

Por efecto de las vibraciones se producen diversos fenómenos:

a) Aparecen impactos irregulares no uniformes y ondas viajeras que surgen en respuesta al esfuerzo en el cable, a causa de la componente de la presión fluctuante del viento o excitaciones por movimientos aleatorios del mástil.

El mástil puede vibrar mediante la combinación de varios modos, a frecuencias próximas una a otras. No se excluyen impactos de larga amplitud que provocan una onda viajera

transversal a una velocidad $c = \sqrt{\frac{S_o}{\mu}}$ y que refleja hacia extremos del cable.

b) Se producen vibraciones uniformes en frecuencia de modo fundamental pueden ser causadas por inestabilidad dinámica de cables congelados

c) Pueden existir vibraciones rápidas correspondientes a frecuencias > 10 Hertz ocurren independientes del movimiento de los extremos, debidas al efecto excitación aerodinámica por vórtices.

Si bien los cables no están teóricamente tensionados, ejercen esfuerzos en los anclajes y si pueden oscilar, se induce un momento secundario en el punto de anclaje, provocando tensiones de importancia.

Las magnitudes de estas tensiones, son difíciles de calcular y se repiten por un número elevado de ciclos, pueden causar fatiga en los cables.

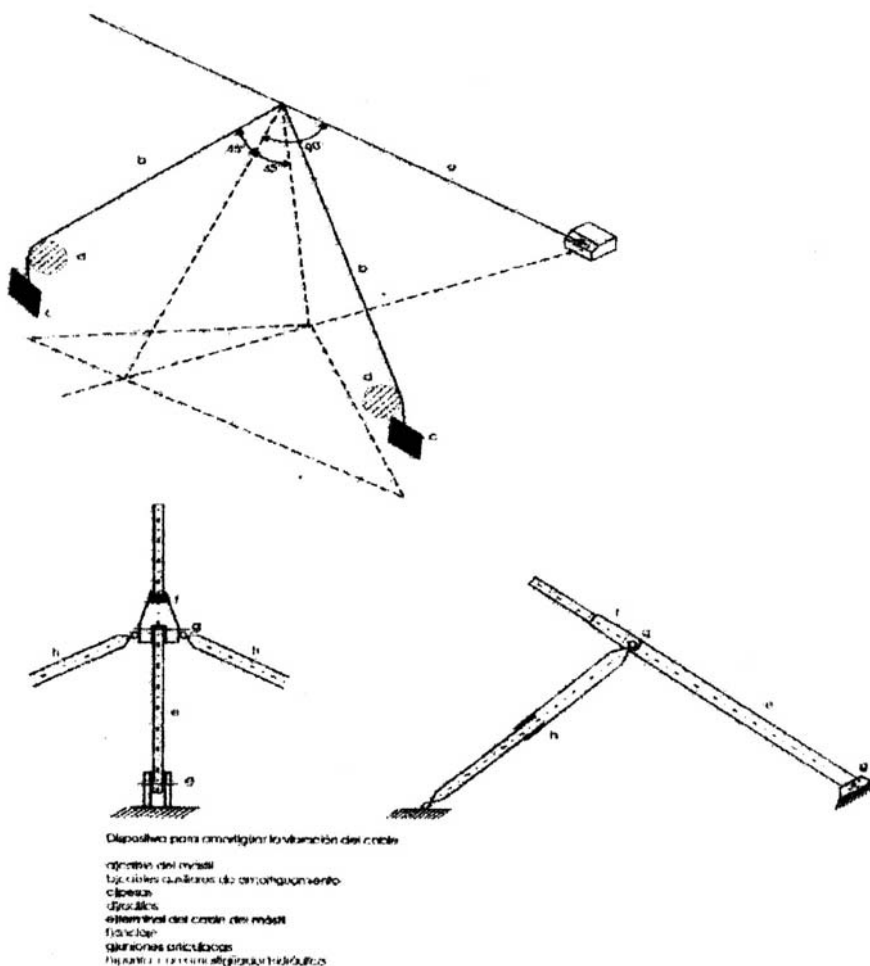


Fig. 13.32.- Sistemas para evitar vibraciones (Ref 34)

Soluciones:

Para evitar este problema, es necesario diseñar algún sistema y por lo menos el enganche debe ser suave, libre de moverse y permitir rotaciones en ambos planos.

