneas y subacuáticas.
- 6.1.2 Se aplica a los cables, equipos y accesorios, en sistemas subterráneos o subacuáticos.
- 6.1.3 Las empresas propietarias de los cables deberán disponer de planos de ubicación y trazado de los mismos, en los que figuren las cotas y referencias suficientes para su posterior identificación. Estos planos deberán servir tanto para la identificación de posibles averías en los cables, como para poder señalarlos frente a obras de terceros.
- 6.1.4 Para las líneas de transporte subterráneas, se prohíbe la plantación de árboles y la construcción de edificios e instalaciones industriales en su franja de seguridad. Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías.

6.2 Materiales

6.2.1 Cables

Los cables a utilizar en las instalaciones de transporte subterránea y subacuática deberán cumplir con las disposiciones del punto 7 del Pliego RPGTD N°04.

Para instalaciones subacuáticas deberá considerarse, además, el uso de armaduras metálicas o protecciones mecánicas adicionales en los cables, con el fin de hacerlos resistentes a los esfuerzos mecánicos presentes en este medio.

6.2.2 Ductos y sistemas de ductos

- a. El material del ducto deberá ser resistente a la corrosión y adecuado para el ambiente previsto.
- b. Los materiales del banco de ductos, la construcción del ducto, o ambos, serán diseñados de tal manera que una avería en el cable instalado en el ducto, no dañe al banco de ductos, en la medida que pueda ocasionar daños a los cables en los ductos adyacentes.
- c. El interior de los ductos será liso, para facilitar la instalación o sustitución del cable o circuito averiado.
- d. El sistema de ductos subterráneos, incluyendo cámaras, será diseñado para soportar fuerzas externas a las cuales puede estar sometido, debido a las cargas superficiales.

6.2.3 Accesorios y terminales

- a. Los accesorios y terminales del cable estarán diseñados para resistir esfuerzos mecánicos, térmicos, ambientales y eléctricos esperados durante el período de operación.
- b. Los accesorios y terminales del cable estarán diseñados y contruidos para mantener la integridad estructural de los cables a los cuales son aplicados, y para resistir la magnitud y duración de la corriente de falla esperada durante el período de operación, salvo en la proximidad inmediata a la falla.

6.3 Intensidades de corriente admisibles

- 6.3.1 La selección de un cable se hará considerando que deberá asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad para soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un buen comportamiento ante las condiciones ambientales.
- 6.3.2 Las condiciones de uso de los distintos tipos de cables y la determinación de las capacidades de transporte admisibles, en las distintas formas de

disposición, subterráneas o subacuáticas, se regirán por las disposiciones establecidas en las normas IEC 60287-1-1, IEC 60287-1-2, IEC 60287-1-3, IEC 60287-2-1, IEC 60287-2-2, IEC 60287-3-1, IEC 60287-3-2, IEC 60287-3-3, en lo que corresponda.

6.3.3 Para cables sometidos a ciclos de carga, las intensidades máximas admisibles podrán ser superiores a las correspondientes en servicio permanente.

6.4 Aislación

6.4.1 Los extremos y uniones de los conductores aislados, a menos que sean protegidos de otra manera, tendrán un revestimiento de aislamiento equivalente al de las otras partes del conductor.

6.4.2 El aislamiento de los conductores, donde no cuenten con pantalla o cubierta metálica, deberá ser protegido contra daños, humedad y esfuerzo eléctrico excesivo.

