

STEEL BUILDINGS IN EUROPE

Edificios de acero de varias plantas

Parte 3: Acciones

Edificios de acero de varias plantas

Parte 3: Acciones

PRÓLOGO

Esta publicación es la parte 3 de la guía de diseño *Edificios de acero de varias plantas* (en inglés, *Multi-Storey Steel Buildings*).

Las 10 partes en que se divide la guía *Edificios de acero de varias plantas* son:

Parte 1: Guía del arquitecto

Parte 2: Diseño conceptual

Parte 3: Acciones

Parte 4: Diseño de detalle

Parte 5: Diseño de uniones

Parte 6: Ingeniería de fuego

Parte 7: Guía prescripciones técnicas del proyecto

Parte 8: Herramienta para el cálculo de la resistencia de elementos: descripción técnica

Parte 9: Herramienta para el cálculo de la resistencia de uniones: descripción técnica

Parte 10: Guía para el desarrollo de software para el diseño de vigas mixtas

Edificios de acero de varias plantas, es una de las dos guías de diseño publicadas. La segunda guía se titula *Edificios de acero de una sola planta* (en inglés, *Single-Storey Steel Buildings*).

Ambas guías han sido editadas dentro del marco del proyecto europeo *Facilitating the market development for sections in industrial halls and low rise buildings (SECHALO) RFS2-CT-2008-0030*.

Ambas guías de diseño han sido redactadas y editadas bajo la dirección de Arcelor Mittal, Peiner Träger y Corus. El contenido técnico ha sido elaborado por CTICM y SCI, colaboradores de Steel Alliance.

Índice

	Página No
PRÓLOGO	iii
RESUMEN	vi
1 INTRODUCCIÓN	1
2 POLÍTICA DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA EN 1990	2
2.1 Formato general de las comprobaciones	2
2.2 Estados límite últimos y estados límite de servicio	2
2.3 Valores característicos y valores de cálculo de las acciones	3
3 COMBINACIONES DE ACCIONES	4
3.1 Aspectos generales	4
3.2 Combinaciones de ELU	4
3.3 Combinaciones de ELS	6
4 ACCIONES PERMANENTES	8
5 ACCIONES EN LA EJECUCIÓN	9
6 SOBRECARGAS	10
6.1 Aspectos generales	10
6.2 Reducción por sobrecarga	10
6.3 Reducción debida al número de plantas	11
6.4 Cargas horizontales en parapetos	11
7 CARGAS DE NIEVE	12
8 ACCIÓN DEL VIENTO	13
8.1 Aspectos generales	13
8.2 Factor estructural $c_s c_d$	13
9 EFECTO DE LA TEMPERATURA	18
REFERENCIAS	19

RESUMEN

En el presente documento se presentan las directrices que se deben aplicar en el cálculo de las cargas sobre un edificio común de varias plantas, según lo definido en las normas EN 1990 y EN 1991. Tras una pequeña descripción sobre el formato general del cálculo de estados límite, esta guía ofrece información sobre como calcular acciones permanentes, acciones variables y combinaciones de acciones. En esta guía se incluye igualmente un ejemplo práctico de la acción del viento en edificios de varias plantas.

1 INTRODUCCIÓN

Esta guía proporciona información básica sobre las acciones a considerar en el cálculo de un edificio de varias plantas. En esta guía se describe la base del cálculo referente al concepto de estado límite y de acuerdo con el método de factor parcial, según los siguientes apartados de los Eurocódigos:

- EN 1990: Bases de cálculo estructural ^[1]
- EN 1991: Acciones en estructuras
 - Parte 1-1: Acciones generales – Densidades, pesos propios, sobrecargas en edificios ^[2]
 - Parte 1-3: Acciones generales – Cargas de nieve ^[3]
 - Parte 1-4: Acciones generales – Acciones de viento ^[4]
 - Parte 1-5: Acciones generales – Acciones térmicas ^[5]
 - Parte 1-6: Acciones generales – Acciones durante la ejecución ^[6]

2 POLÍTICA DE SEGURIDAD SEGÚN LA NORMA EN 1990

2.1 Formato general de las comprobaciones

Los estados límite pueden ser últimos (ELU) o de servicio (ELS).

Los estados límite están en función de las siguientes situaciones de cálculo:

- Situaciones de cálculo permanente (condiciones de uso normal).
- Situaciones de cálculo de transitorias (condiciones temporales referentes a la estructura, por ejemplo durante la ejecución, reforma, etc.).
- Cálculo en caso de situaciones accidentales (condiciones excepcionales de la estructura).
- Cálculo en situaciones de sismo (condiciones de la estructura ante fenómenos sísmicos). Dichos fenómenos se tratan en la EN 1998^[7], y están fuera del ámbito de esta guía.

Los estados límite de servicio se refieren al comportamiento de la estructura en su uso normal, al bienestar de sus usuarios y a la construcción.

Las comprobaciones se llevan a cabo en todas las situaciones de cálculo y casos de carga relevantes.

2.2 Estados límite últimos y estados límite de servicio

2.2.1 Estados límite últimos (ELU)

Los estados clasificados como estados límite últimos son aquellos que afectan la seguridad de los usuarios del edificio y/o la seguridad de la estructura. La estructura debe ser verificada para ELU, cuando exista:

- Pérdida del equilibrio de la estructura o de parte de la misma (EQU).
- Fallo por deformación excesiva, ruptura, pérdida de estabilidad de la estructura o de una parte de la misma (STR).
- Fallo o deformación excesiva del suelo (GEO).
- Fallo causado por fatiga u otros factores dependientes del tiempo (FAT).