Las vibraciones de alta frecuencia son más fáciles de amortiguar (fig.13.32)

También pueden utilizarse amortiguadores (stockbridge dampers) que se colocan en el tramo de cable y consisten en dos pesas paralelas al cable (8 a 15 kg) (Fig.13.33 a) o en dirección perpendicular al cable) (Fig. 13.33 b)

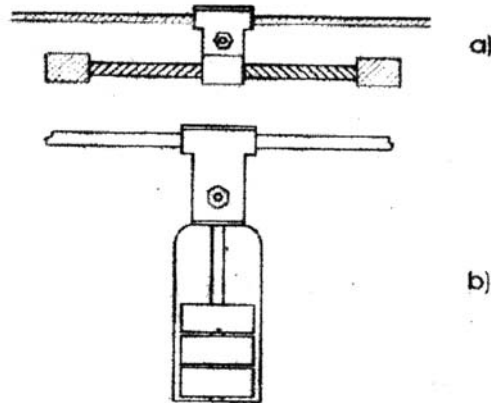


Fig 13.33.- Amortiguadores en cables [Ref 34]

Amortiguadores usados en líneas eléctricas

- a) Amortiguadores SIOCKBRIDGE horizontal
- b) Amortiguadores de masa vertical

El amortiguamiento de ondas de bastante amplitud en baja frecuencia, puede realizarse con anclajes adicionales cerca de la unión del cable con la tierra, mediante dos cables adicionales unidos al suelo o con superficies de fricción sobre las cuales se mueven estos cables tesados.

13.6 - Torres macizas [34]

Se refiere a estructuras de sección anular y generalmente variable con la altura (Torres de TV, de observación, chimeneas, torres de enfriamiento, etc.)

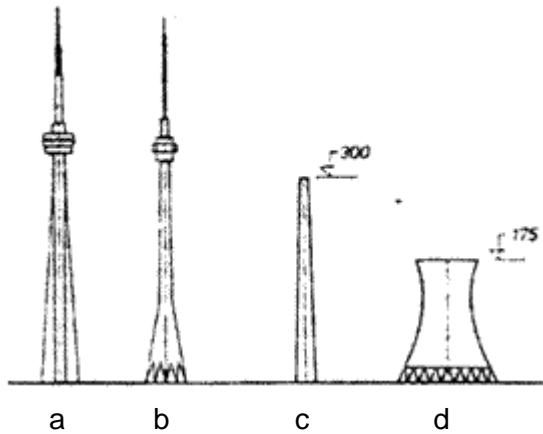
Ejemplos:

Torres de hormigón armado: Torre de observación de Toronto H = 550 m

Torre de observación de Moscú H = 533 m

Chimeneas: Planta eléctrica - Checoslovaquia H = 300 m (hormigón armado) Torre de enfriamiento Inglaterra : H = 175 m

En Fig.13.34 se dan ejemplos de estructuras elevadas



- a) Torre de observación – Toronto – Canadá
- b) Torre de observación de Moscú – Rusia
- c) Chimenea de planta eléctrica – Checoslovaquia
- d) Torre de enfriamiento - USA

Fig. 13.34.- Estructuras esbeltas [Ref 34]

Efecto Estático:

Las dimensiones influyen en el comportamiento de la estructura. El flujo puede considerarse bidimensional y los fenómenos que ocurren en el borde libre del sistema empotrado en la base adquieren importancia. Este fenómeno se analizó en túnel de viento (Fig. 13.35) en diversos modelos de chimeneas. En este caso, la altura es doce veces el diámetro.