6.5 Instalación de cables aislados

6.5.1 Condiciones generales

- a. Los cables podrán instalarse directamente enterrados, en ductos, canaletas, galerías, sujetos a pared y fondos acuáticos, con las condiciones que se establecen en esta sección del presente Pliego.
- b. La flexión del cable de poder durante su manipulación, instalación y operación deberá estar controlada a fin de evitar daños.
- c. Las tensiones de tracción y las presiones de superficie laterales en el cable de poder deberán limitarse a fin de evitar daños. Se deberán tener en cuenta las recomendaciones del fabricante como guía.
- d. Los ductos deberán estar limpios de material extraño que podría dañar el cable de poder durante las operaciones de tracción.
- e. Los lubricantes del cable no deberán ser perjudiciales para el cable o los sistemas de banco de ductos.
- f. En las pendientes o recorridos verticales, los cables deberán estar debidamente fijados.
- g. Los cables de transporte no deberán instalarse en el mismo ducto con cables de comunicación salvo los que sirven a la propia instalación eléctrica. En estos casos se debe evitar que exista posibilidad de inducción electromagnética en los cables de comunicaciones.
- h. En el diseño de los conductores o cables instalados en banco de ductos no metálico, se considerará la necesidad de una pantalla con puesta a tierra efectiva, una cubierta protectora exterior, o ambas.
- i. Se deberá considerar el radio de curvatura recomendado por el fabricante del cable de poder.
- j. Como parte del proyecto de tendido de los cables de poder deberá analizarse el realizar Cross-bonding de las pantallas, el realizar puesta a tierra en un extremo de la pantalla del cable de poder, uso de limitadores SVL o aterrizado en ambos extremos.

6.5.2 Instalación de cables directamente enterrados

- a. Para cables de enterramiento directo, el fondo de la zanja será una superficie firme, lisa, libre de discontinuidades y sin obstáculos. El cable se dispondrá a una profundidad mínima de 1 m respecto de la superficie del terreno.
- b. Cuando existan impedimentos que no permitan lograr las profundidades de la letra a anterior, éstas podrán reducirse, disponiendo protecciones mecánicas suficientes.
- c. La profundidad de instalación deberá aumentarse en los casos de cruces y paralelismos señalados en el punto 6.8.

- d. Para proteger los cables frente a excavaciones hechas por terceros, éstos deberán tener una protección mecánica que cubra el ancho ocupado por los mismos, así como una cinta de señalización que advierta la existencia de los cables eléctricos de A.T. Se acepta también la colocación de placas con doble misión de protección mecánica y de señalización.
- e. En canalizaciones con pendiente, la instalación debe hacerse de tal manera que no ocurran efectos de aluvión, que socave el terreno o los rellenos de arena.
- f. En caso de que los conductores tendidos directamente en tierra deban cruzar bajo una calzada o vereda, este cruce deberá hacerse a través de un ducto apropiado que cubra todo el tramo.
- g. Las uniones y derivaciones de los conductores tendidos directamente en tierra se harán en cámaras, mediante mufas o cajas de conexiones aprobadas, usando para ello los sistemas de uniones aprobados.

6.5.3 Instalación de cables en ductos

- a. La profundidad, hasta la parte superior del ducto más próximo a la superficie, no será menor de 0,6 m en acera o en tierra, ni de 0,8 m en calzada.
- b. El diámetro interior de los ductos no será inferior a una vez y media el diámetro exterior del cable o del diámetro aparente del circuito en el caso de varios cables instalados en el mismo ducto.
- c. No se instalará más de un circuito por ducto. Si se instala un solo cable unipolar por ducto, los ductos deberán ser de material no ferromagnético.
- d. La canalización deberá tener una señalización colocada de la misma forma que la indicada en el punto anterior, para advertir de la presencia de cables de transporte.
- e. La instalación de cables en ductos deberá cumplir con lo indicado en los puntos 6.5 y 6.7 del Pliego RPTD N°13.