2.2.2 Estados límite de servicio (ELS)

La estructura deberá ser revisada en cuanto a sus ELS cuando existan:

- Deformaciones que afecten al aspecto, el bienestar de los usuarios o el funcionamiento de la estructura
- Vibraciones que perjudiquen el bienestar de los usuarios o que limiten el funcionamiento eficaz de la estructura
- Daños que puedan afectar negativamente el aspecto, la durabilidad o el funcionamiento de la estructura.

2.3 Valores característicos y valores de cálculo de las acciones

2.3.1 Aspectos generales

Las acciones se clasifican, según su duración en el tiempo, como se indica a continuación:

- Acciones permanentes (G), por ejemplo, el peso propio de elementos estructurales, el equipamiento fijo, etc.
- Acciones variables (Q), por ejemplo, sobrecargas de uso, acciones de viento, cargas de nieve, etc.
- Acciones accidentales (A), por ejemplo, explosiones, impacto de vehículos, etc.

Determinadas acciones pueden ser clasificadas tanto como acciones accidentales y/o variables, cómo las acciones sísmicas, cargas de nieve, acciones del viento en algunas situaciones de cálculo.

2.3.2 Valores característicos de las acciones

El valor característico (F_k) de una acción es su principal valor representativo. Se puede definir, según una base estadística, como el valor seleccionado para que corresponda con la probabilidad establecida de no exceder lo aceptable, durante un “periodo de referencia” considerando la vida útil de la estructura.

Estos valores característicos se especifican en varios apartados de la EN 1991.

2.3.3 Valores de cálculo de las acciones

En términos generales el valor de cálculo F_d de una acción F se puede expresar como:

$$F_d = \gamma \psi F_k$$

donde:

F_k es el valor característico de la acción

γ es el coeficiente parcial para la acción

ψ coeficiente cuyo valor puede ser 1,00, ψ_0 , ψ_1 o ψ_2

2.3.4 Coeficientes parciales

Los coeficientes parciales suelen utilizarse para verificar las estructuras en sus ELU y sus ELS. Éstos coeficientes se pueden obtener en el Anexo A1 de la EN 1990, o de la norma EN 1991 o del Anexo Nacional correspondiente.

2.3.5 Coeficientes ψ

En las combinaciones de acciones, los coeficientes ψ son aplicados a acciones variables al objeto de considerar la reducida probabilidad de la ocurrencia simultánea de sus valores característicos.

Los valores recomendados para los coeficientes ψ en la construcción de edificios, se pueden obtener en la Tabla A1.1 del Anexo A1 de la EN 1990, o de la EN 1991, o del Anexo Nacional correspondiente.

3 COMBINACIONES DE ACCIONES

3.1 Aspectos generales

Las acciones individuales deben ser combinadas de modo que no excedan el estado límite de las situaciones de cálculo relevantes.

Las acciones que no pueden ocurrir simultáneamente, por ejemplo debido a causas físicas, no deben ser consideradas de manera conjunta en una misma combinación.

En función de los usos, la forma y la localización del edificio, las combinaciones de acciones pueden ser en base a un máximo de dos acciones variables - Véase Nota 1 en la EN 1990 § A1.2.1 (1). En el Anexo Nacional se podrá obtener información adicional.

3.2 Combinaciones de ELU

3.2.1 Equilibrio estático

Para comprobar un estado límite de equilibrio de estructuras (EQU) es necesario asegurar que:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

donde:

$E_{d,dst}$ es el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$ es el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

3.2.2 Fractura o deformación excesiva

Para verificar un estado límite de fractura de un perfil, elemento o unión (STR y/o GEO), es necesario asegurar que:

$$E_d \leq R_d$$

donde:

E_d es el valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d es el valor de cálculo de la resistencia correspondiente

Cada combinación de acciones debe incluir una acción variable principal o una acción accidental.

3.2.3 Combinaciones de acciones para situaciones de cálculo permanentes o transitorias

Según lo estipulado en la EN 1990 § 6.4.3.2 (3), las combinaciones de acciones se pueden obtener tanto de la expresión (6.10) o de las ecuaciones (6.10a y 6.10b) – dependiendo de la que sea más exigente. La elección de uno de estos dos conjuntos de ecuaciones puede estar impuesta por el Anexo Nacional.

Por regla general, la ecuación (6.10), comparada con las ecuaciones (6.10a y 6.10b), tiene un enfoque más conservador pero implica un número menor de combinaciones a considerar.

	Acciones permanentes	Acción variable principal	Acciones variables complementarias			
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	$+$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$+$	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10)
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	$+$	$\psi_{0,1} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$+$	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10a)
$E_d =$	$\xi \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j}$	$+$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$+$	$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	(6.10b)

G_k y Q_k pueden hallarse en la norma EN 1991 o en el Anexo Nacional correspondiente.

γ_G y γ_Q se pueden consultar en la Tabla A1.2(A) para equilibrio estático (EQU); Tablas A1.2(B) y A1.2(C) para fractura (STR y/o GEO) de la EN 1990 o en el Anexo Nacional correspondiente.

