
En tanto, las presiones de viento máximo sobre los cables y aisladores son las siguientes: $P_{Vc(MAX)} = P_{Ve(MAX)} / 2$ (Presión de viento máximo en los cables)

$$P_{Va(MAX)} = 1,83 * P_{Vc(MAX)} \quad (\text{Presión de viento máximo en los aisladores})$$

Por otro lado, el criterio utilizado para la determinación de la presión de viento medio, corresponde a un cuarto de los valores de presión máximos para cada uno de los elementos indicados anteriormente. Se sugiere trabajar con kg/m^2 como unidad de medida de presión de viento.

- Densidad del aire. El criterio de diseño que se utiliza para la determinación de la densidad relativa del aire es considerar en los cálculos la temperatura media ambiente del sector donde se emplazará la línea. En caso de requerirse la utilización de la temperatura máxima ambiente para la determinación de la densidad del aire, debe ser indicada por el Cliente según los requerimientos del proyecto asociado.
- Nivel de contaminación (mm/kV). Este valor depende de las condiciones ambientales, según IEC 60815¹.
- Nivel ceraúnico².
- Hielo sobre los cables (mm). El manguito de hilo a considerar dependerá directamente de la Zona en que se encuentre la línea y de las condiciones particulares del sitio.

5 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO

Corresponde al sistema eléctrico en que operará la línea de transmisión, atendiendo a datos de voltaje nominal (kV), tensión máxima (kV), frecuencia nominal ($50 Hz$), número de circuitos, número de fases, número y tipo de conductores por fase, número y tipo de cables de guardia, longitud de la línea (km), temperatura máxima de operación del conductor ($^{\circ}C$) para condición N-1, temperatura para diseño condición normal de operación del conductor ($^{\circ}C$), disposición de conductores (vertical, horizontal, delta) y tipo de estructuras.

6 CÁLCULO MECÁNICO DEL CONDUCTOR DE FASE Y CABLE DE GUARDIA (CABLES)

6.1 Límite Térmico

Corresponde a la temperatura máxima de operación del conductor para condición N-1.

¹ IEC 60815. Selección y dimensionamiento de aisladores de alto voltaje para uso en condiciones de contaminación.

² Corresponde al nivel de riesgos de caída de rayos en un sector determinado.

6.2 Gradiente de Tensión

El gradiente de tensión³ superficial máxima en los cables, para la tensión nominal, no debe superar el 90% de la capacidad disruptiva del aire⁴.

6.3 Tensión Mecánica

Para todas las condiciones de carga, las tensiones de los cables no deben exceder los porcentajes de la tensión de ruptura especificada por el fabricante.

Para evitar que los cables operen sobre el límite elástico, se considera lo establecido en el RCF, que regula el diseño de las líneas de transmisión en Chile, y las prácticas normales tanto en el país como en el extranjero, que establecen que la tensión mecánica de los cables, en condiciones finales, no podrá superar el 50% para conductores y el 40% para cables de guardia, de su tensión de ruptura, en todas las hipótesis de diseño.

Para controlar la fatiga de los cables, producto de vibraciones eólicas, se limita su tensión mecánica promedio en condición normal final a valores del orden del 18% de la ruptura (Every Day Condition). Además, se limita la tensión inicial normal inicial de operación del conductor a valores del orden del 25% de su ruptura. En tanto, para el cable de guardia, se limita su tensión mecánica promedio en condición normal final a valores del orden del 15% de la ruptura y se limita la tensión inicial normal de operación del cable a valores del orden del 20% de su ruptura. Lo anterior, se considera a temperatura media, sin viento y sin hielo.

6.4 Flecha Máxima

Para la ubicación de las estructuras en el perfil topográfico de la línea, se considera la mayor flecha del conductor inferior, que resulte según las siguientes hipótesis de diseño:

- Viento medio
- Sin viento
- Máxima temperatura de operación del conductor

³ El gradiente es lo mismo que un gradiente de temperatura, un gradiente de tensión es la dirección en que más rápido varía la tensión.

