

# METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA ACELERACIÓN INDUCIDA POR EL VIENTO EN EDIFICIOS ALTOS

ADRIÁN POZOS ESTRADA  
Y ADRIÁN LÓPEZ IBARRA

Debido a su flexibilidad y bajo amortiguamiento estructural, los edificios altos pueden presentar aceleraciones excesivas inducidas por el viento. Algunos códigos o normas que incluyen curvas de percepción de aceleración son: NBCC (2005), AIJ (2004) e ISO10137 (2007). En México, el Manual de Obras Civiles para el Diseño por Viento (MOCDV, 2008) también propone el empleo de dos límites de percepción de aceleración. También, la Norma Técnica Complementaria para Diseño por Viento (NTCDV, 2004) propone el empleo de una aceleración límite. La comparación de las curvas de percepción de aceleración de estos códigos y normas se presenta en la figura 1.

Se observa en la fig 1 que el nivel de percepción de la aceleración depende de la frecuencia y del uso de la estructura. Los criterios propuestos en estos códigos o normas no incorporan la incertidumbre en la respuesta, las propiedades dinámicas o en las características del viento.

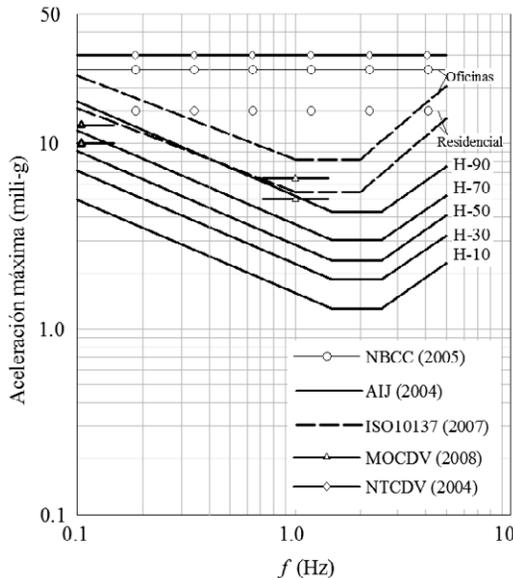


Figura 1. Comparación de curvas de percepción de aceleración

Con la reciente y continua construcción de edificios altos en México, se consideró necesario proponer una metodología para evaluar la aceleración inducida por el viento en este tipo de estructuras, que incluyera la incertidumbre en la respuesta, las propiedades dinámicas y las condiciones del viento en México.

## Metodología

Para la metodología se adoptó la curva de percepción de la ISO10137 (2007) para uso residencial de la estructura, debido a que los valores de aceleración son consistentes con aquellos sugeridos por el MOCDV (2008). Al considerar la incertidumbre en la respuesta, las propiedades dinámicas y las características del viento para México (Pozos-Estrada y López-Ibarra, 2016) y el procedimiento matemático descrito en Pozos-Estrada *et al* (2010), el siguiente factor de aceleración, que fue calibrado de acuerdo a la curva de percepción adoptada, puede ser empleado para la revisión del diseño del edificio:

$$F_{A_i} (P_{fp}, F_c) = \alpha(F_c) \cdot \ln(P_{fp}) + \beta(F_c) \quad (1)$$

donde  $P_{fp}$  es la probabilidad de percepción de aceleración,  $F_c$  es un factor de clima que depende de la ubicación del edificio, y las funciones  $\alpha$  y  $\beta$  se definen como:

$$\alpha(F_c) = -0.135 \cdot \ln(F_c) - 1.69 \quad (2)$$

$$\beta(F_c) = -0.655 \cdot \ln(F_c) - 0.50 \quad (3)$$

El empleo de la ecuación (1), junto con la curva de percepción de la ISO10137 (2007) para uso residencial se describe en el siguiente ejemplo.