Tabla 3.1 Valores recomendados para coeficientes parciales

Tabla (EN 1990)	Estado límite	$\gamma_{G,inf}$	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,l}$	$\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,l}$
A1.2(A)	EQU	0,90	1,10	1,50	1,50
A1.2(B)	STR/GEO	1,00	1,35	1,50	1,50
A1.2(C)	STR/GEO	1,00	1,00	1,30	1,30

Los coeficientes ψ_0 se pueden consultar en la Tabla A1.1 de la EN 1990 o en Anexo Nacional correspondiente. Este coeficiente varía entre 0,5 y 1, salvo en cubiertas de categoría H ($\psi_0 = 0$).

ξ es un coeficiente de reducción para cargas permanentes. Según Tabla A1.2(B) de la EN 1990, el coeficiente recomendado para edificios es $\xi = 0,85$. Aunque el Anexo Nacional puede especificar un valor diferente.

Por ejemplo, según la ecuación 6.10:

Con la carga de nieve como la principal acción variable:

$$E_d = 1,35 G + 1,5 S + (1,5 \times 0,6) W = 1,35 G + 1,5 S + 0,9 W$$

Con la acción del viento como la principal acción variable:

$$E_d = 1,35 G + 1,5 W + (1,5 \times 0,5) S = 1,35 G + 1,5 W + 0,75 S$$

3.2.4 Combinaciones de acciones para situaciones de cálculo accidentales

Las combinaciones de acciones para situaciones de cálculo accidentales deben incluir una acción accidental explícita o alternatively referirse a la situación posterior a un hecho accidental.

Acciones permanentes	Acción accidental	Acción variable principal	Acciones variables complementarias
$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	A_d	+
		$(\psi_{1,1} \text{ or } \psi_{2,1}) Q_{k,1}$	+
			$\sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

La elección entre $\psi_{1,1} Q_{k,1}$ o $\psi_{2,1} Q_{k,1}$ debe adecuarse a la situación de cálculo accidental relevante. En la norma EN 1990 o en el Anexo Nacional correspondiente de la EN 1990 puede encontrarse más información sobre este tema.

3.3 Combinaciones de ELS

3.3.1 Estados límite de servicio

Para verificar un estado límite de servicio hace falta asegurar que:

$$E_d \leq C_d$$

donde:

E_d es el valor de cálculo para los efectos de las acciones especificadas en el criterio de servicio.

C_d es el valor límite de cálculo relevante del criterio de servicio.

3.3.2 Combinación característica

La combinación característica suele usarse para estados límite irreversibles.

Acciones permanentes	Acción variable principal	Acciones variables complementarias
$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$Q_{k,1}$
		+
		$\sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Por ejemplo, con la carga de nieve como la principal acción variable:

$$E_d = G + S + 0,6 W$$

$$E_d = G + S + 0,7 Q \quad (\text{siendo } Q \text{ la carga impuesta en un edificio de oficinas})$$

3.3.3 Combinación frecuente

De modo general, se emplea la combinación frecuente para estados límite reversibles.

Acciones permanentes	Acción variable principal	Acciones variables complementarias
$E_d = \sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$
		+
		$\sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

Por ejemplo, con la carga de nieve como la principal acción variable:

$$E_d = G + 0,2 S \quad (\psi_2 = 0 \text{ para la acción del viento})$$

$$E_d = G + 0,2 S + 0,3 Q \quad (\text{siendo } Q \text{ la sobrecarga en un edificio de oficinas})$$

3.3.4 Combinación cuasipermanente

La combinación cuasipermanente se utiliza normalmente para evaluar los efectos a largo plazo en la apariencia de la estructura.

	Acciones permanentes		Acciones variables
$E_d =$	$\sum_{j \geq 1} G_{k,j}$	+	$\sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$

Por ejemplo:

$$E_d = G + 0,3 Q \quad (\text{siendo } Q \text{ la sobrecarga en un edificio de oficinas})$$

3.3.5 Vibraciones en los forjados

En los edificios de varias plantas, las vibraciones de los forjados se consideran un estado límite de servicio crítico en el cálculo. En los Eurocódigos no se indica ningún límite para las vibraciones, por lo que es necesario consultar los límites estipulados en los Anexos Nacionales.

De forma general, se puede considerar que la frecuencia sea superior a un valor mínimo (por ejemplo 3 o 5 Hz); donde la frecuencia se evalúa en base al total de las cargas permanentes y a una fracción de las sobrecargas I (por ejemplo: $G + 0,2 I$). A menudo, este enfoque resulta excesivamente conservador, no obstante existen métodos de cálculo más avanzados que se pueden consultar en la Guía de Cálculo para vibraciones de forjado (*Design guide for floor vibrations*^[8]). Para más información véase la guía para *Multi-storey steel buildings. Part 4: Detailed design*^[9].

4 ACCIONES PERMANENTES

De forma general, se puede decir que el peso propio de la una construcción es la carga permanente principal, tal y como queda definido en la EN 1991-1-1 § 2.1 (1). Dicho peso propio debería ser considerado como una acción permanente fija.

El peso propio de los elementos estructurales y no estructurales, incluso los servicios fijos, debe tenerse en cuenta en las combinaciones de acciones como una única acción.

Por elementos no estructurales se entiende: las cubiertas, superficies y recubrimientos, particiones y revestimientos, barandillas, vallas de seguridad, pretilas, cerramiento de muros, cubiertas suspendidas, aislamiento térmico, maquinaria fija y cualquier servicios fijo (equipamiento para ascensores y escaleras mecánicas, calefacción, ventilación, equipamiento electrónico y de aire acondicionado, tuberías sin su contenido, cableado y conductos).

Los valores característicos del peso propio deben ser calculados a partir de las dimensiones y las densidades de los elementos.

