

## ESTABILIDAD GLOBAL FRENTE A ESFUERZOS DE VIENTO

### 1) ESTRUCTURAS TRASLACIONALES E INSTRASLACIONALES

#### 1.1) Definición:

- Estructuras intraslacionales: aquellas cuyos nudos, bajo solicitaciones de cálculo, presentan desplazamientos transversales cuyos efectos pueden ser despreciados desde el punto de vista de la estabilidad del conjunto.

- Estructuras traslacionales aquellas cuyos nudos, bajo solicitaciones de cálculo, presentan desplazamientos transversales cuyos efectos no pueden ser despreciados desde el punto de vista de la estabilidad del conjunto.

#### 1.2) Según norma EN 1996 Part 1-1 General Rules:

#### 5.4 Second order effects

(1) Structures incorporating masonry walls designed according to this EN 1996-1-1 shall have their parts braced together adequately so that sway of the structure is either prevented or allowed for by calculation.

(2) No allowance for sway of the structure is necessary if the vertical stiffening elements satisfy equation (5.1) in the relevant direction of bending at the bottom of the building:

$$h_{\text{tot}} \sqrt{\frac{N_{\text{Ed}}}{\sum EI}} \leq 0,6 \quad \text{for } n \geq 4$$

$$\leq 0,2 + 0,1 n \quad \text{for } 1 \leq n \leq 4 \quad (5.1)$$

where:

$h_{\text{tot}}$  is the total height of the structure from the top of the foundation;

$N_{\text{Ed}}$  is the design value of the vertical load (at the bottom of the building);

$\sum EI$  is the sum of the bending stiffnesses of all vertical stiffening building elements in the relevant direction;

NOTE Openings in vertical stiffening elements of less than 2 m<sup>2</sup> with heights not exceeding 0,6  $h$  may be neglected.

$n$  is the number of storeys.

(3) When the stiffening elements do not satisfy 5.4(2), calculations should be carried out to check that any sway can be resisted.

NOTE A method for calculating the eccentricity of a stability core due to sway is given in Annex B

Lo cual es análogo a lo indicado en la norma UNIT 1050:2005 (Art 43.3 y 43.4) y EHE-08 (art 43.1 y 43.1.2) y de los cuales recogemos los siguientes textos para ayudar a capitalizar conceptos:

1.2.1) Según EHE 08 art 43.1, 43.1.2 Y 43.3:

Pueden considerarse como claramente intraslacionales las estructuras aporticadas provistas de muros o núcleos de contraviento, dispuestos de forma que aseguren la rigidez torsional de la estructura, que cumplan la condición:

$$N_d \leq k_1 \frac{n}{n+16} \frac{\sum EI}{h^2}$$

donde:

- $N_d$  Carga vertical de cálculo que llega a la cimentación con la estructura totalmente cargada.
- $n$  Número de plantas.
- $h$  Altura total de la estructura, desde la cara superior de cimientos.
- $\sum EI$  Suma de rigideces a flexión de los elementos de contraviento en la dirección considerada, tomando para el cálculo de  $I$ , la inercia de la sección bruta.
- $k_1$  Constante de valor 0,62. Esta constante se debe disminuir a 0,31 si los elementos de arriostramiento han fisurado en Estado Límite Último.

#### 43.1.2 Campo de aplicación

Este artículo concierne a la comprobación de soportes aislados, estructuras aporticadas y estructuras reticulares en general, en los que los efectos de segundo orden no pueden ser despreciados.

La aplicación de este artículo está limitada a los casos en que pueden despreciarse los efectos de torsión.

Esta Instrucción no cubre los casos en que la esbeltez mecánica de los soportes es superior a 200.

En soportes aislados, los efectos de segundo orden pueden despreciarse si la esbeltez mecánica es inferior a una esbeltez límite asociada a una pérdida de capacidad portante del soporte del 10% respecto de un soporte no esbelto. La esbeltez límite inferior  $\lambda_{inf}$  puede aproximarse por la siguiente expresión:

#### 43.3 COMPROBACIÓN DE ESTRUCTURAS INTRASLACIONALES

En las estructuras intraslacionales, el cálculo global de esfuerzos podrá hacerse según la teoría de primer orden. A partir de los esfuerzos así obtenidos, se efectuará una comprobación de los efectos de segundo orden de cada soporte considerado aisladamente, de acuerdo con 43.5.

1.3) Según UNIT 1050:2005, Art 43.3 y 43.4:

### 43.3 Comprobación de estructuras intraslacionales

En las estructuras intraslacionales el cálculo global de esfuerzos puede hacerse según la teoría de primer orden. A partir de los esfuerzos obtenidos se debe efectuar una comprobación del pandeo de cada soporte considerado aisladamente, de acuerdo con el apartado 43.5.