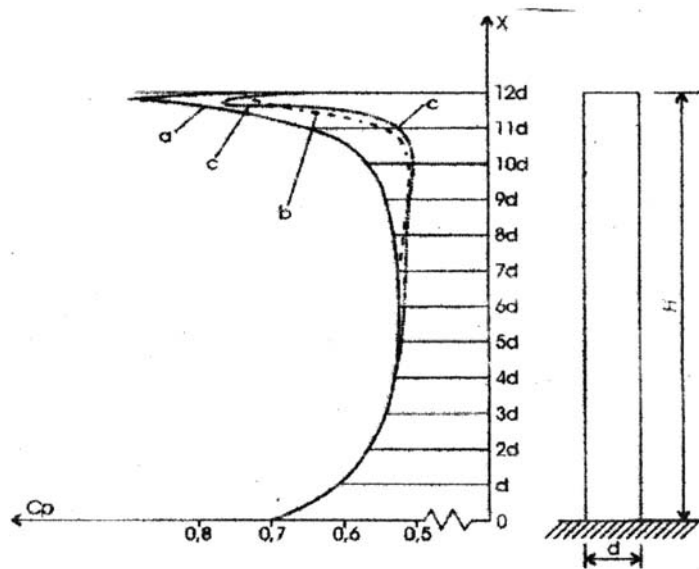


Fig. 13.35 - Distribución de las presiones del viento a lo largo de la altura de la chimenea (Ref.34)

El número de Reynolds correspondiente es $Re = 2,7 \cdot 10^6$. En abscisa figura el coeficiente de arrastre C_D y en ordenada la altura de la chimenea. Hay tres curvas que corresponden a:

- a) Orificio abierto sin salida de gases:
- b) Orificio abierto con salida de gases
- c) Orificio cerrado

Efecto dinámico longitudinal

La componente fluctuante del viento produce vibraciones en sentido longitudinal y los Reglamentos limitan las deformaciones producidas por este movimiento.

Efecto dinámico transversal.

La turbulencia atmosférica hace vibrar la estructura en sentido transversal como respuesta a

una carga aleatoria cuando aparecen los vórtices de Karman.,especialmente si la estructura es de acero con poco amortiguamiento (chimeneas)

Ejemplo: Torre de TV en Norther Bohemica (de sección circular de acero) (Fig.13.36)

A nivel 151 m ,se construyó una cabina de diámetro 7,90 por 10 m. de altura

Las dimensiones eran:

D: 18 m d: 3,5 m h: 151 m H: 182 m

A una velocidad de $V= 6/13$ m/seg. se producía un desplazamiento en la cima de 1,05 m ,lo cual creaba problemas de confort

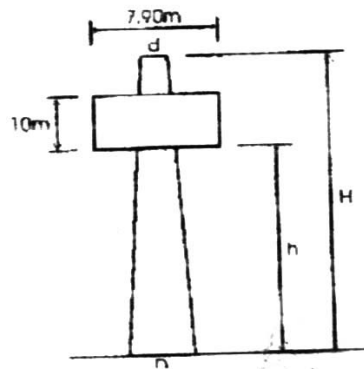


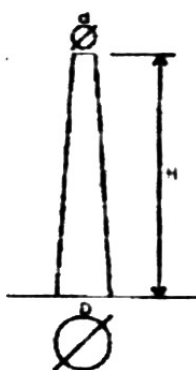
Fig 13.36.- (Ref. 34)

El movimiento en la cima era excesivo y para solucionarlo se hicieron entalladuras helicoidales en la cabina, con lo cual se redujo la amplitud a 0,20 m a una velocidad del viento de 10 a 20 m/seg con frecuencias de 0,33 y 0 263 Hz respectivamente $Re: 3,4 \cdot 10^2$ (a 6 m/seg).

Las chimeneas de mampostería pueden alcanzar una altura de 40 m

Las de hormigón armado prefabricado: $40 < H < 120$ m

Las de hormigón armado con encofrado deslizante pueden alcanzar los 400 m



Monterrey (USA) :H:68 m. D: 3,66m. $Re: 2 \cdot 10^6$ $V = 7,92$ m/s

S. Clara (USA) H: 91,5 m. $Re: 7 \cdot 10^6$ D = 4,90 m. $V = 20,7$ m/s

Fig. 13.37 Ejemplos de chimeneas donde se produjeron vibraciones transversales con resonancia

Suele producirse en las chimeneas un fenómeno denominado "ovalización" debido a que el extremo a abierto o la sección transversal no es suficientemente rígida y se originan deformaciones ovals periódicamente que deben ser controladas (Fig. 13.40).

