



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Cálculo del lastre de un estabilizador de fachada

Apellidos, nombre	Monfort i Signes, Jaume ¹ (jaumemonfort@csa.upv.es) Fuentes Giner, Begoña ¹ (bfuentes@csa.upv.es) Oliver Faubel, Immaculada ¹ (inolfau@csa.upv.es)
Departamento	¹ Departamento de Construcciones Arquitectónicas
Centro	ETSIE. Universitat Politècnica de València



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



1 Resumen de las ideas clave

Los edificios existentes con grado de protección III deben conservar su fachada. El objeto de esta protección es mantener el entorno arquitectónico en el que se encuentra emplazado el edificio, pero permitiendo la generación de nuevos usos y necesidades, permitiendo la demolición o sustitución del resto del edificio.

El objeto del estabilizador de fachada (imagen 1) es sustituir el **arriostramiento horizontal** que la estructura del edificio existente proporciona al muro de fachada (imagen 2). Un estabilizador de fachada se conforma de dos componentes fundamentales: el contrapeso inferior y la estructura metálica provisional. El cálculo de la estructura metálica por norma general será facilitada por el fabricante pero el contrapeso inferior deberá calcularse y adaptarse a cada caso concreto.



Imagen 1. Ejemplos de estabilizadores instalados en fachadas de edificios

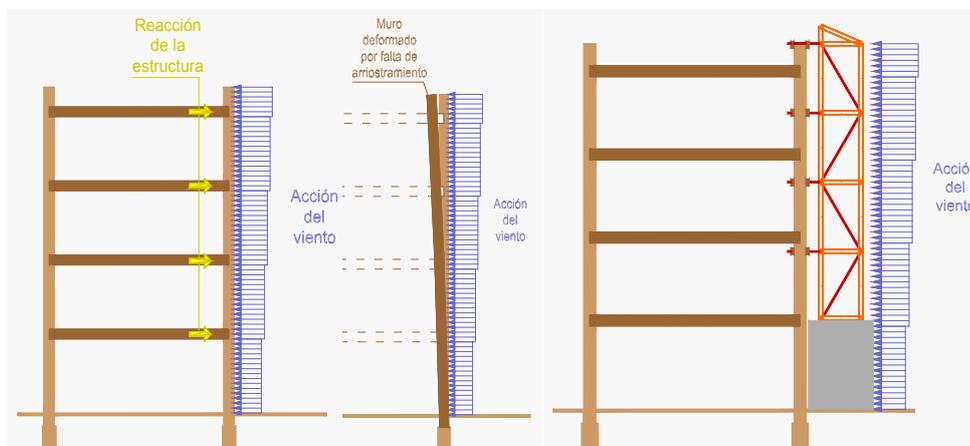


Imagen 2. Esquema de la función de arriostramiento de un estabilizador de fachada



2 Introducción

Como se ha dicho, todo estabilizador de fachada consta de dos partes:

- La **estructura metálica provisional** formada por torres tubulares o perfilaría metálica, cuya misión es arriostrar la fachada, de sección según cálculos generalmente facilitados por el fabricante del estabilizador.
- El **contrapeso inferior** o lastre, de hormigón o grava, cuya misión es lastrar y estabilizar el momento de vuelco. A diferencia de la estructura provisional, el lastre debe adaptarse y calcularse específicamente para cada caso en función de los requisitos y condiciones del entorno y de la propia obra.

El modelo que utilizaremos para el cálculo es el que se muestra en la imagen 3.