## Ejemplo de aplicación

Considere que se desea conocer si es aceptable la aceleración máxima inducida por el viento en un edificio de 100 m de alto, ubicado en la ciudad de México. Para el análisis se realizó un modelo matemático del edificio con un *software* comercial (fig 2). Se realizó un análisis modal para identificar las frecuencias y modos de vibrar de la estructura. Las tres primeras formas modales y sus frecuencias de vibrar se presentan en la fig 3. Historias en el tiempo de fuerzas turbulentas del viento fueron simuladas y aplicadas al modelo en la dirección Y para determinar la aceleración máxima a la altura del edificio. La fig 4 muestra la historia de aceleraciones en la parte alta del edificio en la dirección Y.

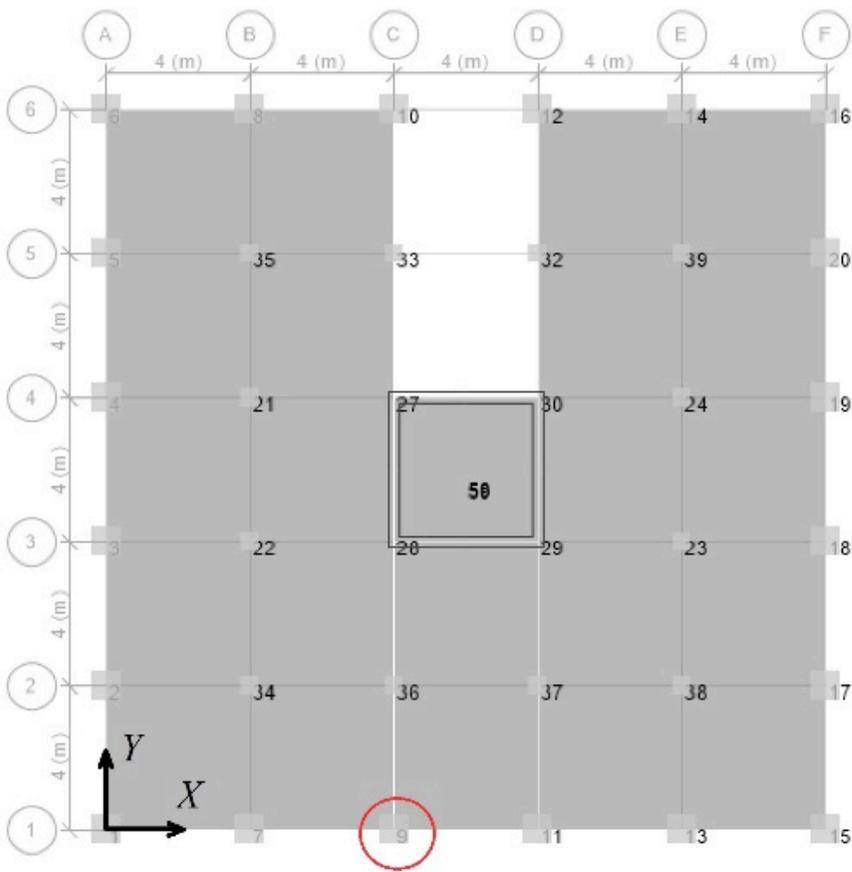


Figura 2. Vistas del modelo matemático (en círculo rojo el punto analizado).

De la fig 4, la aceleración máxima calculada es igual a 5.62 mili-g. Para verificar si esta aceleración es aceptable, el factor de aceleración de la ecuación (1) y la curva de percepción de aceleración de la ISO10137 (2007) para uso residencial se emplean de la siguiente manera:

1) Leer la aceleración máxima de la curva ISO10137 (2007) para una frecuencia igual a 0.33 Hz. Esta aceleración máxima es igual a 9.30 mili-g.

2) Calcular el factor de aceleración, con la ecuación (1). Si la probabilidad de percepción de aceleración ( $P_{pp}$ ) especificada es igual a 0.8 y el factor de clima para la ciudad de México,  $F_c$ , es igual a 0.09 (Pozos-Estrada y López-Ibarra, 2016), el factor de aceleración es igual a 1.38.