6.5.4 Instalación de cables en galerías

- a. Las galerías serán de hormigón armado o de otros materiales de rigidez, estanqueidad y duración equivalentes. Se dimensionarán para soportar la carga de tierras y pavimentos situados por encima y las cargas del tránsito que corresponda.
- b. Las paredes deberán permitir una sujeción segura de las estructuras de soporte de los cables.
- c. Las galerías en que pueden circular personas, se usarán preferentemente sólo para instalaciones eléctricas de potencia y cables de control y comunicaciones. En ningún caso podrán coexistir en la misma galería instalaciones eléctricas e instalaciones de gas o líquidos inflamables.
- d. Las galerías visitables dispondrán de pasillos de circulación de 0,6 m de ancho y 1,8 m de altura, ambas dimensiones como mínimo.
- e. Los accesos a la galería deberán quedar cerrados de forma que se impida la entrada de personas ajenas al servicio, pero que permita la salida al personal que esté en su interior. Para evitar la existencia de tramos de galería con una sola salida, deberán disponerse de accesos en las zonas extremas de las galerías.
- f. La ventilación de las galerías será suficiente para asegurar que el aire se renueve, a fin de evitar acumulaciones de gas y condensaciones de humedad y contribuir a que la temperatura máxima de la galería sea compatible con los servicios que contenga. La temperatura en el interior de la galería no deberá ser superior a 50° C, lo cual se tendrá en cuenta para determinar la intensidad admisible en servicio permanente del cable.
- g. Los suelos de las galerías deberán tener la pendiente adecuada y un sistema de drenaje eficaz, que evite la formación de charcos.
- h. Las galerías de longitud superior a 400 m, además de las disposiciones anteriores, dispondrán de iluminación fija y de accesos de personal cada 400 m como máximo y alumbrado de señalización.

- i. Los cables se dispondrán de forma que su trazado sea recto y procurando conservar su posición relativa con los demás. Las entradas y salidas de los cables en las galerías se harán de forma que no dificulten ni el mantenimiento de los cables existentes ni la instalación de nuevos cables.
- j. Todos los cables deberán estar debidamente señalizados e identificados, de forma que se indique la empresa a quien pertenecen, la designación del circuito, la tensión y la sección de los cables.
- k. Los cables deberán estar fijados a las paredes o a las estructuras de la galería mediante elementos de sujeción, para evitar que los esfuerzos térmicos o electrodinámicos, debidos a las distintas condiciones que pueden presentarse durante la explotación de las redes de B.T., M.T. y A.T., puedan moverlos o deformarlos.
- l. En el caso de cables unipolares, si se quiere sujetar cada cable por separado, las sujeciones deberán disponerse de manera que no se formen circuitos ferromagnéticos cerrados alrededor del cable.
- m. Todos los elementos metálicos para sujeción de los cables u otros elementos metálicos accesibles al personal que circula por las galerías, se conectarán eléctricamente al sistema de puesta a tierra de la galería.

6.5.5 Instalación de cables en canaletas

- a. En ciertas ubicaciones con acceso restringido al personal autorizado, como es el interior de centrales de generación y subestaciones de transporte, destinadas exclusivamente a contener instalaciones eléctricas, deberán utilizarse canaletas con tapas prefabricadas de hormigón o de cualquier otro material de elevada resistencia mecánica, desmontables a mano.
- b. Los cables de distintas tensiones en el interior de canaletas deberán instalarse en forma separada (aprovechando el fondo y las dos paredes). Los cables de menor tensión deberán instalarse por encima o en una pared distinta, de los cables de mayor tensión.

6.5.6 Instalación de cables en fondos acuáticos

- a. Cuando el trazado de un cable incluya el paso por fondos acuáticos (marinos, lacustres o fluviales), se deberá realizar un proyecto técnico completo de la instalación y del tendido, considerando todas las acciones que el cable pueda sufrir (esfuerzos por mareas o corrientes, presión, esfuerzos durante el tendido y en el cable instalado, empuje hidráulico).
- b. Se deberán tomar las medidas preventivas para que el cable no pueda ser afectado por ningún dispositivo arrastrado por cualquier embarcación (ancla, red de arrastre).
- c. La zona de transición del tendido del cable, de agua a tierra, puede estar especialmente sometida a corrientes, oleajes y mareas. Se deberá estudiar, para dicha zona, la manera de instalar el cable de forma que se evite su movimiento.

