

ASCE 74 – Cargas Estructurales en Líneas de Transmisión

Criterios de diseño mecánico para estructuras de transmisión eléctrica

El Desafío Estructural: Fuerzas Extremas y Confiabilidad Crítica

- Las líneas de transmisión son infraestructura crítica expuesta a condiciones ambientales severas.
- El fallo estructural no es solo una pérdida de activos; es una interrupción del servicio con profundas consecuencias económicas y sociales.
- El objetivo del diseño es el equilibrio entre economía, seguridad y, sobre todo, confiabilidad.

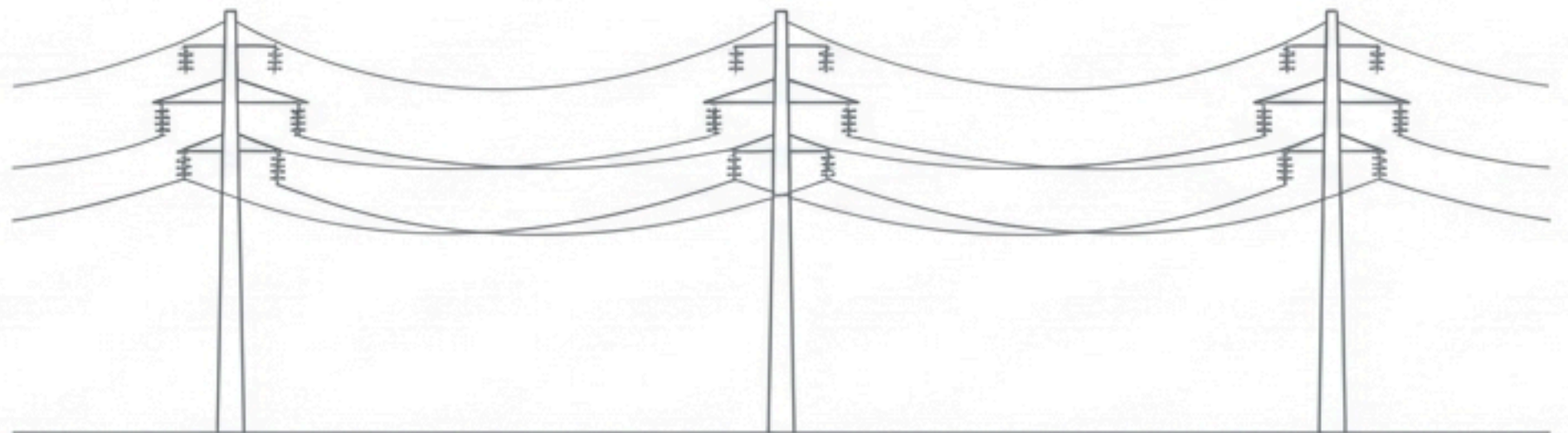


ASCE MANUALS AND REPORTS ON
ENGINEERING PRACTICE NO. 74

Guidelines for Electrical Transmission Line Structural Loading

ASCE 74: La Guía de Práctica para Cargas Estructurales

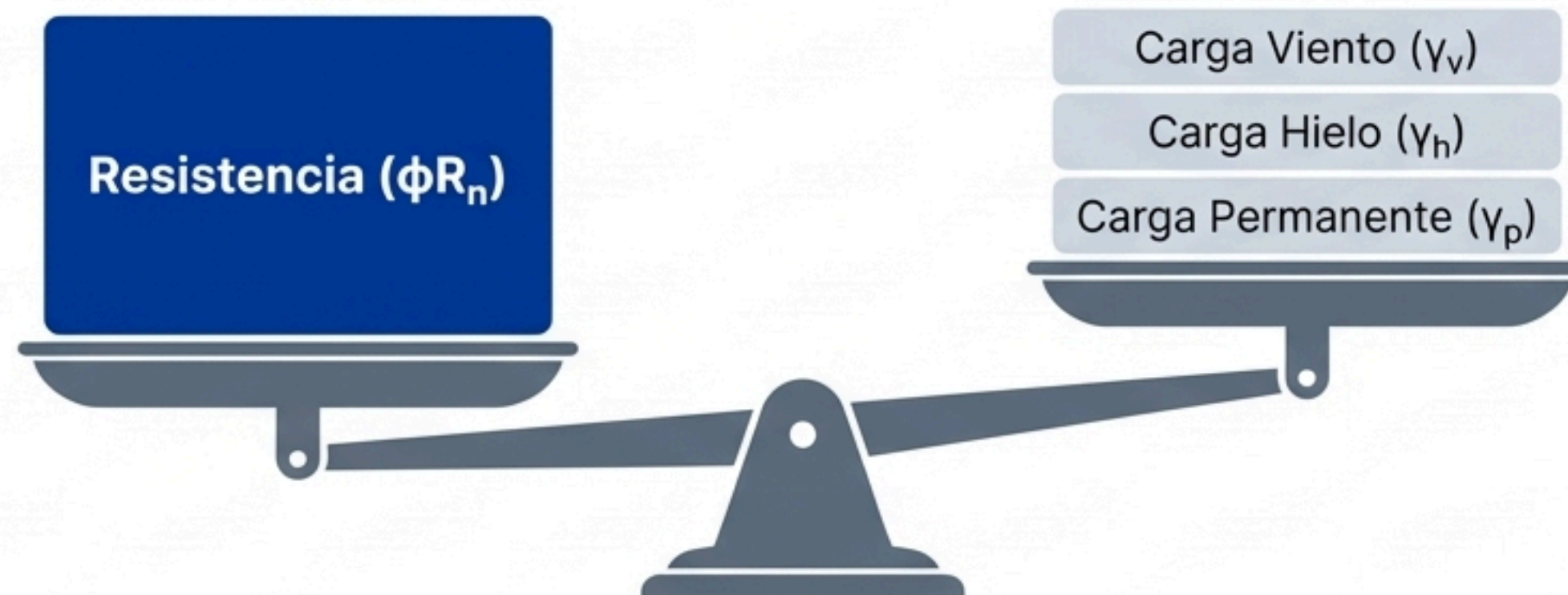
- **Qué es ASCE:** American Society of Civil Engineers, la organización líder en ingeniería civil.
- **Alcance de la norma:** Es un "Manual de Práctica" que proporciona una filosofía de carga y metodologías actualizadas. No es un código prescriptivo.
- **Aplicación:** Enfocada en líneas de transmisión aéreas (típicamente >69 kV), aunque sus conceptos son aplicables a todos los voltajes.