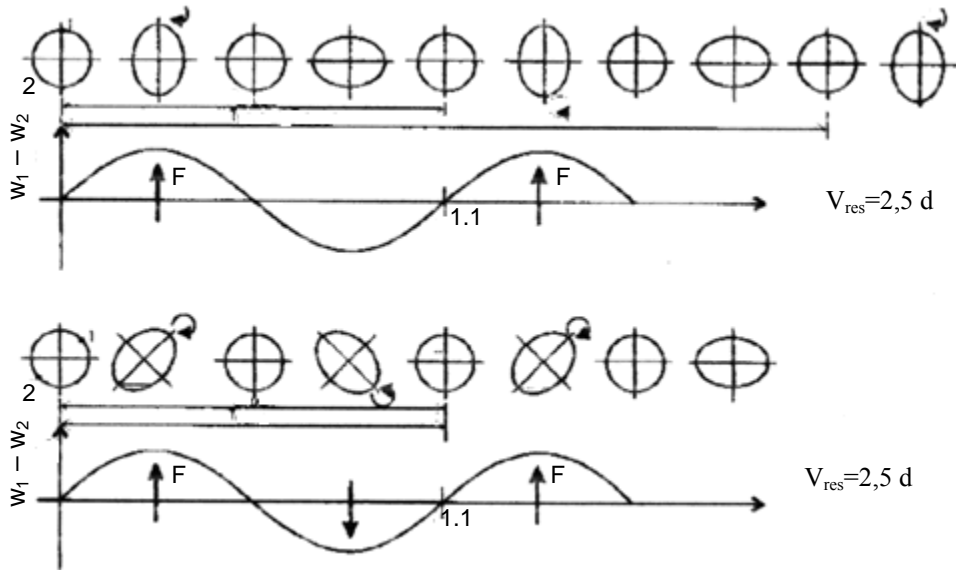


Fig. 13.38.-Fenómeno de ovalización en chimeneas [Ref. 34]

En chimeneas podemos reducir el riesgo de acciones transversales, modificando la textura exterior mediante orificios o nervaduras (Fig. 13.39)

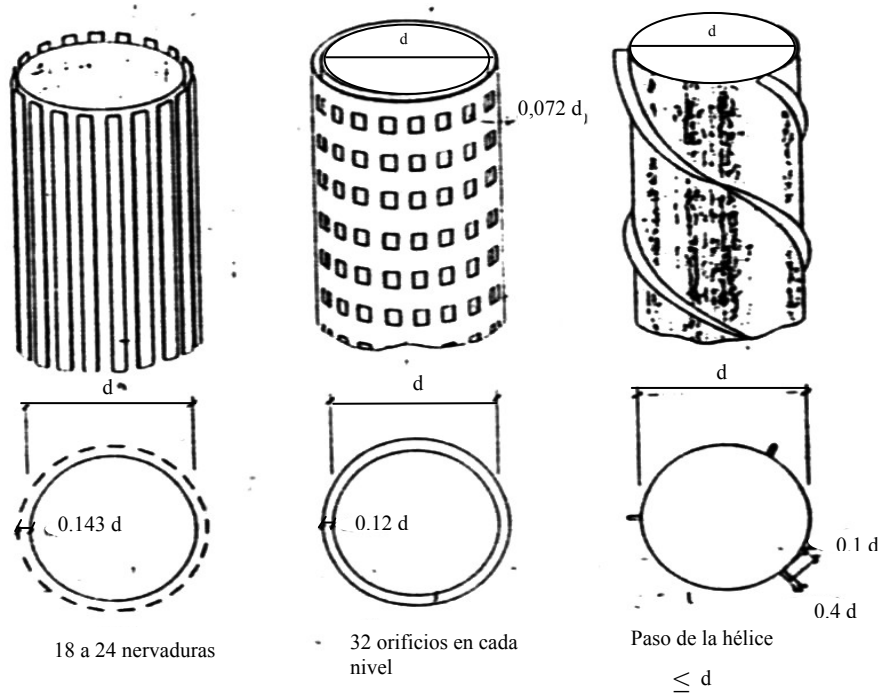


Fig.13.39 Diferentes texturas en la superficie exterior de una chimenea [Ref. 34]

La frecuencia de excitación es variable dentro de un amplio rango, resulta difícil estabilizarla y también es complicado determinarla en forma experimental exactamente.