

---

## **10 ESTRUCTURAS**

### 10.1 General

Parte del desarrollo del diseño de una línea, se debe considerar la determinación de las cargas en las estructuras, para que con este dato se proceda con el diseño del tipo de estructuras para un proyecto determinado de líneas de transmisión. Por lo cual se deben entregar las cargas para cada uno de los estados que apliquen en un proyecto determinado.

---

## 10.2 Estados de Cargas

Las estructuras de suspensión deberán soportar los siguientes estados de cargas:

- La fuerza de viento de los conductores y cable de guardia no debe sobrepasar el límite de carga transversal de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- El peso máximo del conductor no debe sobrepasar el límite de carga vertical de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- La torre de suspensión debe soportar tirón por la cortadura de un tercio de los conductores con la mitad de la tensión máxima del conductor.
- La torre de suspensión debe soportar el doble del desequilibrio de la tensión de un conductor debido a diferentes estados de carga en vanos adyacentes (uno con hielo y el otro sin hielo).
- Debe soportar la cortadura del cable de guardia.

**Tabla 10.1: Estados de carga estructuras de suspensión**

Estado de Carga	Combinación	Dirección del Viento
1.1	Viento Máximo	Normal
1.2	Viento Máximo	Longitudinal
2.1	Viento Medio	Normal
2.2	Viento Medio	Longitudinal
3.1.1	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
3.1.2	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Longitudinal
3.2.2	Corte 2 Fases	Normal
3.2.2	Corte 2 Fases	Longitudinal
4.1	Sobrecarga Vertical 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
4.2	Sobrecarga Vertical 2 Fase	Normal
5.1	Desequilibrio Longitudinal 1 Cable de Guardia	Normal
5.2	Desequilibrio Longitudinal 2 Fases	Normal
6.1	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Normal
6.2	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Longitudinal
7.1	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Normal
7.2	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Longitudinal

En el caso de considerar estructuras en base a postes de hormigón armado, en el caso de las de suspensión, no aplica el corte de conductor, pues no verifican.

Las estructuras de anclaje deberán soportar los siguientes estados de cargas:

- La fuerza de viento de los conductores (sin la carga adicional en la dirección de la resultante) más la resultante de las tensiones máximas del conductor (con la carga adicional en la dirección de la resultante) en la dirección de la bisectriz de la línea, no

debe sobrepasar el límite de carga transversal de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.

- El peso máximo del conductor no debe sobrepasar el límite de carga vertical de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- La torre de anclaje debe soportar tirón por la cortadura de un tercio de los conductores con el total de la tensión máxima del conductor.
- La torre de anclaje debe soportar la tensión de todos los conductores a un solo lado, con la tensión de montaje sin sobrecargas.
- La torre de anclaje debe soportar el doble del desequilibrio de la tensión de un conductor debido a diferentes estados de carga en vanos adyacentes (uno con hielo y el otro sin hielo).
- La torre de anclaje debe soportar la cortadura del cable de guardia.

**Tabla 10.2: Estados de carga estructuras de anclaje**

Estado de Carga	Combinación	Dirección del Viento
1.1	Viento Máximo	Normal
1.2	Viento Máximo	Longitudinal
2.1	Viento Medio	Normal
2.2	Viento Medio	Longitudinal
3.1	Remate 2 Circuitos. y 2 Cables de Guardia	
3.2	Remate, 1 Circuito y 1 Cable de Guardia	
3.3	Remate, 2 Fases y 1 Cable de Guardia	
4.1	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
4.2	Corte 2 Fases y 2 Cables de Guardia	Normal
5.1	Corte 1 Fase y 1 Cable de Guardia	Normal
5.2	Corte 2 Fases y 2 Cables de Guardia	Normal
6.1	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Normal
6.2	Un Circuito Instalado. Viento Máximo	Longitudinal
7.1	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Normal
7.2	Un Circuito Instalado. Viento Medio	Longitudinal
8.1	Sobrecarga Vertical 2 Fases y 1 Cable de Guardia	Normal
8.2	Sobrecarga Vertical 2 Fases y 2 Cables de Guardia	Normal
9.1	Uplift Viento Máximo	Normal
9.2	Uplift Viento Medio	Normal

Las estructuras de remate deberán soportar los siguientes estados de cargas:

- La fuerza de viento de los conductores más la fuerza resultante de la tensión del conductor (con la carga adicional en la dirección de la resultante) desviado

horizontalmente hasta en 15° con respecto al eje de la torre no debe sobrepasar el límite de carga transversal de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.