La Filosofía Central: Diseño Basado en Fiabilidad (LRFD)

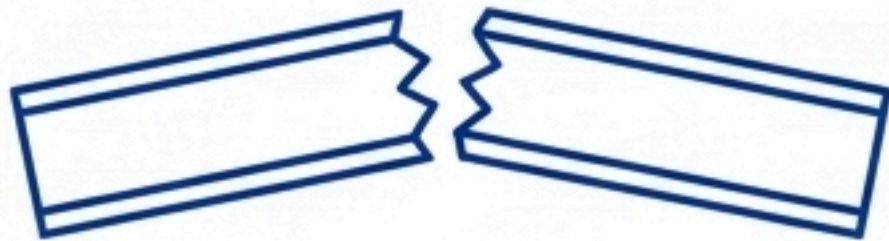
- **Objetivo Principal:** Definir criterios de carga para alcanzar niveles de confiabilidad estructural uniformes.
- **Filosofía LRFD:** Introducción al Diseño por Factores de Carga y Resistencia (Load and Resistance Factor Design).

Concepto Clave: La resistencia de diseño (ϕR_n) debe ser siempre mayor o igual a la suma de las cargas factorizadas ($\sum \gamma_i * \text{Carga}_i$).



Definiendo el Rendimiento: Estados Límite de Diseño

Límite de Falla



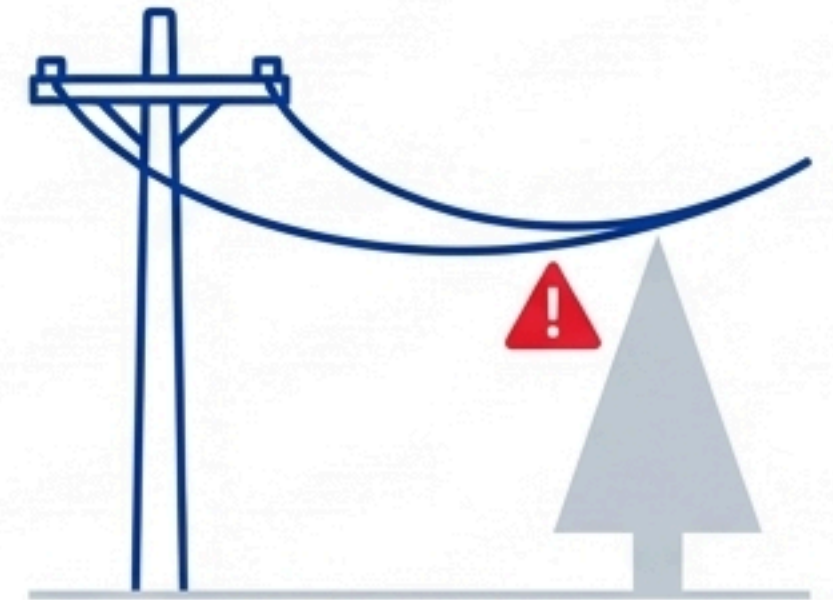
El punto en que un componente ya no puede soportar la carga impuesta.

Límite de Daño



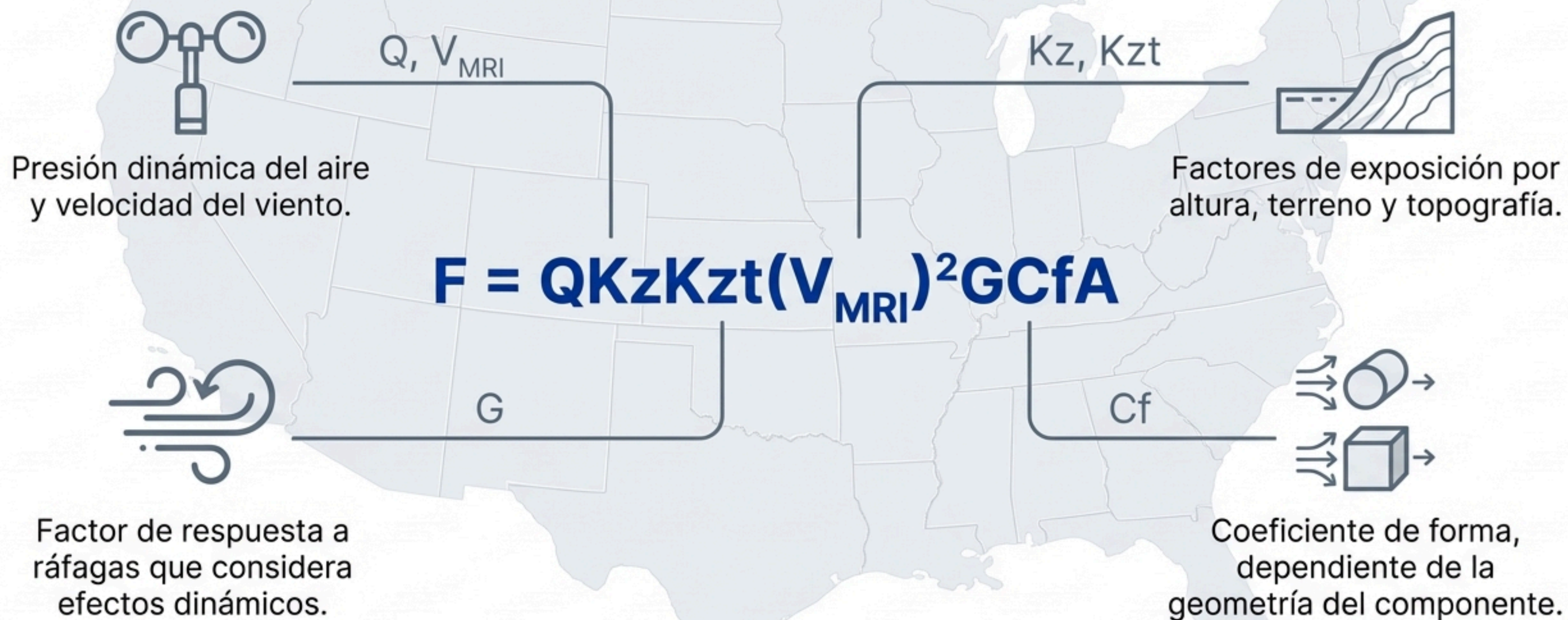
Deformación permanente que puede comprometer la funcionalidad futura o el mantenimiento.

Límite de Servicio



Criterios para mantener las distancias de seguridad (clearances) y la funcionalidad operativa.