#### Comentarios

Pueden considerarse como claramente intraslacionales las estructuras aporticadas provistas de muros o núcleos de contraviento, dispuestos de modo que aseguren la rigidez torsional de la

estructura, que cumplan la condición:

$$h \sqrt{\frac{R}{EI}} \leq 0,6 \quad \text{si } n \geq 4$$

$$h \sqrt{\frac{R}{EI}} \leq 0,2 + 0,1 n \quad \text{si } n \leq 4$$

donde:

- n es el número de plantas de la estructura;
- h es la altura total de la estructura, desde la cara superior de la cimentación;
- R es la suma de reacciones en la cimentación, con la estructura totalmente cargada en estado de servicio;
- EI es la suma de las rigideces a flexión de los elementos de contraviento en la dirección considerada, tomando para el cálculo de I la sección total no fisurada.

Las expresiones fueron deducidas en función de las siguientes hipótesis ideales:

1) Los elementos arriostrantes están distribuidos en la planta de tal modo que el centro de gravedad G y el centro de esfuerzo cortante C coincidan en un mismo punto de la sección de la planta (secciones simétricas respecto a los dos ejes).

2) La sección del elemento individual de arriostramiento es constante en todo el edificio y de pared delgada en el sentido del alabeo por torsión.

3) Las cargas verticales son iguales en todos los pisos y están aplicadas en forma simétrica.

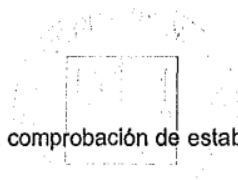
4) La resultante de las cargas verticales incide en el centro de gravedad de la sección arriostrante completa.

5) La altura de todos los pisos es constante.

6) Las losas son rígidas en su plano.

### 43.4 Comprobación de estructuras traslacionales

Las estructuras traslacionales deben ser objeto de una comprobación de estabilidad de acuerdo con las bases generales del apartado 43.2.



## 2) DISPOSICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE PANELES QUE GARANTIZAN LA ESTABILIDAD GLOBAL

Según Art 4 de “Recomendaciones para la construcción en Mampostería Estructural en Uruguay”:

A efectos de explotar al máximo las propiedades de la mampostería se recomienda:

- Las paredes de mampostería se dispondrán, en planta, de modo tal que configuren un sistema estructural resistente ante esfuerzos horizontales actuantes según dos direcciones ortogonales.

- Para conformar un mecanismo apto para resistir torsiones y reducir sus efectos a un mínimo, las paredes resistentes se dispondrán, en planta, lo más simétricamente posible.

- Excepto para construcciones de una planta, los entrepisos y techos deberán conformar diafragmas rígidos y resistentes en su plano a fin de transmitir adecuadamente los esfuerzos de corte originados por fuerzas horizontales, a las demás paredes resistentes dispuestas según la dirección de análisis considerada.

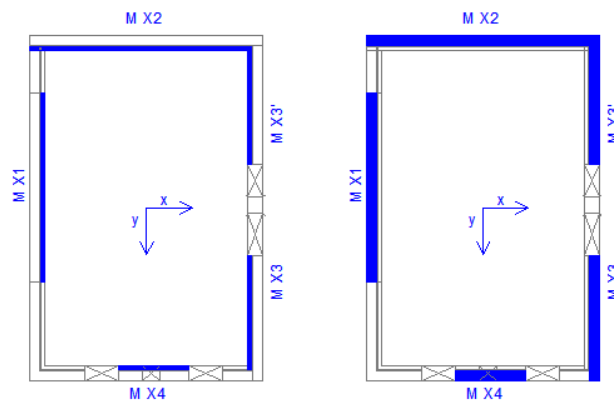
## 3) MÉTODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Se considera la acción exterior de viento actuando sobre las caras del edificio.

De esta manera, según la dirección que se considere del viento, se tendrán determinados elementos resistentes cuya inercia logrará que estos tomen las cargas en cuestión.

Se considera el siguiente ejemplo de una vivienda de 2 plantas con paredes dobles resistentes:

Muros interiores resistentes      Muros exteriores resistentes

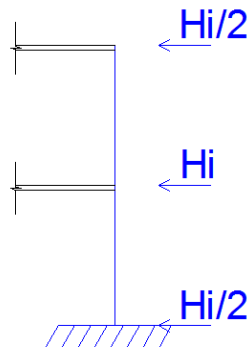


El viento actúa como una carga uniformemente distribuida sobre la cara del edificio en estudio.

Los cerramientos transmiten las cargas a las losas, las cuales, en la dirección horizontal, debido a su rigidez, trabajan como si fueran una chapa rígida que reparten las cargas a los elementos resistentes considerados según la rigidez relativa de estos.

El comportamiento es como el de un diafragma rígido con varios resortes que representan en este caso a los muros.