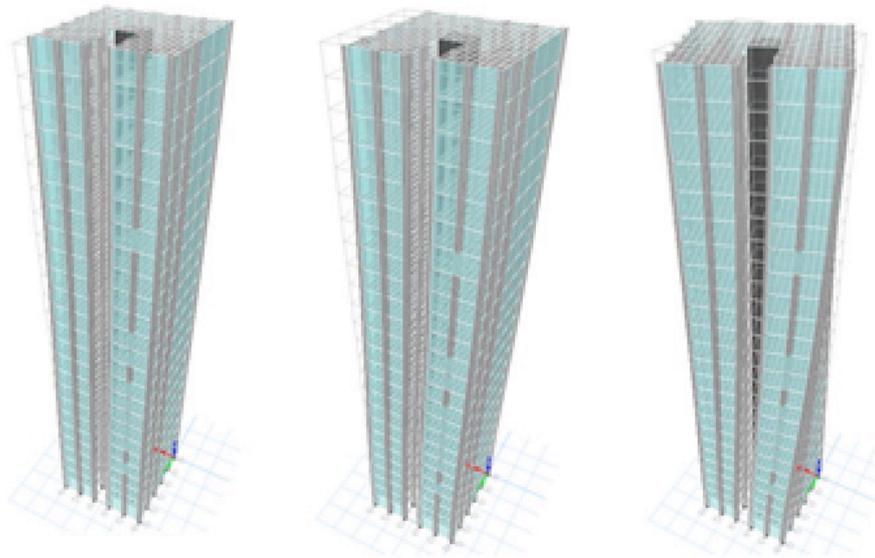
3) Factorizar la aceleración máxima identificada en el análisis dinámico (5.62 mili-g), empleando el factor de aceleración calculado (1.38). La aceleración factorizada es igual a 7.76 mili-g (1.38 x 5.62 mili-g).

4) Verificar que la aceleración factorizada (7.76 mili-g) sea menor o igual que la aceleración especificada en la curva de percepción de aceleración empleada (9.30 mili-g). La comparación indica que, en términos de servicio, la aceleración que presenta el edificio es aceptable.

#### Comentarios finales

La metodología propuesta para evaluar la aceleración máxima inducida por el viento en edificios toma en cuenta la incertidumbre asociada con la respuesta máxima, las propiedades dinámicas de la estructura y las características del viento para México. El empleo de esta metodología considera las condiciones del viento en México de forma explícita a través del factor del clima  $F_c$ , así como la probabilidad de percepción de la aceleración ( $P_{pp}$ ).<sup>1</sup>

*Nota: La información aquí presentada es el resultado del proyecto Propuesta de un Estado Límite de Servicio para Edificios Sensibles al Viento en México realizado con apoyo económico del IIUNAM.*



$$f_X = 0.32 \text{ Hz}$$

$$f_Y = 0.33 \text{ Hz}$$

$$f_\theta = 0.48 \text{ Hz}$$

Figura 3. Modos de vibrar de la estructura.

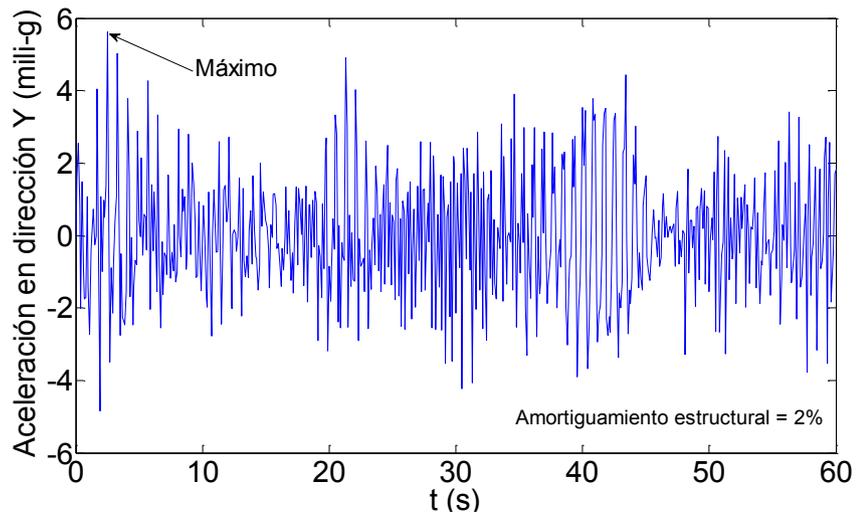


Figura 4. Aceleración en la parte alta del edificio.