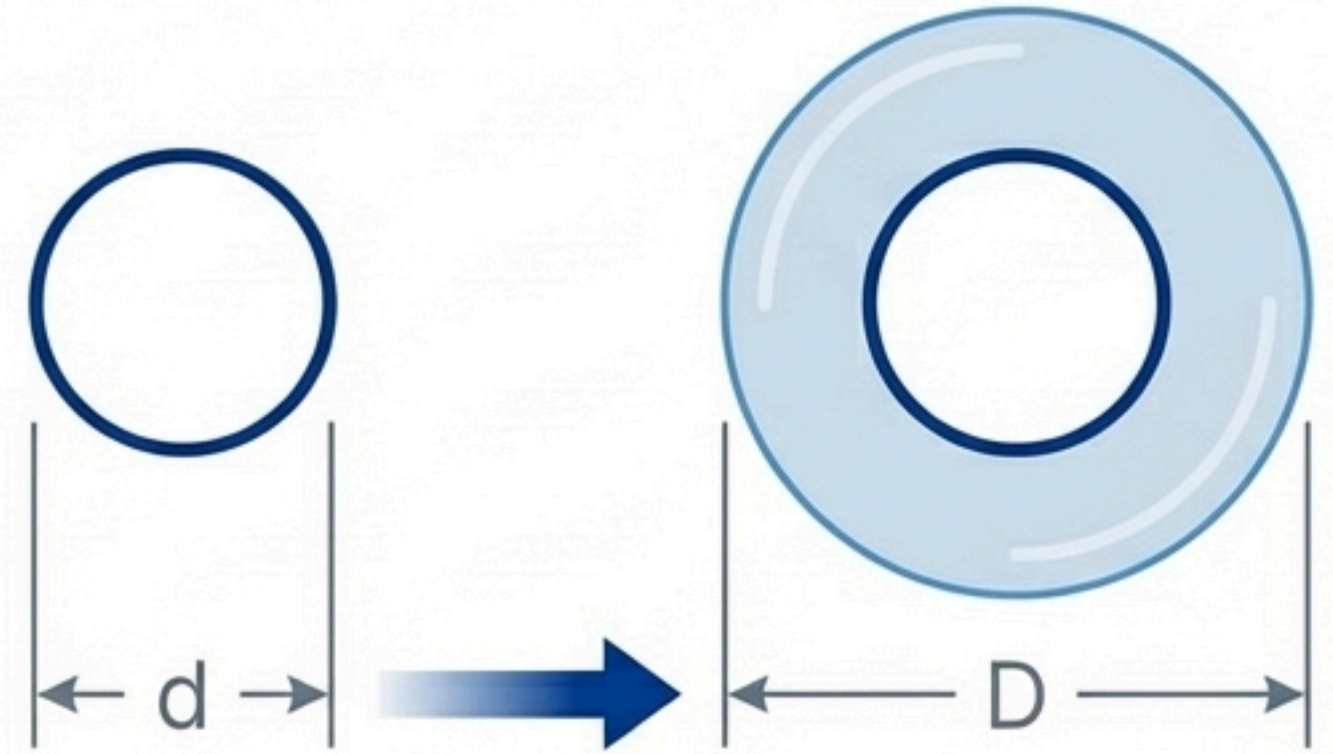
Cargas Climáticas I: Cuantificando la Fuerza del Viento



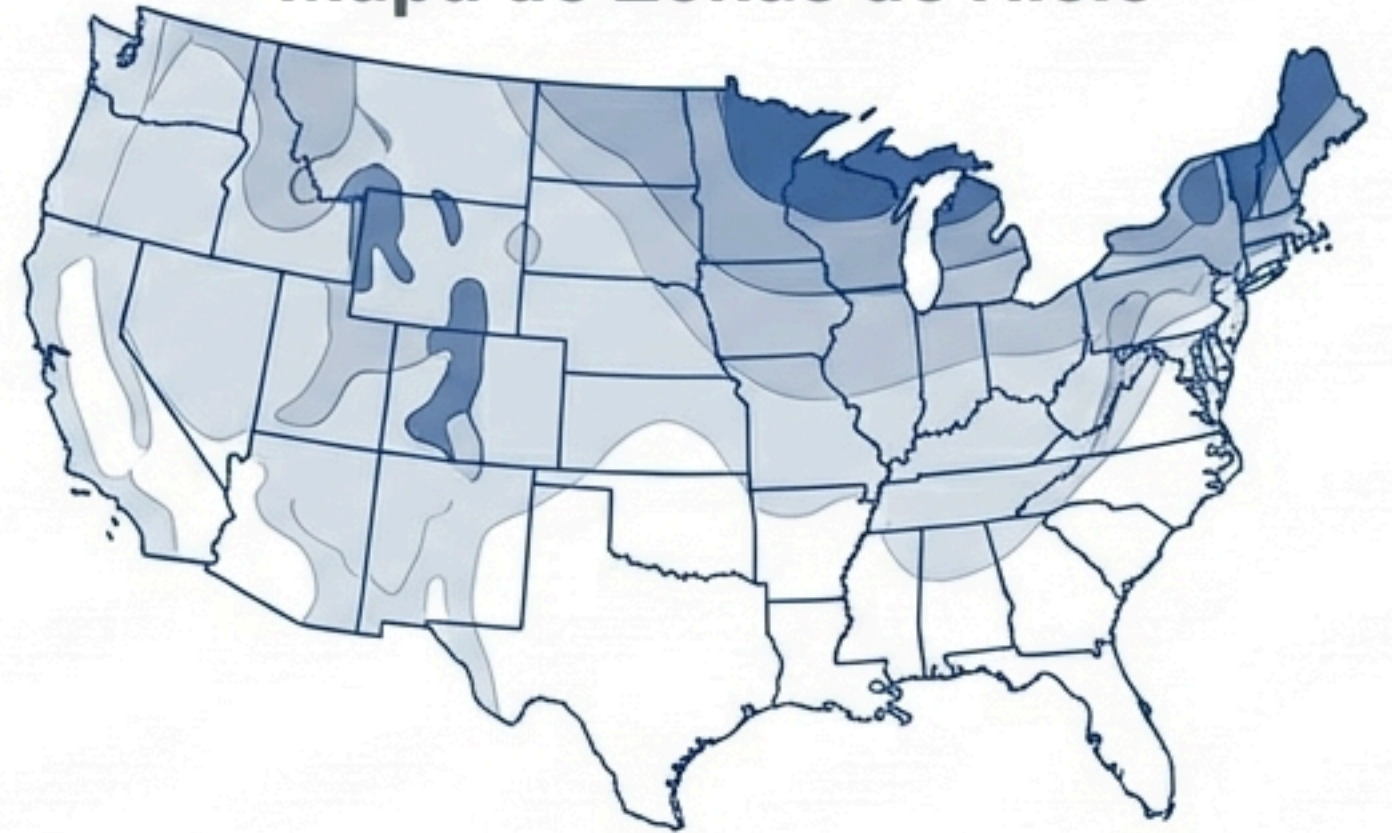
MRI: Se recomienda un Intervalo Medio de Recurrente (MRI) de 100 años como base de diseño.

Cargas Climáticas II: El Desafío Combinado de Hielo y Viento

- El hielo añade un peso vertical significativo (carga gravitacional).
- Aumenta el área proyectada, magnificando drásticamente la carga del viento.
- La norma proporciona mapas de espesor de hielo (basado en un MRI de 100 años) y velocidades de viento concurrentes.