En el Anexo A (Tablas A.1 a A.5) de la norma EN 1991-1-1 pueden consultarse las densidades de los materiales de construcción.

Por ejemplo:

Acero: $\gamma = 77,0 \text{ to } 78,5 \text{ kN/m}^3$

Hormigón armado normal $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Aluminio: $\gamma = 27,0 \text{ kN/m}^3$

Los datos sobre los elementos manufacturados (fachadas, cubiertas y otros equipamientos para edificios) se obtendrán del fabricante.

5 ACCIONES EN LA EJECUCIÓN

En la EN 1991-1-6 se pueden hallar las normas que regulan las acciones durante la ejecución. Se ha de comprobar tanto los estados límite de servicio como los estados límite últimos.

La Tabla 4.1 indica las cargas de construcción que deben ser consideradas:

- Personal y herramientas (Q_{ca}).
- Almacenamiento de elementos móviles (Q_{cb})
- Equipamiento no permanente (Q_{cc}).
- Maquinaria y equipamiento pesado móvil (Q_{cd}).
- Acumulación de residuos (Q_{ce}).
- Cargas de partes de la estructura de carácter temporal (Q_{cf}).

Los valores recomendados figuran en la misma tabla, aunque también pueden encontrarse en el Anexo Nacional.

En los edificios de varias plantas, el cálculo de forjados mixtos o de vigas mixtas debe desarrollarse de acuerdo con lo estipulado en la norma EN 1991-1-6 § 4.11.2 para la determinación de las cargas de construcción durante la puesta en obra del hormigón.

6 SOBRECARGAS

6.1 Aspectos generales

Las sobrecargas en edificios, inherentes a la ocupación de los mismos, normalmente se consideran como acciones variables libres. En ellas se engloba el uso normal por parte de los ocupantes, el mobiliario y objetos móviles, vehículos, acontecimientos no habituales (concentraciones de personas o muebles, traslado o almacenamiento momentáneo de objetos, etc.), así como las particiones móviles.

Las sobrecargas se componen de cargas uniformemente repartidas, cargas lineales o cargas puntuales, sobre cubiertas o forjados, o una combinación de las mismas.

Las superficies de la cubierta y los forjados se subdividen en categorías de acuerdo a su uso (Tabla 6.1). Los valores característicos q_k (carga uniformemente repartida) y Q_k (carga puntual) relativos a estas categorías se especifican en la Tabla 6.2 (o en el Anexo Nacional).

Para el cálculo de un único forjado o una única cubierta, la sobrecarga será considerada como una acción libre que incide en la parte más desfavorable del área de influencia de los efectos de la acción considerada.

En aquellas otras plantas en las que las cargas sean relevantes, se supondrá que estas se encuentran uniformemente repartidas (acciones fijas).

Los valores característicos de las sobrecargas se especifican en la Sección 6.3 de la EN 1991-1-1, como sigue:

6.3.1 Áreas residenciales, sociales, comerciales y administrativas.

6.3.2 Áreas de almacenamiento y actividad industrial.

6.3.3 Garajes y áreas de tráfico de vehículos.

6.3.4 Cubiertas.

6.2 Reducción por sobrecarga

En edificios de varias plantas, el valor característico q_k de las sobrecargas de forjados y cubiertas accesibles puede reducirse mediante un factor α_A , para las categorías A y D, donde:

$$\alpha_A = \frac{5}{7}\psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0$$

Con la siguiente restricción para las categorías C y D: $\alpha_A \geq 0,6$

donde:

ψ_0 es el factor definido en la Tabla A1.1, Anexo A1 de la EN 1990.

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

A es la superficie cargada

El Anexo Nacional podrá proporcionar un método alternativo.

6.3 Reducción debida al número de plantas

Para el cálculo de pilares y muros, cargados desde varias plantas, el total de las sobrecargas en el forjado de cada planta debe suponerse como distribuido uniformemente.

En pilares y muros, el total de las sobrecargas puede reducirse mediante un factor α_n para las categorías A y D, tal y como se muestra a continuación:

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)}{n} \psi_0$$

donde:

ψ_0 es el factor definido en la Tabla A1.1, Anexo A1 de la EN 1990.

n es el número de plantas (> 2) sobre los elementos estructurales cargados de igual categoría.

El Anexo Nacional podrá proporcionar un método alternativo.

6.4 Cargas horizontales en parapetos

Los valores característicos de las cargas lineales q_k que inciden a la altura de las particiones o los parapetos, con alturas inferiores a 1,2 m, deberán obtenerse de la Tabla 6.12 de la EN 1991-1-1, donde se indican los valores recomendados. Otros valores pueden obtenerse del Anexo Nacional.

En áreas susceptibles de albergar concentraciones importantes de gente con motivo de eventos públicos (escenarios, salas de reuniones, salas de conferencias), la carga debería tratarse según lo reflejado en la categoría C5 indicada en la Tabla 6.1 de la EN 1991-1-1.

Para edificios de oficinas (categoría B), el valor recomendado en la Tabla 6.12 de la EN 1991-1-1 es:

$$q_k = 0,2 \text{ to } 1,0 \text{ kN/m}$$

Otros valores pueden obtenerse del Anexo Nacional.

7 CARGAS DE NIEVE

No existe un cálculo específico de las cargas de nieve para el caso de los edificios de varias plantas. Para más información, incluyendo un ejemplo práctico, consultar la guía *Edificios de acero de una sola planta. Parte 3: Acciones*^[10].