6.6 Identificación

- 6.6.1 Los cables deberán estar permanentemente identificados, mediante marcas o de cualquier otra forma, en cada cámara de inspección u otras aberturas de acceso del sistema de ductos.
- 6.6.2 Toda identificación deberá ser de material resistente a la corrosión y adecuada para el medio ambiente.
- 6.6.3 Toda identificación será de buena calidad, perdurable y estará ubicada de tal manera que sea legible con alumbrado auxiliar.
- 6.6.4 Los cables en cámaras de inspección o cámaras subterráneas que son operadas y mantenidas por diferentes empresas de servicio, deberán ser identificadas mediante marcados o etiquetas permanentes, que indiquen el nombre de la empresa y el tipo de cable usado.
- 6.6.5 Las pantallas sobre el aislamiento del cable y de los terminales serán puestas a tierra de manera efectiva.
- 6.6.6 Las cubiertas metálicas del cable o las pantallas que se encuentran conectadas a tierra en una cámara, serán enlazadas o conectadas a una tierra común.

6.7 Sistema de puesta a tierra en instalaciones subterráneas

6.7.1 Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra, por lo menos en una de sus cajas o cámaras terminales extremas. Cuando no se conecten ambos extremos a tierra, se deberá justificar, en el extremo no conectado, que las tensiones provocadas por el efecto de las fallas a tierra o por inducción de tensión entre la tierra y pantalla, no producen una tensión de contacto aplicada superior al valor indicado en el Pliego RPTD N°06, salvo que en este extremo la pantalla esté protegida por envolvente metálica puesta a tierra o sea inaccesible.

6.7.2 En las instalaciones en galerías, se dispondrá de una instalación de puesta a tierra única, accesible a lo largo de toda la galería, formada por el tipo y número de electrodos que se calcule necesarios. Se dimensionará para la máxima corriente de falla a tierra que pueda producir. El valor de la resistencia global de puesta a tierra de la galería deberá ser tal que, durante el despeje de una falla, las tensiones de contacto que puedan aparecer tanto en el interior de la galería como en el exterior (si hay transferencia de potencial debido a ductos u otros elementos metálicos que salgan al exterior), no deberán superar los valores admisibles de tensión de contacto aplicada según lo establecido en el Pliego RPTD N°06.

6.8 Cruces y paralelismos

6.8.1 Cruces de líneas de transporte subterráneas con otras líneas eléctricas

- a. Cuando haya cruces y paralelismos de cables subterráneos de distribución y transporte con distancia mínima entre esos cables inferiores a 20 cm, cada línea deberá colocarse en un ducto de protección o entre tabiques de separación fijos, suficientemente sólidos, compuestos de un material aislante del calor y difícilmente fusible. Esta prescripción también se aplica para los cruces o paralelismos de cables de transporte que pertenezcan a circuitos diferentes. La línea que sea instalada con posterioridad no deberá ocasionar una pérdida en la capacidad de transporte de la línea existente.
- b. Cuando cables de transporte y distribución sin protección especial están en la misma excavación, los primeros deberán colocarse por lo menos 20 cm más abajo que los otros.
- c. Los conductos de protección deberán ser fabricados de un material resistente a la acción del tiempo, y suficientemente lisos interiormente para facilitar el tendido de los cables. Los tabiques de separación serán de un material retardante del fuego, resistente a la acción del tiempo y de resistencia mecánica apropiada.

6.8.2 Separaciones entre los sistemas de banco de ductos de cables de transporte y de comunicación

- a. La separación entre un sistema de banco de ductos y otras estructuras subterráneas puestas en paralelo, será lo suficientemente amplia para que permita el mantenimiento del sistema sin ocasionar daños a las estructuras puestas en paralelo. Un banco de ductos que cruce sobre otra estructura subterránea o cimiento, tendrá una separación suficiente para limitar las posibilidades de daño a cada estructura.
- b. Los sistemas de bancos de ductos que van a ser ocupados por los conductores de comunicación, serán separados de los sistemas de banco de ductos que se utilizarán para los sistemas de transporte, mediante una de las siguientes medidas mínimas:
 - i. 75 mm de concreto.
 - ii. 100 mm de mampostería.
 - iii. 300 mm de tierra bien apisonada.

6.8.3 Alcantarillas, red sanitaria, red de distribución de agua y evacuación de aguas lluvia

- a. En caso que se requiera la instalación de un banco de ductos paralelo

directamente sobre una red sanitaria, alcantarilla o sumidero de lluvia, éste puede hacerse siempre que las empresas involucradas estén de acuerdo con el método.