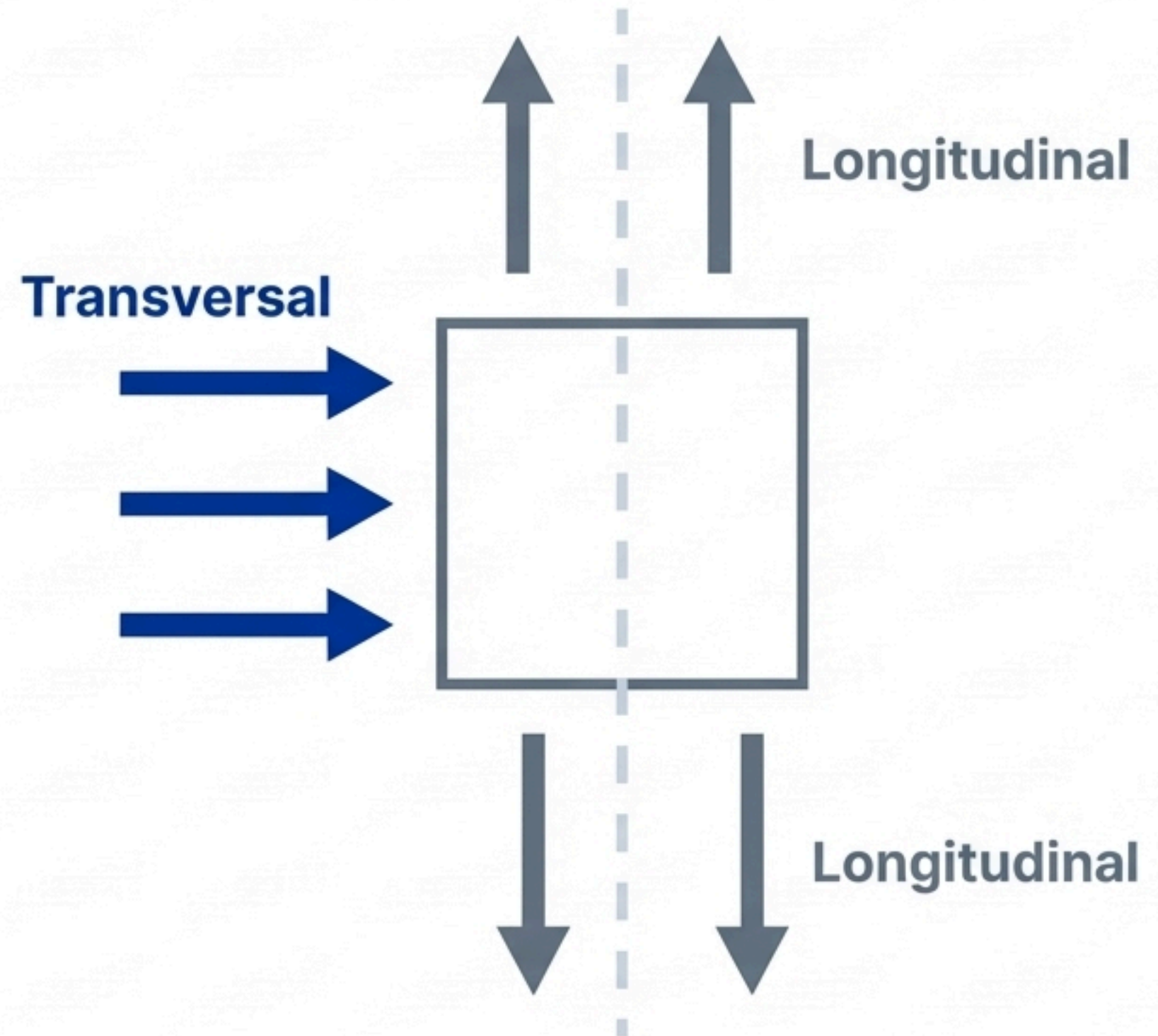


Mapa de Zonas de Hielo



El Sistema en Equilibrio: Cargas Transversales y Longitudinales

- **Cargas Transversales:** Perpendiculares a la línea. Generadas por el viento sobre cables y estructura, y la componente de tensión en ángulos.
- **Cargas Longitudinales:** Paralelas a la línea. Generadas por tensiones desiguales, rotura de padra desiguales, rotura de cables o cargas de construcción.
- **Importancia:** Las cargas longitudinales son cruciales para la seguridad de la línea y la prevención de fallas en cascada.



Escenarios de Diseño: Combinaciones de Carga

El diseño debe considerar múltiples escenarios realistas.

1. Estados de Carga Normal



Condiciones operativas operativas diarias y vientos moderados.

2. Estados de Carga Extrema



Eventos climáticos severos (viento extremo o hielo con viento) basados en un MRI específico.

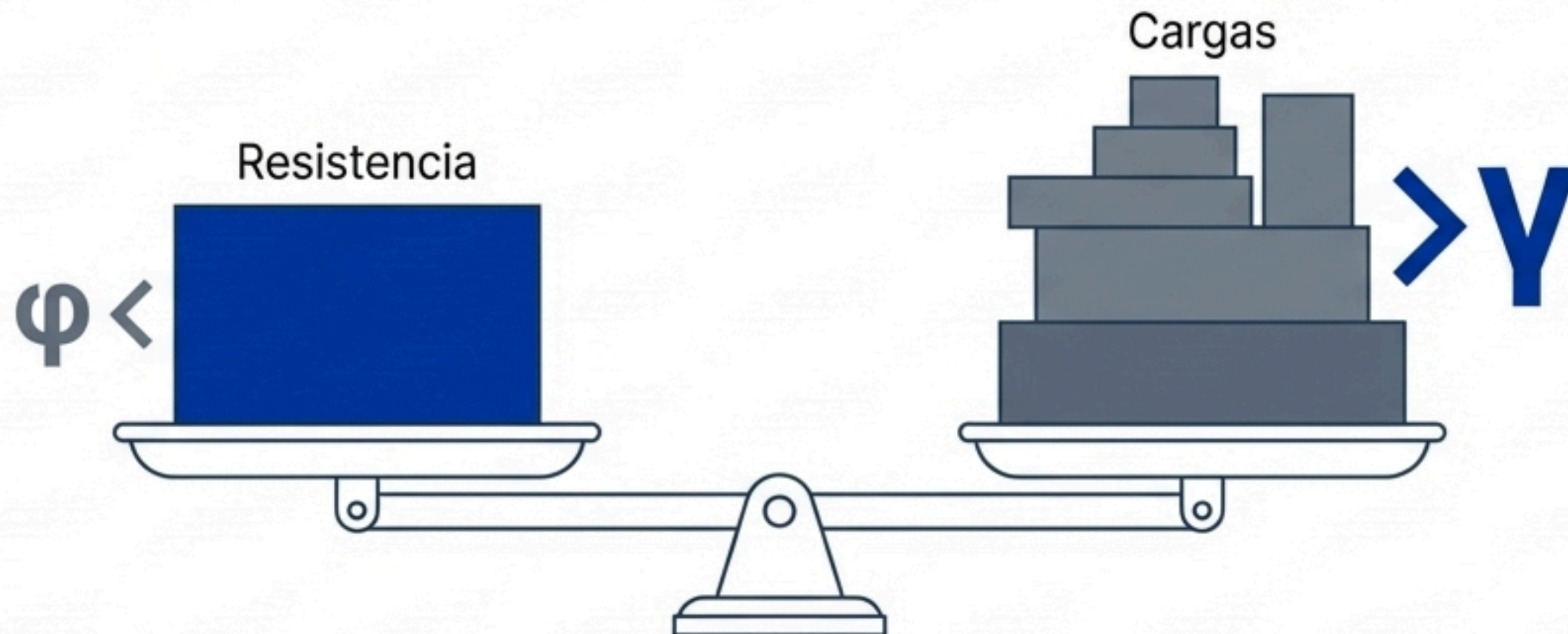
3. Condiciones de Contingencia



Cargas de sistema no intacto (ej. rotura de un conductor) para garantizar la contención de fallas (anti-cascada).