8 ACCIÓN DEL VIENTO

8.1 Aspectos generales

La acción del viento se determina de acuerdo con lo especificado la norma EN 1991-1-4^[4], tal y como se muestra en *Edificios de acero de una sola planta. Parte 3:Acciones*^[10]. En el caso de edificios de varias plantas el cálculo es prácticamente el mismo, salvo por dos aspectos:

- El cálculo del factor estructural $c_s c_d$
- Para edificios esbeltos, los coeficientes de presión externa se calcularán para diferentes cotas a lo largo de la altura del edificio.

Según la EN 1991-1-4 § 6.2 (1), el factor estructural puede considerarse igual a 1 cuando la altura del edificio es inferior a 15 m, lo habitual en edificios de una planta. Para edificios de varias alturas, que suelen superar los 15 m, el factor estructural debe de calcularse. En la Sección 8.2 se explican los pasos fundamentales para este cálculo según lo definido en la EN 1991-1-4 § 6.3.1(1).

En el Apéndice A se presenta un ejemplo detallado que incluye el cálculo completo de la acción del viento en un edificio de varias plantas.

8.2 Factor estructural $c_s c_d$

El factor estructural $c_s c_d$ debe calcularse para las direcciones de viento predominantes utilizando la ecuación de la norma EN 1991-1-4 § 6.3.1(1), siempre que:

- La forma del edificio sea la de un rectángulo de lados paralelos tal y como se define en la EN 1991-1-4 § 6.3.1(2) y en la Figura 6.1
- La frecuencia fundamental de la vibración en la dirección del viento es significativa y tiene un signo constante.

Este cálculo exige la determinación de varios parámetros intermedios.

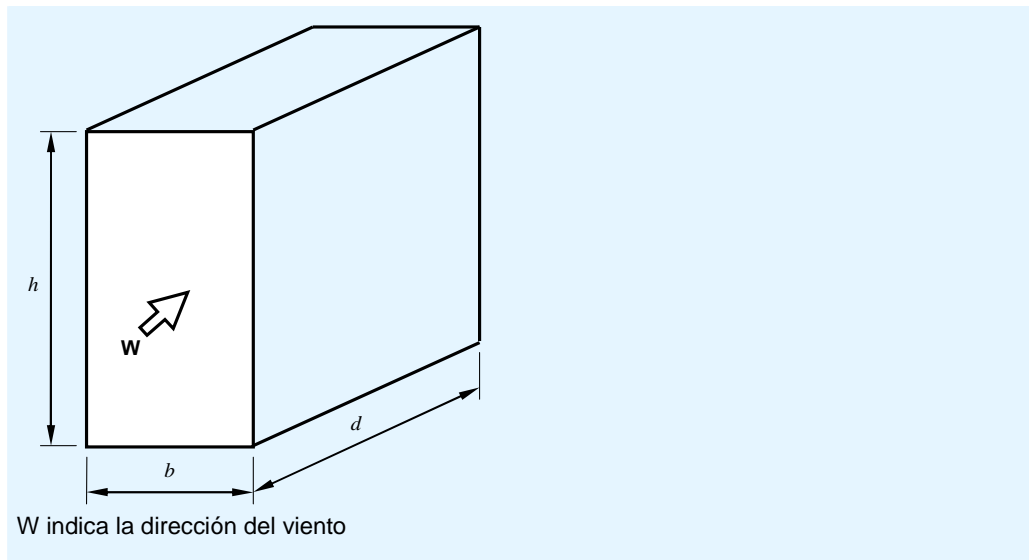


Figura 8.1 Dimensiones generales de un edificio

Se propone el siguiente procedimiento:

1. La longitud de rugosidad z_0 y la altura mínima z_{\min}

Estos valores dependen de la categoría del terreno y se pueden obtener en la Tabla 4.1 de la EN 1991-1-4.

2. La altura de referencia z_s

$$z_s = 0,6 h \text{ (} h \text{ es la altura del edificio de varias plantas)}$$

Pero z_s no debe ser inferior a z_{\min} .

3. El coeficiente topográfico $c_o(z_s)$

Según lo indicado en la EN 1991-1-4 § 4.3.3, los efectos de la orografía pueden despreciarse cuando la pendiente media del terreno situado a barlovento es inferior a 3° . Entonces:

$$c_o(z_s) = 1,0$$

Sino, este coeficiente se calcula siguiendo lo indicado en la EN 1991-1-4 §A.3, o en el correspondiente Anexo Nacional.

4. El factor de rugosidad $c_r(z_s)$

Es necesario calcular $c_r(z_s)$ para obtener la altura de referencia, según lo indicado en la EN 1991-1-4 § 4.3.2EN 1991-1-4 § 4.3.2:

$$\text{Si } z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max} \quad c_r(z_s) = 0,19 \left(z_0 / z_{0,II} \right)^{0,07} \ln(z_s / z_0)$$

$$\text{Caso contrario, si } z_s < z_{\min} \quad c_r(z_s) = c_r(z_{\min})$$

donde: $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$ y $z_{\max} = 200 \text{ m}$

5. El factor de turbulencia k_1

Posiblemente definido en el Anexo Nacional. El valor recomendado es:

$$k_1 = 1,0$$

6. La intensidad de la turbulencia $I_v(z_s)$

$$\text{Si } z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max} \quad I_v(z_s) = k_1 / [c_0(z_s) \ln(z_s/z_0)]$$

$$\text{Caso contrario, si } z_s < z_{\min} \quad I_v(z_s) = I_v(z_{\min})$$

donde: $z_{\max} = 200 \text{ m}$

7. La escala integral de longitud de turbulencia $L(z_s)$

$$\text{Si } z_{\min} \geq z_s \quad L(z_s) = L_t (z_s/z_t)^\alpha$$

$$\text{Caso contrario, si } z_s < z_{\min} \quad L(z_s) = L(z_{\min})$$

donde: $\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0)$ [z_0 en metros]

$$L_t = 300 \text{ m}$$

$$z_t = 200 \text{ m}$$

Nota: Algunos de los parámetros aquí indicados son calculados utilizando la EN 1991-1-4 Anexo B como método recomendado. Posiblemente igualmente definido en el Anexo Nacional.