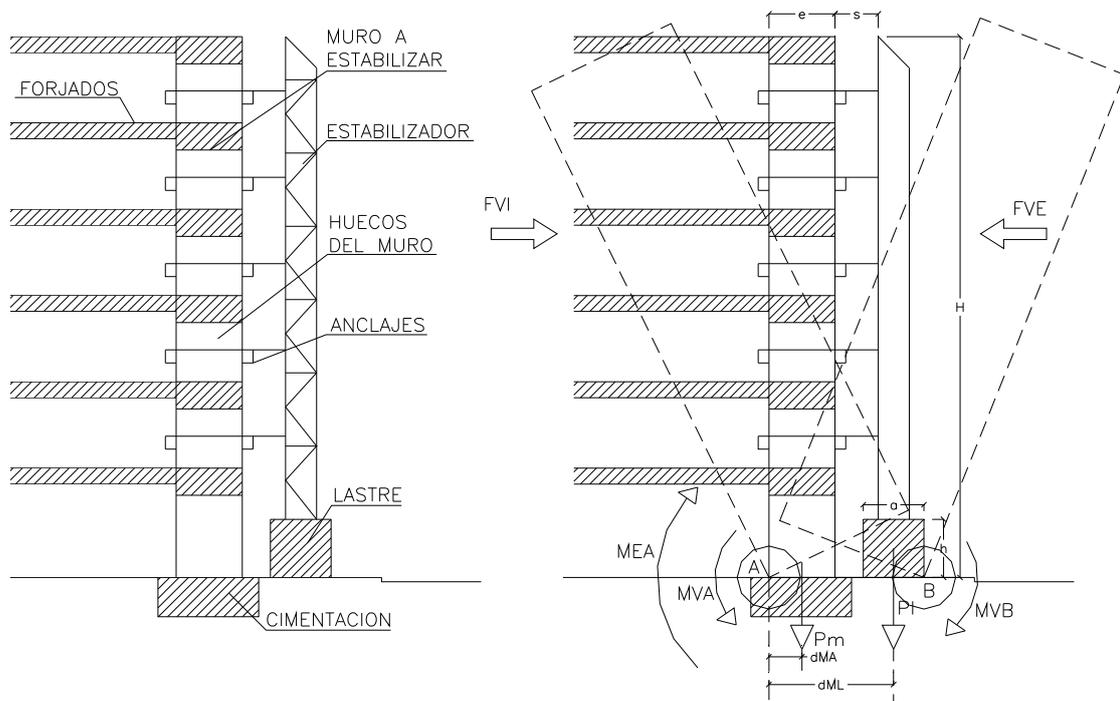


Imagen 3. Modelo para el cálculo del lastre de un estabilizador de fachada

Donde:

- F_v = Fuerza del viento desde el interior (F_{VI}) o desde el exterior (F_{VE}) calculada conforme al CTE DB-SE-AE
- H = Altura de la fachada o el muro a estabilizar.
- P_M = Peso del muro
- P_L = Peso del lastre
- H = Altura del lastre



- M_V^B = Momento de vuelco que provocaría la fuerza del viento desde el interior F_{VI} .
- M_V^A = Momento de vuelco que provocaría la fuerza del viento desde el exterior F_{VE} .
- M_e^A = Momento estabilizador en A.

3 Objetivos

Una vez que el alumno lea con detenimiento este artículo, será capaz de:

- Explicar la forma de trabajo de un estabilizador de fachada.
- Calcular la estabilidad y resistencia del estabilizador de fachada.
- Describir el proceso teórico de cálculo del contrapeso de un estabilizador.

4 Cálculo del lastre

4.1 Condiciones para el diseño del lastre del estabilizador

- El lastre de nuestro estabilizador será de **hormigón en masa** y trabajará a **compresión**.
- Partiremos del **predimensionado del ancho "a"** del lastre, ya que esta dimensión puede estar condicionada por tener que permitirse el paso para viandantes, porque sólo podemos ocupar la acera, porque haya un obstáculo (árbol, farola, etc.) en la acera, etc.
- Deberemos **dejar una distancia de no menos de 10 cm entre el lastre y la fachada**, de forma que quepa el encofrado del lastre y no se apoye en la fachada. Nunca utilizaremos la propia fachada de encofrado.
- Con el predimensionado de "a" (ancho) deberemos **conseguir un lastre con una altura "h" no demasiado esbelto que nos obligaría a armar a flexión**.

4.2 Hipótesis de cálculo del lastre del estabilizador

En este punto, es importante:

- Suponemos que la fuerza del viento más desfavorable es la que sopla desde el exterior F_{VE} , que haría volcar al conjunto "muro más estabilizador" según la charnela A, es decir que provocaría el momento de vuelco M_V^A .
- Dimensionaremos un lastre para el estabilizador de forma que una vez colocado el estabilizador, el conjunto "muro más estabilizador"

origine un momento estabilizador Me^A tal que contrarreste al momento de vuelco Mv^A .