- El peso máximo del conductor no debe sobrepasar el límite de carga vertical de la torre, en caso de estructuras de diseño existente.
- La torre de remate debe soportar normalmente la tensión de todos los conductores y el cable de guardia a un mismo lado de la torre.
- El conductor será tensado de manera de que con las sobrecargas máximas no se sobrepase la tensión mecánica admisible por la estructura seleccionada.

**Tabla 10.3: Estados de carga estructuras de anclaje/remate**

Estado de Carga	Combinación	Dirección del Viento
1.1	Remate Viento Máximo	Normal
1.2	Remate Viento Máximo	Longitudinal
2.1	Remate Viento Medio	Normal
2.2	Remate Viento Medio	Longitudinal
3.1	Remate 1 Circuito Instalado	Normal
3.2	Remate 1 Circuito Instalado	Longitudinal
4.1	Remate 1 Circuito Instalado Hielo	Normal
4.2	Remate 1 Circuito Instalado Hielo	Longitudinal
5.1	Viento Máximo	Normal
5.2	Viento Máximo	Longitudinal
6.1	Viento Medio	Normal
6.2	Viento Medio	Longitudinal
7.1	Un Circuito Instalado Viento Máximo	Normal
7.2	Un Circuito Instalado Viento Máximo	Longitudinal
8.1	Un Circuito Instalado Viento Medio	Normal
8.2	Un Circuito Instalado Viento Medio	Longitudinal
9.1	Sobrecarga Vertical 2 Fases y 1 Cable de Guardia	Normal
9.2	Sobrecarga Vertical 2 Fases y 2 Cables de Guardia	Normal
10.1	Uplift Viento Máximo	Normal
10.2	Uplift Viento Medio	Normal

### 10.3 Selección Tipo de Estructuras

La selección del diseño de estructura más apropiado para una línea de transmisión eléctrica dependerá de los siguientes parámetros:

- El nivel nominal de potencia que se requiere transmitir.
- El número de circuitos necesarios de instalar.

- 
- Cantidad y tipo de conductor.
  - Cantidad y tipo de cable de guardia y/o fibra óptica.
  - La óptima utilización del derecho a vía, considerando que la obtención de los terrenos para nuevas líneas está resultando cada vez más difícil y costoso.
  - La reducción del impacto ambiental, ya sea impacto eléctrico, magnético y visual.
  - La capacidad de la línea de transmitir la potencia necesaria a un costo razonable.
  - La vida útil de la línea.
  - Ubicación e importancia de la línea.
  - El tipo de terreno.
  - Los accesos a las estructuras.
  - Los largos de los vanos.
  - Las cargas mecánicas de los conductores/cables y cargas climáticas que deberá soportar.
  - La altura de las estructuras para sobrepasar obstáculos.
  - El tipo de uso de terreno donde se ubicará la línea y las características de los terrenos vecinos.
  - Las posibilidades de adquirir el derecho a vía y la localización de las estructuras.
  - El nivel cerámico del sector donde se montará la línea.
  - La disponibilidad de diseños de estructuras.
  - Los métodos a ser usados para la construcción y mantenimiento de la línea.
  - La inversión necesaria para construir una nueva línea.

#### 10.4 Fundaciones

Adicionalmente, se entrega a continuación el criterio para la clasificación de suelos, según ENDESA (Empresa Nacional de Electricidad)

- **Suelo Tipo 1 :** Roca sana, sin fracturas o moderadamente agrietada ( $RQD \geq 50\%$ ), cubierta por una capa de otro tipo de suelo con un espesor de no más de 1,50 m. Se considera Roca (suelo) Tipo 1, la roca que para su excavación requiere el uso permanente de herramientas neumáticas o de explosivos.

Peso unitario del suelo : 2,40 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de arrancamiento : 45°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 20 kg/cm<sup>2</sup>

- 
- **Suelo Tipo 2 :** Roca fuertemente agrietada y/o meteorizadas no incluíble en el Suelo Tipo 1, roca parcialmente descompuesta firme, gravas o arenas limpias o con finos pero cementadas (toscas), cubierta por una capa de suelo 3 o 4 de un espesor menor a un tercio de la profundidad total de la fundación. Nivel freático máximo de la napa de agua bajo el sello de fundación.