8. El factor de respuesta de fondo B^2

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}}$$

9. La velocidad media del viento $v_m(z_s)$

La velocidad media del viento a la altura de referencia z_s se calcula usando la siguiente ecuación:

$$v_m(z_s) = c_0(z_s) c_r(z_s) v_b$$

Donde v_b es la velocidad básica del viento, según lo definido en la EN 1991-1-4 § 4.2 (2).

10. La frecuencia fundamental de vibración en la dirección del viento $n_{1,x}$

Para este cálculo es necesario estimar la frecuencia fundamental del edificio en la dirección del viento. La formula abajo indicada suele usarse en edificios comunes para obtener una estimación aproximada de la frecuencia fundamental, en Hertzios:

$$n_{1,x} = \frac{\sqrt{d}}{0,1h}$$

Con d y h en metros.

Para más información consultar las recomendaciones ECCS sobre el cálculo del efecto del viento en la edificación ^[11].

11. La función de densidad espectral de potencia adimensional $S_L(z_s, n_{1,x})$

$$S_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{6,8 f_L(z_s, n_{1,x})}{[1 + 10,2 f_L(z_s, n_{1,x})]^{5/3}}$$

$$\text{donde: } f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{n_{1,x} L(z_s)}{v_m(z_s)}$$

12. El decremento logarítmico de amortiguamiento estructural δ_s

$$\delta_s = 0,05 \text{ para un edificio de acero (EN 1991-1-4 Tabla F.2).}$$

13. El decremento logarítmico del amortiguamiento aerodinámico δ_a

El decremento logarítmico del amortiguamiento aerodinámico para vibraciones producidas en la dirección del viento se puede estimar según la EN 1991-1-4 § F.5 (4):

$$\delta_a = \frac{c_f \rho b v_m(z_s)}{2 n_{1,x} m_e}$$

donde:

c_f es el coeficiente de fuerza en la dirección del viento

$$c_f = c_{f,0} \psi_f \psi_\lambda \text{ (EN-1991-1-4 § 7.6 (1))}$$

En edificios normales, los factores de reducción ψ_f y ψ_λ se suelen tomar como 1,0.

$c_{f,0}$ se obtiene de la EN 1991-1-4, Figura 7.23.

ρ es la densidad del aire según lo definido en la EN 1991-1-4 § 4.5 (1). El valor recomendado es: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

m_e es la masa equivalente por unidad de longitud del modo fundamental, según la EN 1991-1-4 § F.4. En el caso de edificios de varias plantas, donde la masa es aproximadamente igual en todas las plantas, se puede asimilar a la masa por unidad de longitud m . m_e y por lo tanto la masa total del edificio dividida por su altura.

14. El decremento algorítmico de amortiguamiento debido a dispositivos especiales δ_d

$$\delta_d = 0 \text{ si no se utiliza ningún dispositivo especial.}$$

15. El decremento logarítmico del amortiguamiento δ

$$\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d$$

16. La admitancia aerodinámica R_h y R_b

Se calculan usando la ecuación indicada en la EN 1991-1-4 § B.2 (6) en base a los parámetros anteriormente mencionados: $b, h, L(z_s), f_L(z_s, n_{1,x})$.

17. LA parte resonante de la respuesta R^2

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} S_L(z_s, n_{1,x}) \times R_h \times R_b$$

18. El factor de pico k_p

El factor de pico se puede calcular como (EN 1991-1-4 § B.2 (3)):

$$k_p = \text{Max} \left(\sqrt{2 \times \ln(vT)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(vT)}}; 3,0 \right)$$

donde:

$$v = \text{Max} \left(n_{1,x} \times \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}; 0,08 \text{ Hz} \right)$$

T es el promedio de tiempo de la velocidad media del viento:
 $T = 600 \text{ s}$

19. Y por último se calcula el factor estructural $c_s c_d$:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 k_p I_v(z_s) \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 I_v(z_s)}$$

9 EFECTO DE LA TEMPERATURA

En edificios que no están expuestos a cambios climáticos diarios o estacionales es posible que no sea necesario evaluar las acciones térmicas. En el caso de edificios grandes, se considera una buena práctica el proyectar juntas de dilatación para que los cambios de temperatura no induzcan tensiones internas en la estructura. En el apartado 6.4 de la guía *Edificios de acero de varias plantas. Part 2: Diseño conceptual*^[12] se puede consultar más información sobre juntas de dilatación.

Cuando hay que tener en cuenta los efectos de la temperatura, la norma EN 1993-1-5^[5] es donde se indica como calcular dichos efectos.