Fruto de lo anterior, luego los muros trabajarán como ménsulas que reciben descargas puntuales que provienen del viento y cargas verticales proveniente de las cargas gravitatorias:



Las fuerzas  $H_i$  recibidas por las ménsulas tienen como punto de aplicación el baricentro de las losas. Por otro lado, la resultante respuesta de la estructura se situará en el “baricentro de los elementos resistentes”, que tendrá como coordenadas en cada dirección:

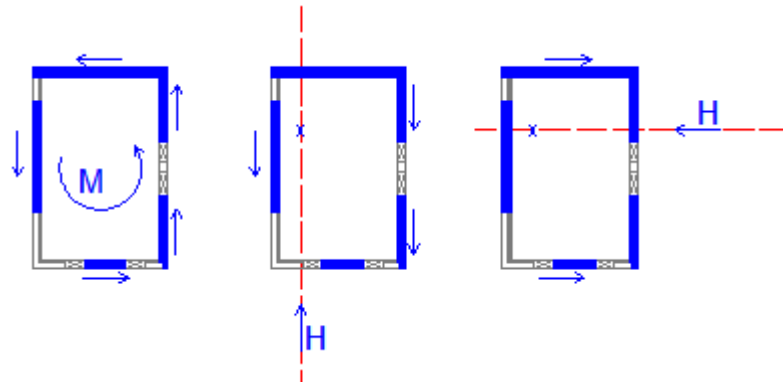
$$x = \frac{\sum I_i x_i}{\sum I_i}$$

Dónde  $I_i$  corresponde a los elementos resistentes en la dirección considerada, y  $x_i$  su “brazo de palanca” desde un origen de coordenadas.

Lo anterior tiene como resultado un momento asociado, que proviene de llevar el tórsor de los esfuerzos sobre las losas al punto antes citado.

Esto provoca que el diafragma quiera rotar entorno al punto de aplicación de la resultante de la respuesta de la estructura, los cuales serán resistidos todos los elementos resistentes, ya que provocarán un desplazamiento en las ménsulas igual  $\vartheta u_i$ , donde  $\vartheta$  es el giro que provocaría el momento y  $u_i$  es el “brazo de palanca” de la ménsula considerada medido desde el baricentro de los esfuerzos resistentes.

El esquema de lo anterior sería el siguiente:



Se tiene entonces que debido a la fuerza aplicada la carga para cada elemento es:

$$H_i = H \frac{I_i}{\sum_j I_j}$$

Mientras que para el momento que se genera la carga es:

$$F_i = \frac{M I_i u_i}{\sum I_j u_j^2}$$

Dónde  $u_j$  es el brazo de palanca de cada elemento respecto al centro de los esfuerzos.

Conociendo los esfuerzos horizontales a ser resistidos a cada muro, y la carga vertical que transmite cada uno (esta información se obtuvo anteriormente) se verifica en cada panel la máxima compresión, la máxima tracción y el cortante máximo.

### 3.1) Verificación a cortante:

Para realizar esta verificación se siguen los lineamientos de la sección 5.4.1 de la recomendación. De esta manera, se tiene que el cortante máximo resistente de una sección es el siguiente:

$$V_{uR} = \min \left\{ \begin{array}{l} (\tau_{ok} + 0,6\sigma_o) A_m \\ 1,5\tau_{ok} A_m \end{array} \right.$$

Generalmente en esta verificación el viento es desfavorable mientras que las cargas gravitatorias permanentes y de sobrecarga son favorables. Por este motivo, es de aplicación la combinación  $0,9 G_k + 1,4 W_k$ , aunque se deben verificar todos los estados.

Además de lo anterior, se deben verificar las secciones correspondientes la PB y en el apoyo de las ménsulas.

### 3.2) Verificación tracción máxima

Conocidas la directa aplicada y el momento aplicado, se tiene que la máxima tracción en cada sección será:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{W} - \frac{N}{A}$$

De esta forma, siguiendo los lineamientos de las recomendaciones se debe verificar la siguiente condición:

$$\sigma_{max} \leq \frac{f_{Ky}}{\gamma_m}$$

Por los mismos motivos que en el punto anterior, es de aplicación generalmente para este caso la combinación de esfuerzos correspondiente a  $0,9 G_k + 1,4 W_k$  aunque se deben verificar todos los estados.

### 3.3) Verificación compresión máxima

Siguiendo la idea del punto anterior, se tiene que la máxima compresión para cada sección será:

$$abs(\sigma_{min}) = \frac{M}{W} + \frac{N}{A}$$

Para este caso se deberá cumplir que:

$$\sigma_{min} \leq \frac{f_K}{\gamma_m}$$

Para este caso, generalmente, es de aplicación la combinación  $1,2 G_k + 1,2 Q_k + 1,2 W_k$  ya que la combinación  $1,4 G_k + 1,6 Q_k$  se estudia al momento de verificar el método  $\beta$  (se debe verificar igual).

## 4) COMENTARIOS/CREDITOS

Se recomienda lectura del documento “Sistemas Resistentes de Esfuerzos Laterales 2021” del curso de Proyecto Estructural Anual – 2021 FING UDELAR

Se citan textos de las normas indicadas y de los trabajos de alumnos del curso 2012.