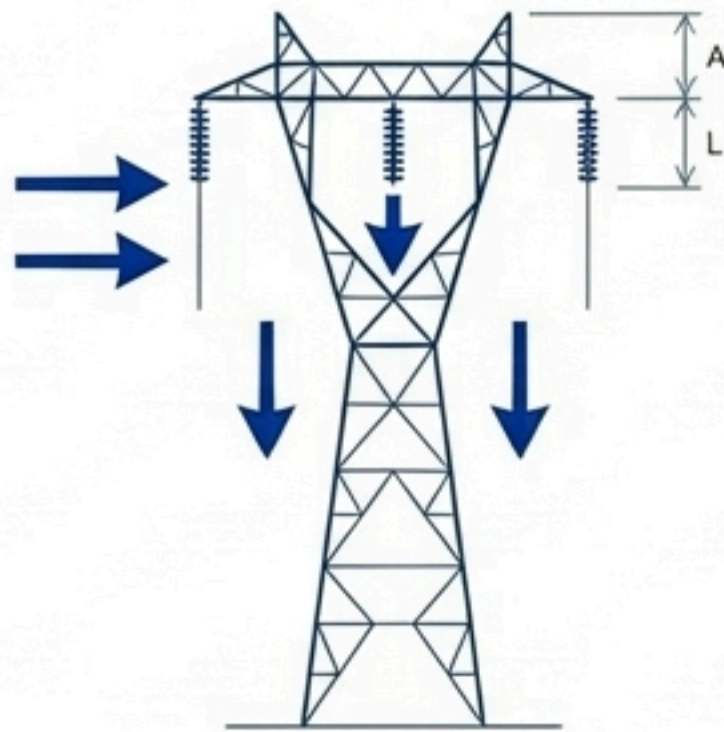
Calibrando la Confiabilidad: Factores de Carga y Resistencia

- **Factores de Carga (γ):** Típicamente > 1.0 . Tienen en cuenta la incertidumbre y variabilidad de las cargas. Cargas más variables (viento) tienen factores más altos.
- **Factores de Resistencia (ϕ):** Típicamente < 1.0 . Tienen en cuenta la incertidumbre en la resistencia de materiales, fabricación y construcción.



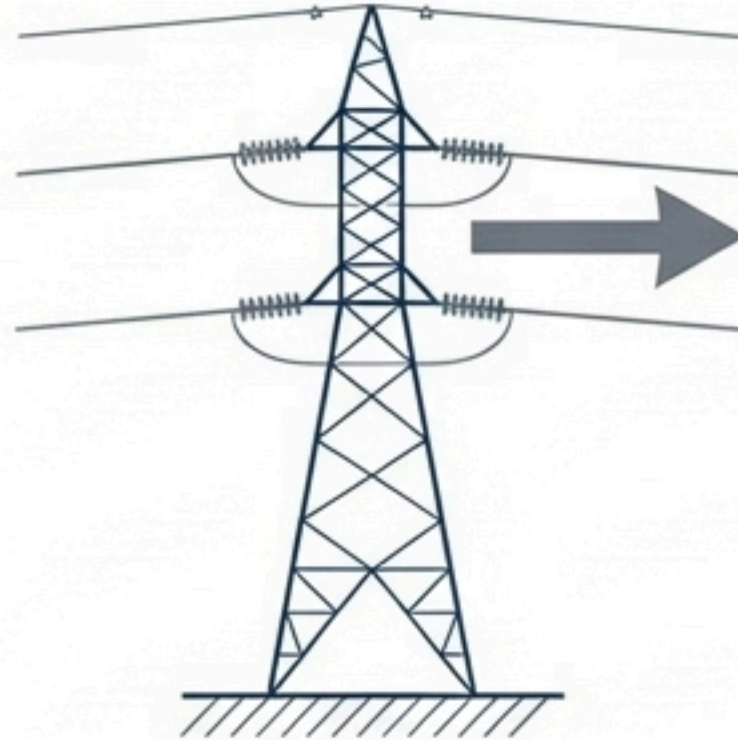
Aplicación al Diseño: Cada Estructura Cumple una Función

Torres de Suspensión (Tangente)



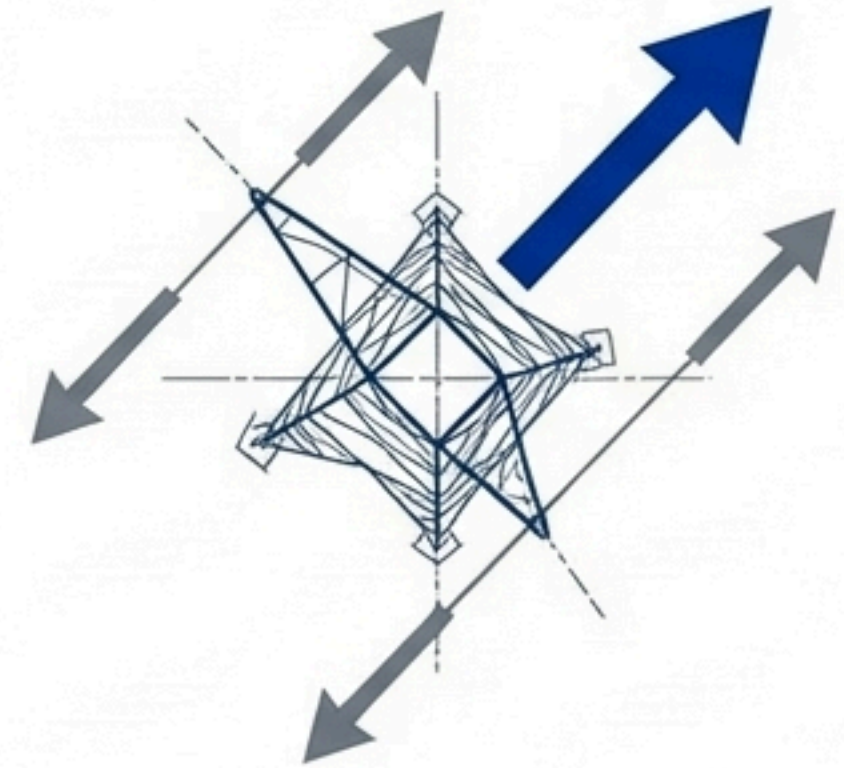
Soportan principalmente cargas verticales (peso) y transversales (viento).