REFERENCIAS

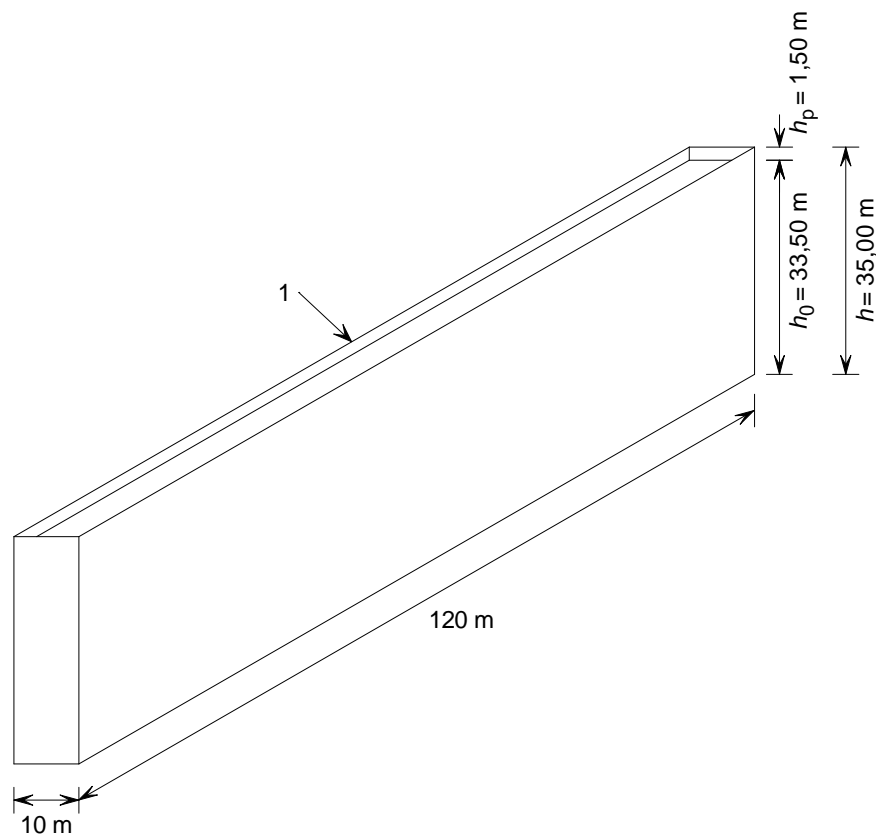
- 1 EN 1990:2002: Eurocode Basis of structural design
- 2 EN 1991-1-1:2002: Eurocode 1 Actions on structures. General actions. Densities, self-weight, imposed loads for buildings (*Eurocódigo 1- Acciones en estructuras. Acciones generales. Densidades, peso propio y sobrecargas de uso en edificios*)
- 3 EN 1991-1-3:2003: Eurocode 1 Actions on structures. General actions. Snow loads (*Eurocódigo 1- Acciones en estructuras. Acciones generales. Acciones de nieve*)
- 4 EN 1991-1-4:2005: Eurocode 1 Actions on structures. General actions. Wind actions (*Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras. Acciones generales. Acciones del viento*)
- 5 EN 1991-1-5:2003: Eurocode 1 Actions on structures. General actions. Thermal actions (*Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras. Acciones generales. Acciones térmicas*)
- 6 EN 1991-1-6:2005: Eurocode 1 Actions on structures. General actions. Actions during execution. (*Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras. Acciones generales. Acciones durante la ejecución*)
- 7 EN 1998-1:2004: Eurocode 8 Design of structures for earthquake resistance. General rules, seismic actions and rules for buildings (*Eurocódigo 8 - Proyecto para resistencia al sismo de las estructuras. Reglas generales, acciones sísmicas y reglas para edificación*)
- 8 HECHLER, O., FELDMANN, M., HEINEMEYER, C. and GALANTI, F. Design guide for floor vibrations Eurosteel 2008.
- 9 Steel Buildings in Europe (*Edificios de acero en Europa*)
Multi-storey steel buildings. Part 4: Detailed design (*Edificios de acero de varias plantas. 4ª Parte: Diseño Detallado*)
- 10 Steel Buildings in Europe (*Edificios de acero en Europa*)
Single-storey steel buildings. Part 3: Actions (*Edificios de acero de una sola planta. 3ª Parte: Acciones*)
- 11 Recommendations for calculating the effect of wind on constructions
Publication No. 52. 1987. ECCS-CECM-EKS
(Disponible en el enlace: www.steel-construct.com)
- 12 Recommendations for calculating the effect of wind on constructions
Publication No. 52. 1987. ECCS-CECM-EKS
(Disponible en el enlace: www.steel-construct.com)

APPENDICE A

EJEMPLO PRÁCTICO: ACCIÓN DEL VIENTO EN EDIFICIOS DE VARIAS PLANTAS

1. Datos

En este ejemplo práctico se muestra como determinar la acción del viento en un edificio de varias plantas, según la EN 1991-1-4.



1 Pretil

Figura A.1 Dimensiones del edificio

El edificio se construyó en un terreno suburbano donde la pendiente media del terreno hacia barlovento es baja (3°).

La rugosidad del terreno es uniforme en todo su entorno y en la vecindad no existen grandes y/o altas edificaciones.