- Como primera condición de seguridad obligaremos a que:
- $Me^A = \gamma_Q \times Mv^A$; $\gamma_Q =$ coeficiente de seguridad = 1,50
- Como segunda condición de seguridad para el cálculo del Me^A no tendremos en cuenta el peso propio de la estructura metálica del estabilizador, que en la práctica sí que colaborará a aumentar dicho momento estabilizador.
- El estabilizador de la fachada sólo pretende impedir el vuelco de la fachada y no su hundimiento.
- Hacemos todo el cálculo para 1'00 m de longitud de la fachada.
- Comprobaremos la estabilidad del conjunto en el otro sentido (de dentro hacia fuera –charnela B-) considerando la misma fuerza del viento, de forma que el momento de vuelco es el mismo.

4.3 Cálculo de la acción del viento

El cálculo de la acción del viento que actúa sobre el muro a estabilizar se realizará según CTE DB-SE-AE (ecuación 1).

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Ecuación 1. Cálculo de la acción del viento.

Siendo:

- $q_e =$ presión estática (kN/m²)
- $q_b =$ presión dinámica del viento. Se considerará 0,50 kN/m² para todo el territorio nacional
- $c_e =$ coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Tabla 3.4 del DB-SE-AE (imagen 4)
- $c_p =$ coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Anejo D del CTE SE-AE



Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,8	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Imagen 4. Tabla 3.4 del DB-SE-AE [2]; Valores del coeficiente de exposición c_e .

Aplicando los distintos coeficientes en la ecuación 1, tenemos que la presión del viento (q_e) será la siguiente:

- $q_e = 0,90 \cdot c_e$ Para la décima parte de la superficie desde el borde superior de la fachada
- $q_e = 0,25 \cdot c_e$ Para el resto de superficie de la fachada

Representado gráficamente en la imagen 5.

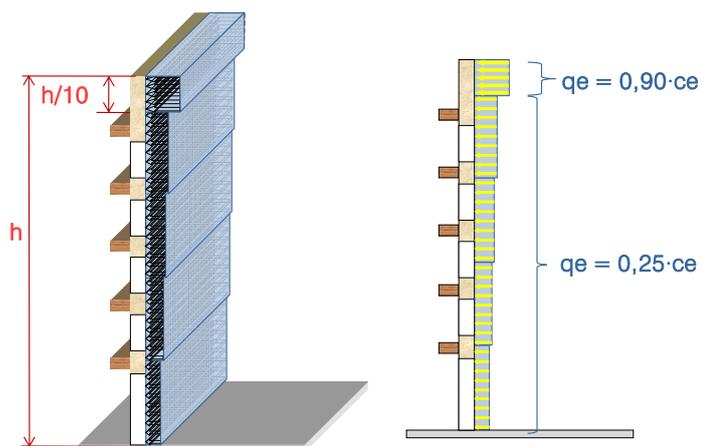


Imagen 5. Presión del viento sobre el muro



4.4 Procedimiento para el cálculo del lastre del estabilizador

1. Predimensionado del ancho del lastre
2. Cálculo de la acción del viento
3. Cálculo del Momento de vuelco en el punto A (Mv^A)
4. $Mv^A = \sum Mv_i^A = \sum F_i \times d_i$ (kN.m)
5. Momento de cálculo del estabilizador:
6. $Me^A = 1,50 \times Mv^A$
7. Expresiones para el cálculo de la altura del lastre:
8. $Me^A = P_m \times dm^A + P_l \times dl^A$
9. $P_m = e \times h \times 1,00 \times \delta_{muro} \times (1 - \% \text{ huecos})$
10. $dm^A = e/2$
11. $dl^A = a/2 + s + e$
12. $P_l = a \times h \times 1,00 \times \delta_{Hmasa}$
13. Comprobación en el punto B:
14. $Mv^B < Me^B$
15. $Mv^B = Mv^A$
16. $Me^B = P_m \times dm^B + P_l \times dl^B$
17. Comprobación de la esbeltez de la sección del lastre:
 $h \leq 3a$

5 Ejercicio resuelto

5.1 Planteamiento del caso

Se quiere instalar un estabilizador de fachada con lastre de hormigón en un edificio del casco antiguo de la ciudad de Valencia.