Torres de Amarre (Dead-end)



Absorben la tensión completa de los conductores; anclan secciones de línea.

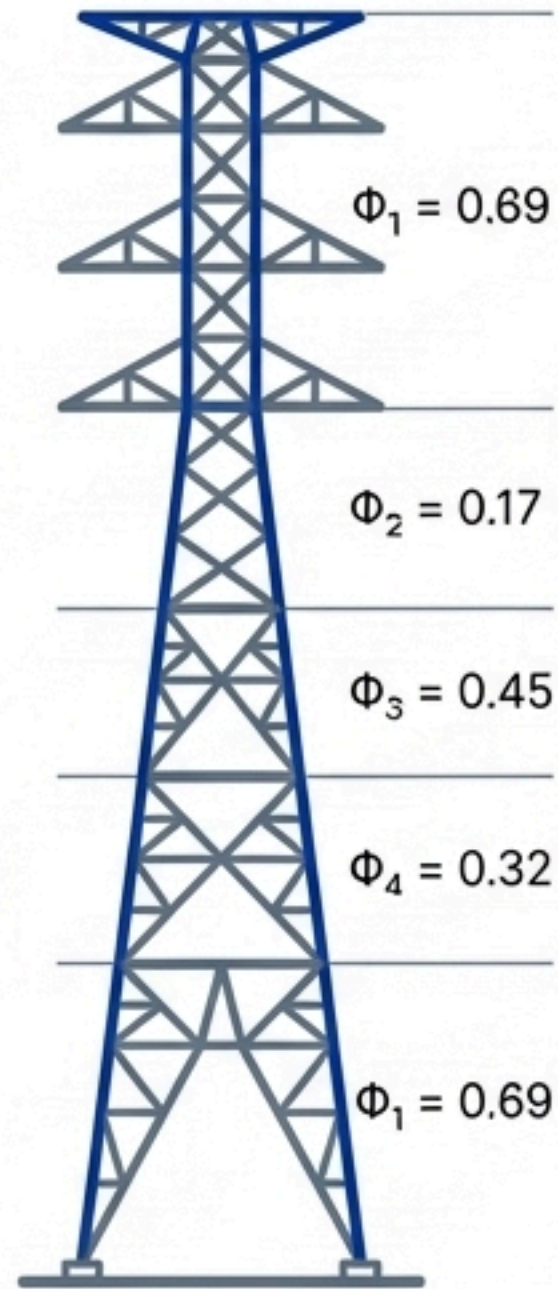
Torres de Ángulo



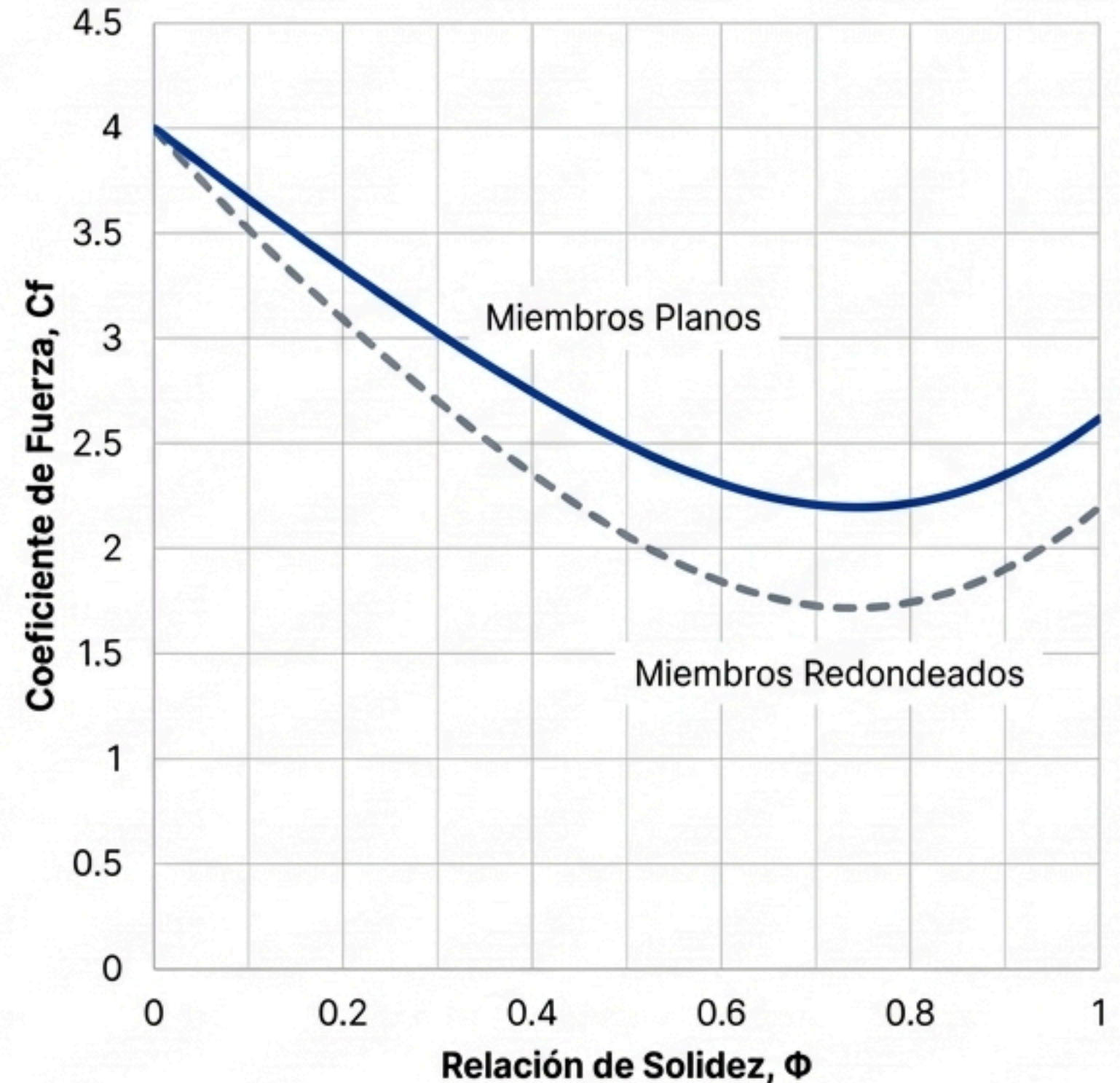
Resisten la componente transversal de la tensión del conductor debida al cambio de dirección.