⁴ Es aquel nivel de tensión por encima del cual el aire se ioniza, produciendo el efecto corona. El efecto corona es un fenómeno eléctrico que se produce en los conductores de las líneas de alta tensión y se manifiesta en forma de halo luminoso a su alrededor. Dado que los conductores suelen ser de sección circular, el halo adopta una forma de corona, de ahí el nombre del fenómeno. El efecto corona está causado por la ionización del aire circundante al conductor debido a los altos niveles de tensión de la línea. Al momento que las moléculas que componen el aire se ionizan, éstas son capaces de conducir la corriente eléctrica y parte de los electrones que circulan por la línea pasan a circular por el aire.

6.5 Condiciones de Diseño

En la siguiente tabla se indican las diferentes hipótesis de diseño consideradas en líneas de transmisión, con las que se determinarán las características de los diferentes materiales:

Tabla 6.1: Hipótesis de diseño líneas de transmisión

Hipótesis	Condición	Estado	Temperatura °C	Viento Kg/m ²	Tensión Máxima	
					Conductor	Cable de Guardia
1	Promedio (normal)	Inicial	Media ambiental	0	≤ 25%	≤ 20 %
		Final	Media ambiental	0	≤ 18%	≤ 15 %
2	Viento máximo (sin hielo)	Final	Mínima ambiental	Presión viento máximo ⁵	≤ 50%	≤ 40%
3	Viento medio (con y sin hielo)	Final	Mínima ambiental	Presión viento medio ⁶	≤ 50%	≤ 40%
4	Temp. máxima (sin hielo)	Final	Máxima de operación para el conductor / Máxima ambiental para cable de guardia	0	≤ 50%	≤ 40%
5	Temp. mínima (sin hielo)	Final	Mínima ambiental	0	≤ 50%	≤ 40%
6	Hielo sin viento	Final	Mínima ambiental	0	≤ 50%	≤ 40%
7	Sin hielo sin viento	Final	0	0	≤ 50%	≤ 40%

6.6 Cálculo de las Cargas Unitarias en el Conductor y Cable de Guardia (Cables)

Se determinan las cargas verticales, horizontales y totales unitarias para viento medio y máximo, considerando las siguientes expresiones:

a) Carga vertical con viento medio

$$C_V = P_h + P_o \text{ (kg/m)}$$

⁵ La presión de viento se obtiene de multiplicar la velocidad del viento por un factor de forma (de acuerdo a la zona), este valor corresponde a la presión máxima sobre las estructuras y si este producto se divide por la mitad se obtiene la presión máxima sobre los cables. En el caso que no se posea el dato de la velocidad del viento del sector donde se ubicará la línea de transmisión, se puede considerar el valor de presión máxima de viento que indica el RCF, de acuerdo a la Zona.

⁶ La presión de viento media corresponde a 1/4 del valor de la presión de viento máxima.

Donde:

P_o : Peso del cable (kg/m)

$$P_h = \pi / 4 * [(D + 2e)^2 - D^2] * 0,001 * \delta$$

e : Espesor radial del hielo (mm)

D : Diámetro del conductor (mm)

δ : Densidad del hielo ($1 kg/m^3$)

b) Carga horizontal con viento medio

$$C_h = P_v * (D + 2e) * 0,001 \text{ (kg/m)}$$

Donde:

P_v : Presión del viento medio (kg/m^2)

D : Diámetro del cable (mm)

e : Espesor radial del hielo (mm)

c) Cálculo carga Total con Viento Medio

$$C_T = \sqrt{C_h^2 + C_v^2} \text{ (kg/m)}$$

d) Cálculo Carga Horizontal con Viento Máximo

$$Ch_{max} = P_{v_{max}} * D * 0,001 \text{ (kg/m)}$$

Donde:

$P_{v_{max}}$: Presión del viento máximo (kg/m^2)

D : Diámetro del cable (mm)

e) Cálculo carga unitaria equivalente (total) con viento máximo

$$C_{v_{max}} = \sqrt{P_o^2 + Ch_{max}^2} \text{ (kg/m)}$$

Donde:

Ch_{max} : Carga horizontal con viento máximo (kg/m)

P_o : Peso del cable (kg/m)