Los datos del edificio son los siguientes:

Longitud de fachada: 11.60 m
Ancho del muro: 0.50 m
Altura del muro: 18.00 m
Porcentaje de huecos en fachada: 40 %
Dimensión máxima de "a": 1.30 m
Separación lastre – fachada: 1.48 m



Los datos de los materiales son:

Peso específico de la fábrica de ladrillo del muro: . 18 kN/m³

Peso específico del hormigón en masa: 24 kN/m³

Peso específico del hormigón armado: 25 kN/m³

5.2 Solución

Los condicionantes de diseño del estabilizador nos los da en este caso el enunciado:

- Separación fachada – estabilizador = 1'48 m
- Predimensionado de "a" = dimensión máxima de "a" = 1'30
- Porcentaje de huecos en fachada = 40 %

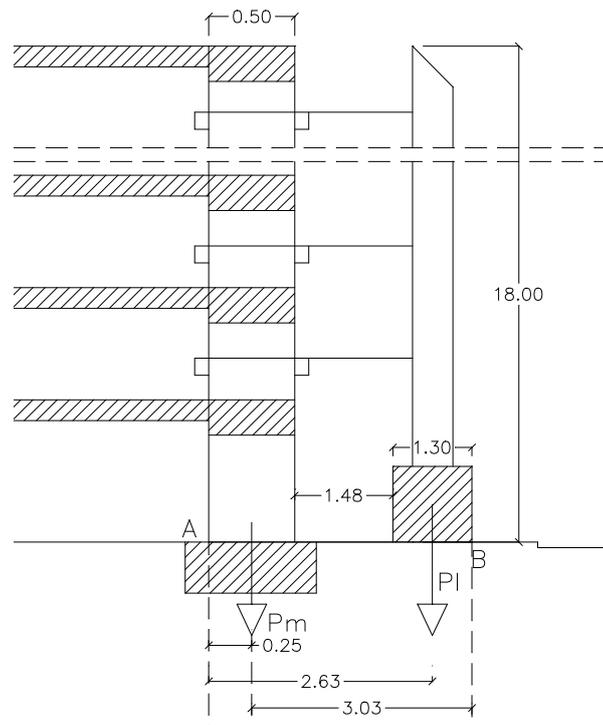


Imagen 6. Esquema de la solución de lastre del caso

Los condicionantes de cálculo a tener en cuenta son:

- Altura del muro = H = 18'00 m
- Espesor del muro = 0'50 m
- Ubicación del edificio: en zona urbana
- En la imagen 7 se determina la presión del viento en cada punto, y de las fuerzas de viento actuantes



$$Q_e (3 \text{ m}) = 0,25 \cdot 1,3 = 0,33 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (6 \text{ m}) = 0,25 \cdot 1,4 = 0,35 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (9 \text{ m}) = 0,25 \cdot 1,7 = 0,43 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (12 \text{ m}) = 0,25 \cdot 1,9 = 0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (15 \text{ m}) = 0,25 \cdot 2,1 = 0,53 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (16,2 \text{ m}) = 0,25 \cdot 2,2 = 0,55 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_e (18 \text{ m}) = 0,90 \cdot 2,2 = 1,98 \text{ kN/m}^2$$