Profundización Técnica: Viento sobre Torres de Celosía

- El viento sobre la estructura se calcula por secciones de altura.
- **Relación de Solidez (Φ):** Es la relación entre el área neta de los miembros y el área bruta de la cara de la torre.
($\Phi = A_m / A_o$).
- El **Coefficiente de Fuerza (C_f)** de la torre depende de la forma (cuadrada, triangular) y de esta relación de solidez.



Cf vs. Relación de Solidez (Secciones Cuadradas)



ASCE 74 en Contexto: Comparación con Otras Normas

Criterio	ASCE 74	NESC	IEC 60826 / CIGRÉ
Filosofía	Diseño Basado en Fiabilidad (LRFD)	Mínimos de Seguridad Legislativos	Práctica Internacional, enfoque similar
Enfoque Cargas	Basado en MRI (100 años rec.)	Zonas de carga geográfica	Basado en niveles de seguridad y MRI
Uso Principal	Práctica de referencia en EE.UU.	Código legal mínimo en EE.UU.	Estándar común fuera de EE.UU.

Profundización Técnica Viento sobre Torre Celosía



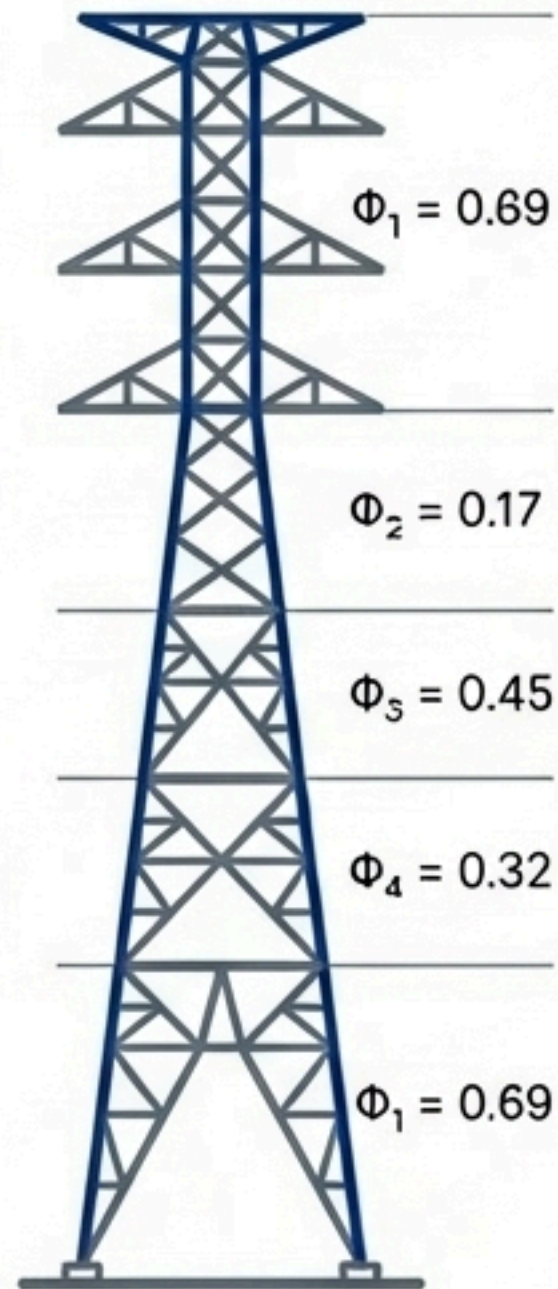
Caso Práctico (Parte 1): Análisis de Torre de Suspensión - Datos

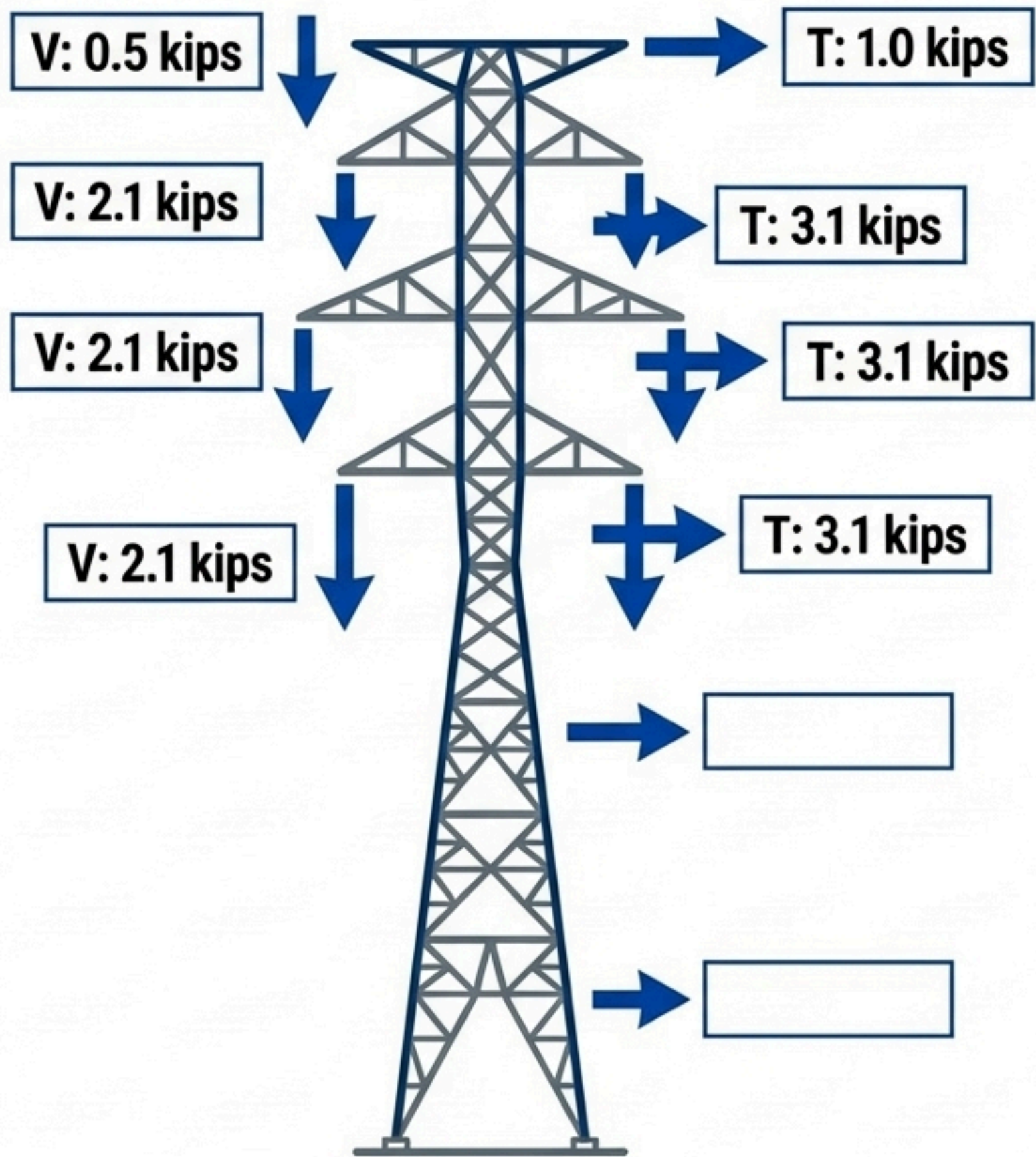
Descripción del Problema: Basado en el Ejemplo 5.0 del manual.