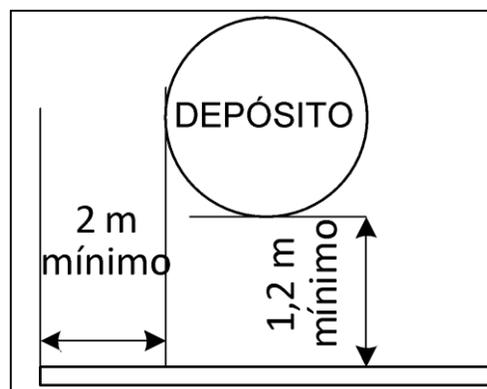
- b. Donde el banco de ductos cruce sobre una alcantarilla, será diseñado con soportes a cada lado de la alcantarilla, a fin de reducir las posibilidades de transferencia de cualquier carga directa sobre la alcantarilla.
- c. El banco de ductos deberá ser instalado tan lejos como sea posible de una tubería principal de agua, a fin de protegerlo de la socavación en caso que se rompa la tubería principal de agua. El banco de ductos que cruza una tubería principal de agua deberá ser diseñado de tal manera que tenga un soporte adecuado en cada lado, según sea necesario, para reducir las posibilidades de transferencia de cualquier carga directa a la tubería principal de agua.

6.8.4 Tuberías de vapor, gas u otros combustibles

- a. El banco de ductos deberá tener una separación de 30 cm de las tuberías de vapor, gas y de otros combustibles, para permitir el uso de equipo de mantenimiento de tuberías. El conducto no deberá ingresar en la misma cámara de inspección, cámara de registro o cámara subterránea, junto con las tuberías de vapor, gas o de otros combustibles.
- b. El banco de ductos deberá ser instalado de modo tal de evitar la transferencia de calor perjudicial entre los sistemas de banco de ductos y las tuberías de vapor.

6.8.5 Depósitos de combustibles líquidos

Los ductos de los cables de transporte distarán, como mínimo, 1,2 m del depósito. Los extremos de los ductos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 m por cada extremo.



6.8.6 Cruces subacuáticos

Los cruces subacuáticos serán diseñados y/o instalados de manera que se vean protegidos de la erosión debido a la acción de las mareas, corrientes, anclas de barco y pesca de arrastre, cuando corresponda.

6.9 Protecciones y sistemas de seguridad

6.9.1. Protección eléctrica

- a. Los conductores y el aislamiento deberán ser protegidos contra el calentamiento excesivo mediante el diseño del sistema y a través de dispositivos de sobrecorriente, alarma, indicación o desconexión.
- b. Las derivaciones tomadas desde un alimentador deberán protegerse contra las sobrecargas y los cortocircuitos. Se exceptuarán de esta exigencia aquellas derivaciones de no más de 10 m de largo, cuya sección no sea inferior a un tercio de la del alimentador y que sean canalizadas en

ductos cerrados, y aquellas que queden protegidas por la protección del alimentador.

- c. Los conductores puestos a tierra para la protección de las personas, deberán instalarse sin protección contra sobrecorriente u otros medios que podrían interrumpir su continuidad a tierra.
- d. Los circuitos de cables aislados estarán provistos de protección contra cortocircuito, que aislará el cortocircuito de la fuente de alimentación.

6.9.2. Protección y soporte mecánico

- a. Todos los conductores deberán estar adecuadamente sostenidos y amarrados a fin de resistir las fuerzas ocasionadas por la máxima corriente de cortocircuito a la cual pueden estar sujetos.
- b. Donde los soportes de los conductores se extiendan fuera de la subestación de suministro eléctrico, los conductores y sus soportes deberán cumplir con los requerimientos del grado de construcción, resistencia y carga del punto 5.29. Donde los conductores, el aislamiento del conductor o los soportes del conductor puedan estar sujetos a daño mecánico, se emplearán cubiertas, armaduras u otros medios, para limitar la posibilidad de daño o perturbación.

ANEXO 11.1

Condiciones Geográficas y Meteorológicas