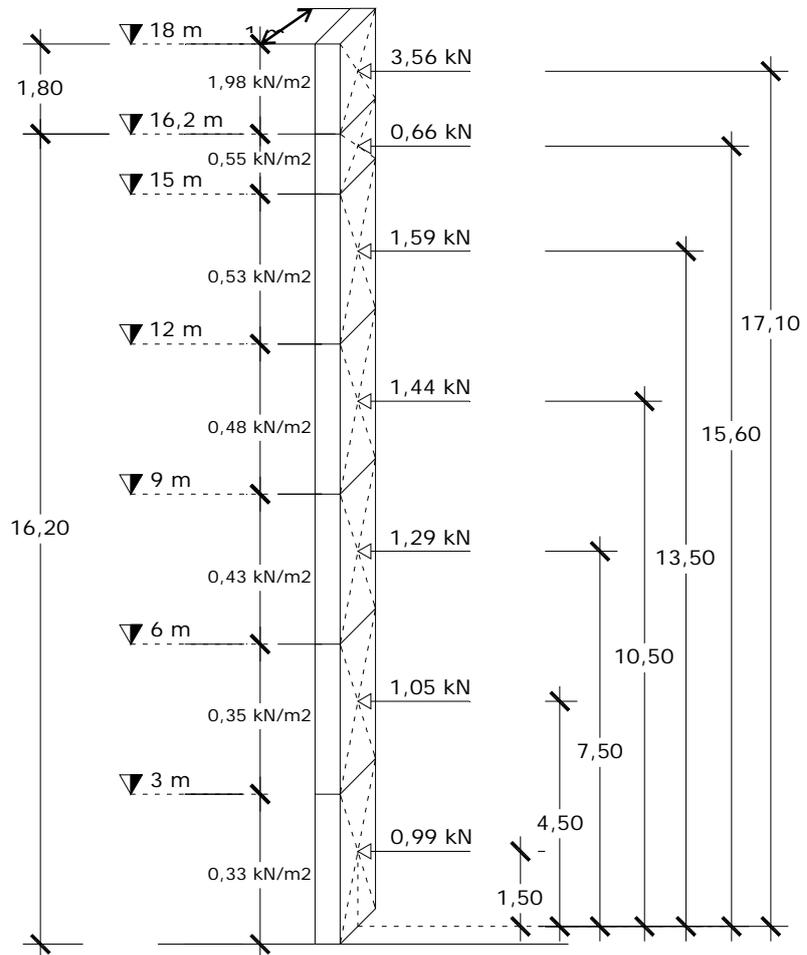


Imagen 7. Presión del viento y fuerzas resultantes del lastre del caso

Momento de vuelco en A: Provocado por el viento en dirección fuera-dentro (F_A):

- $$M_{vA} = \Sigma M_{vA} = \Sigma F_i \times d_i = (0,99 \times 1'50) + (1,05 \times 4'50) + (1,29 \times 7'50) + (1,44 \times 10'50) + (1,59 \times 13'50) + (0,66 \times 15,60) + (3,56 \times 17,10) = 123,642 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Momento del estabilizador = Momento de vuelco mayorado: Necesario para contrarrestar el momento de vuelco en A (M_{vA})

- $$M_e^A = 1'50 \times M_{vA} = 1'50 \times 123,642 = 185,463 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Cálculo de "h" del lastre para 1'00 m lineal de fachada: Momento estabilizador necesario para contrarrestar el momento de vuelco en A (M_{vA}):

- $$P_m = e \times h \times 1,00 \times \delta_{\text{muro}} \times (1 - \% \text{ huecos}) = 0'50 \times 18'00 \times 1'00 \times 18 \times 0'60 = 97,20 \text{ kN}$$
- $$d_m^A = e/2 = 0'50/2 = 0'25 \text{ m}$$
- $$d_l^A = a/2 + s + e = 1'30/2 + 1'48 + 0'50 = 2'63 \text{ m}$$



- $PI = a \times h \times 1,00 \times \delta H_{masa} = 1'30 \times h \times 1'00 \times 24 = 31,20 \times h$
- $Me^A = P_m \times dm^A + PI \times dl^A = (97,20 \times 0'25) + (31,20 \times h \times 2'63) = 185,463 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- $h = (185,463 - 97,20 \times 0'25) / (31,20 \times 2,63) = \mathbf{1,96 \text{ m}}$

Comprobación del momento estabilizador en B (Me^B): Necesario para contrarrestar el momento de vuelco en B (Mv^B):

- $Me^B = P_m \times dm^B + PI \times dl^B = 97,20 \times 3'03 + 1'30 \times 1,96 \times 1'00 \times 24 \times 0'65 = 334,26 \text{ kN} \cdot \text{m}$
- $Me^B = 334,26 \text{ kN} \cdot \text{m} > Mv^B = 185,463 \text{ kN} \cdot \text{m}$

SOLUCIÓN

$$h = 1,96 \text{ m} \cong 2,00 \text{ m}; a = 1,30 \text{ m}$$

6 Bibliografía

6.1 Normativa y Legislación:

[1] **UNE 76-501-87:** *Estructuras Auxiliares y Desmontables de Obra*. Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). Madrid, 1987.

[2] DB-SE-AE: "Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la edificación", Abril 2009, pág. 8.

6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

[3] **Andamios In, S.A.:** *In Sistemas* <http://www.insistemas.es/estab-soldier/index.htm> Consulta del catálogo del estabilizadores de fachada. [Consulta 09 de abril de 2012]

[4] **R.M.D. Kwikform:** *R.M.D. Kwikform* <http://www.rmdkwikform.com/es/productos/estabilizadores> Consulta del catálogo de estabilizadores de fachada. [Consulta: 09 de abril de 2012].