Datos de Diseño Clave

Ubicación:	Utah
MRI de Diseño:	100 años
Velocidad Viento Extremo:	90 mph
Espesor de Hielo:	0.25 in (con viento concurrente de 40 mph)
Vano de Regulación:	1,250 ft
Vano de Viento:	1,500 ft
Vano de Peso:	1,800 ft

- El viento sobre la estructura se calcula por secciones de altura.
- **Relación de Solidez (Φ):** Es la relación entre el área neta de los miembros y el área bruta de la cara de la torre.
($\Phi = A_m / A_o$).
- El **Coefficiente de Fuerza (C_f)** de la torre depende de la forma (cuadrada, triangular) y de esta relación de solidez.





Caso Práctico (Parte 2): Resultados del Cálculo de Cargas

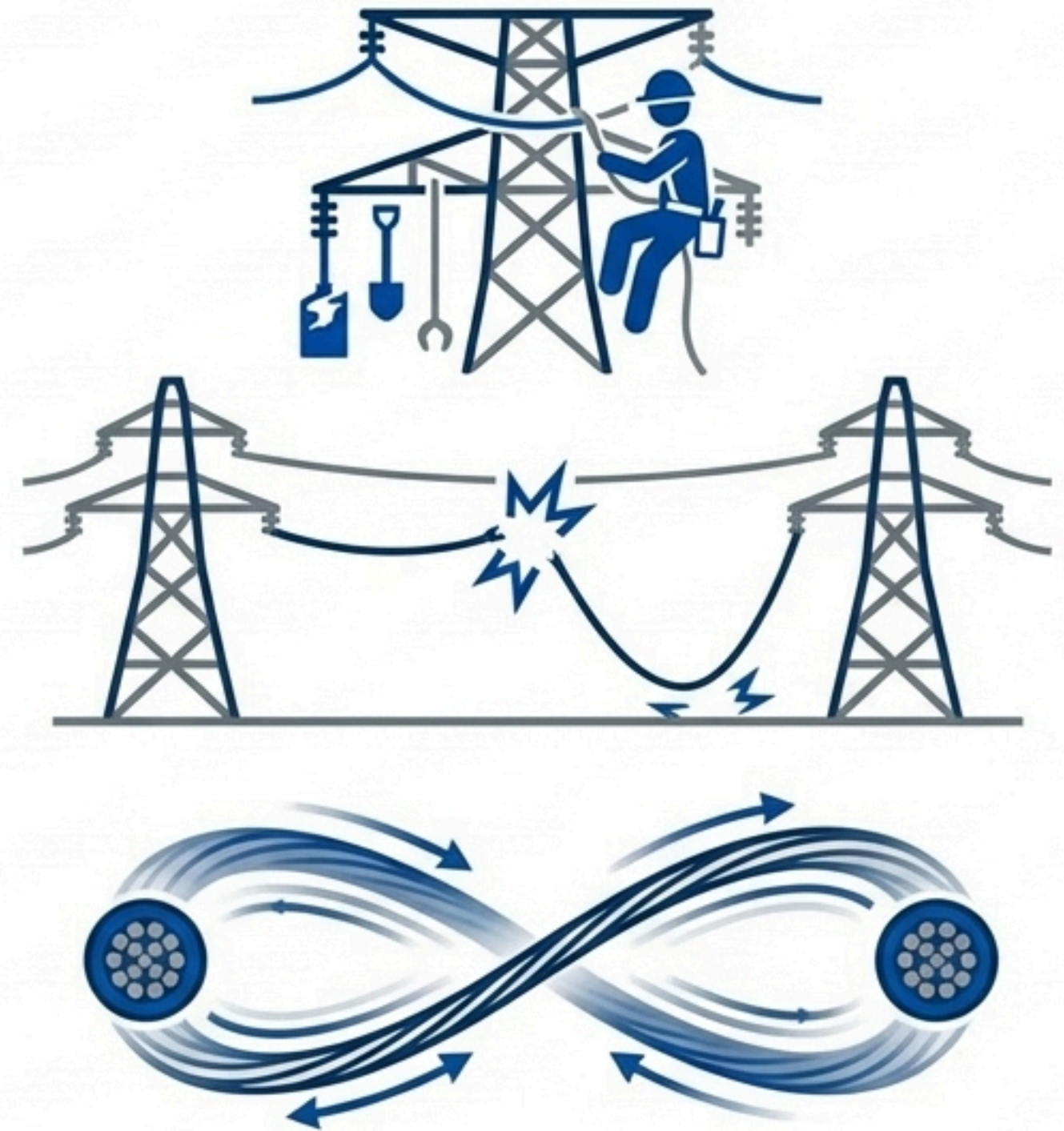
Resumen de Resultados (Caso de Viento Extremo):

- Presión de viento sobre cables: **16.1 psf**
- Cargas resultantes en conductor:
 - Vertical (V): **2.1 kips**
 - Transversal (T): **3.1 kips**
- Cargas resultantes en cable de guarda:
 - Vertical (V): **0.5 kips**
 - Transversal (T): **1.0 kips**
- Cargas de viento sobre la estructura (por sección).

Consideraciones Adicionales: Cargas Dinámicas y de Seguridad

Breve Mención de Otras Cargas (Capítulo 3):

- **Construcción y Mantenimiento:** Cargas durante el tendido de cables y el acceso de operarios.
- **Contención de Fallos**
Contención de Fallos: Lógica detrás de las cargas de rotura de conductor para prevenir fallas en cascada.
- **Vibración y Galope (Galloping):**
Fenómenos dinámicos que deben ser considerados para evitar fallos por fatiga o cortocircuitos.



Conclusiones Técnicas: Puntos Clave



ASCE 74 proporciona un marco completo basado en la fiabilidad, superando los mínimos de seguridad.



La filosofía LRFD es fundamental para gestionar sistemáticamente las incertidumbres en cargas y resistencias.



El análisis detallado de cargas climáticas (viento, hielo) y operacionales (longitudinales, contingencias) es esencial.



La norma es una herramienta viva que evoluciona con nuevos datos y experiencia.



De la Incertidumbre a la Confiabilidad Estructural

La aplicación rigurosa de los principios de ASCE 74 transforma las fuerzas impredecibles de la naturaleza en infraestructura eléctrica segura y resiliente, fundamental para la sociedad.