Estos suelos se pueden excavar con dificultad con herramientas manuales y requieren el uso eventual de equipos neumáticos.

El suelo Tipo 2 permite ser excavado con paredes verticales, excavar zarpas y hormigonar contra terreno.

Peso unitario del suelo : 2,10 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de arrancamiento : 40°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 6 kg/cm<sup>2</sup>

- **Suelo Tipo 3 :** Rocas completamente descompuestas de consistencia firme, gravas limpias de compacidad media y alta, gravas gruesas arcillosas o limosas firmes, cementadas por sal u otros agentes, cubiertas por una capa de Suelo Tipo 4 de un espesor menor a un tercio de la profundidad total de la fundación. En las gravas densas limpias o arcillosas puede o no haber abundantes bolones. Nivel freático máximo de la napa bajo el sello de fundación.

Para este tipo de suelo se recomienda diseñar las fundaciones en las cuales el suelo permita hacer excavaciones verticales y hormigonar contra terreno y fundaciones en que el suelo se deba excavar con taludes y se requiera hacer un relleno posterior al hormigonado de la fundación.

Estos suelos deben permitir la ejecución de ensanchamiento del fondo de la excavación sin socavarse para permitir a la fundación tener una zarpa en suelo natural. Si esto no es posible, entonces el suelo debe ser clasificado como tipo 4b.

Peso unitario del suelo : 2,00 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de arrancamiento : 35°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 4 kg/cm<sup>2</sup>

- **Suelo Tipo 4 :** Rocas completamente descompuestas de consistencia media, gravas limpias sueltas, arenas, gravas finas y arenas arcillosas o limosas, limos o arcillas de consistencia media o firme. Nivel freático de la napa de agua bajo el sello de fundación.

Estos suelos son sub clasificados en dos tipos: aquéllos que tienen la cohesión necesaria y admiten la excavación del fondo agrandándolo

---

para hacer una zarpa contra terreno natural (Tipo 4a) y si no es posible lo anterior deben ser clasificados como Tipo 4b.

Peso Unitario del suelo : 1,60 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de Arrancamiento : 30°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 2 kg/cm<sup>2</sup>

- **Suelo Tipo 5 :** Suelo Tipo 2 cubierto por una capa de suelo del Tipo 3 ó 4 de un espesor menor a un tercio de la profundidad total de la fundación. Nivel estático máximo de la napa de agua a cota de sello de fundación o sobre ella. En el diseño de la fundación la napa se debe considerar a nivel de superficie.

Rocas completamente descompuestas de consistencia firme, gravas limpias de compacidad media y alta, gravas gruesas arcillosas o limosas firmes, cubiertas por una capa de suelo tipo 4 de un espesor menor a un tercio de la profundidad total de la fundación. En las gravas densas limpias o arcillosas puede o no haber abundantes bolones. Nivel estático máximo de la napa bajo el sello de fundación.

Para verificar arrancamiento se debe considerar la napa a nivel de superficie. Para verificar el aplastamiento se debe considerar la napa bajo el nivel de sello de fundación

Peso unitario del suelo, arrancamiento : 1,20 t/m<sup>3</sup>

Peso Unitario del suelo, aplastamiento : 2,20 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de Arrancamiento : 40°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 4,50 kg/cm<sup>2</sup>

- **Suelo Tipo 6 :** Suelos Tipo 3 ó 4 con alto contenido de sales y con nivel estático máximo de la napa a cota de sello de fundación o sobre ella.

Peso Unitario del suelo, arrancamiento : 1,00 t/m<sup>3</sup>

Peso Unitario del suelo, aplastamiento : 2,00 t/m<sup>3</sup>

Ángulo de Arrancamiento : 30°

Presión máxima aplastamiento (neta) vertical : 1,50 kg/cm<sup>2</sup>

- **Suelo Tipo 7 :** Arenas arcillosas o limosas y limos o arcillas de consistencia media o blanda. Nivel estático máximo de la napa de agua a cota de sello de fundación o sobre ella.