El valor fundamental de la velocidad básica del viento es:

$$V_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

La pendiente de la cubierta es tal que: $\alpha < 5^\circ$

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	2 de 2
<p>2. Presión de la velocidad de pico</p> <p>2.1. Aspectos generales</p> <p>En general, la velocidad de pico, en edificios de varias plantas, depende de la dirección del viento, pues la altura del edificio es mayor que el ancho en la cara a barlovento. Por lo tanto, se debe distinguir entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viento en la dirección transversal (cara más amplia) • Viento en la dirección longitudinal (cara mas estrecha) <p>El cálculo de la presión ejercida por el viento a la velocidad de pico se realiza siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 7.2.1 de la guía <i>Edificios de acero de una sola planta. Parte 3: Acciones</i>^[10].</p> <p>2.2. Viento según la dirección transversal del edificio (cara mas amplia)</p> <p>1 Valor fundamental de la velocidad básica del viento $v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$</p> <p>2 Velocidad básica del viento $v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$ Para c_{dir} y c_{season}, los valores recomendados son: $c_{dir} = 1,0$ $c_{season} = 1,0$ Entonces: $v_b = v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$</p> <p>3 Presión de la velocidad básica $q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$ donde: $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ Entonces: $q_b = 0,5 \times 1,25 \times 26^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$</p> <p>4 Factor del terreno $k_r = 0,19 (z_0 / z_{0,II})^{0,07}$ El terreno es de categoría III. Entonces: $z_0 = 0,3 \text{ m}$ (and $z_{min} = 5 \text{ m}$) $z_{0,II} = 0,05 \text{ m}$ Entonces: $k_r = 0,19 \times (0,3 / 0,05)^{0,07} = 0,215$</p> <p>5 Coeficiente de rugosidad $c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$ para: $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ $c_r(z) = c_r(z_{min})$ para: $z \leq z_{min}$</p>		

EN 1991-1-4
§ 4.2(2)

EN 1991-1-4
§ 4.5(1)

EN 1991-1-4
§ 4.3.2(1)

EN 1991-1-4
§ 4.3.2

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	3 de 3
<p>donde:</p> <p>$z_{\max} = 200 \text{ m}$</p> <p>z es la altura de referencia</p> <p>La altura total del edificio es: $h = 35 \text{ m}$</p> <p>El ancho de pared es: $b = 120 \text{ m}$</p> <p>$h \leq b$ por lo tanto $q_p(z) = q_p(z_e)$ con: $z_e = h = 35 \text{ m}$</p> <p>Por lo tanto $c_r(z) = 0,215 \times \ln(35/0,3) = 1,023$</p> <p>6 Coeficiente topográfico</p> <p>Considerando que la inclinación del terreno es inferior a 3°, se utilizará el valor recomendado:</p> <p>$c_o(z) = 1,0$</p> <p>7 Factor de turbulencia</p> <p>Utilizase el valor recomendado:</p> <p>$k_1 = 1,0$</p> <p>8 Presión de la velocidad de pico</p> <p>$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] \times 0,5 \rho v_m^2(z)$</p> <p>donde:</p> <p>$\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ (valor recomendado)</p> <p>$v_m(z)$ es la velocidad media del viento a una altura z por encima del nivel del terreno</p> $v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b$ $= 1,023 \times 1,0 \times 26$ $= 26,6 \text{ m/s}$ <p>$I_v(z)$ es la intensidad de turbulencia</p> $I_v(z) = k_1 / [c_o(z) \ln(z/z_0)] \quad \text{para: } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ $I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad \text{para: } z \leq z_{\min}$ <p>Entonces: $I_v(z) = 1,0 / [1,0 \times \ln(35/0,3)] = 0,21$</p> $q_p(z) = [1 + 7 \times 0,21] \times 0,5 \times 1,25 \times 26,6^2 \times 10^{-3}$ $= 1,09 \text{ kN/m}^2$ <p>2.3. Viento en la dirección longitudinal del edificio (cara mas estrecha)</p> <p>Muchos de los parámetros son idénticos a los parámetros usados el caso de viento en la cara más amplia, como se indica a continuación:</p> <p>1 Valor fundamental de la velocidad básica del viento</p> <p>$v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$</p>		<p>EN 1991-1-4 Figura 7.4</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.3.3</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.4(1)</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.5(1)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	4 de 4																																									
<p>2 Velocidad básica del viento $v_b = 26 \text{ m/s}$</p> <p>3 Presión de la velocidad básica $q_b = 422,5 \text{ N/m}^2$</p> <p>4 Factor del terreno $k_r = 0,215$</p> <p>5 Coeficiente de rugosidad La altura total del edificio es: $h = 35 \text{ m}$ El ancho de pared es: $b = 10 \text{ m}$ $h > 2b$ Por lo tanto, se consideran diferentes franjas: - La franja inferior, entre 0 y $b = 10 \text{ m}$ - La franja superior, entre $(h - b) = 25 \text{ m}$ y $h = 35 \text{ m}$ Las franjas intermedias considerando que la altura es igual a: $h_{\text{strip}} = 5 \text{ m}$ Los valores de $c_r(z)$ se indican en la Tabla A.1.</p> <p>6 Coeficiente topográfico $c_o(z) = 1,0$</p> <p>7 Factor de turbulencia $k_l = 1,0$</p> <p>8 Presión de la velocidad de pico La presión de la velocidad de pico es calculada para cada franja, con $z = z_e$ que es la posición de la parte superior de la franja (véase Tabla A.1).</p>	<p>Tabla A.1 Presión de la velocidad de pico – Viento en el piñón</p> <table border="1" data-bbox="188 1406 1034 1675"> <thead> <tr> <th></th> <th>z_e</th> <th>$c_r(z)$</th> <th>$v_m(z)$ m/s</th> <th>$I_v(z)$</th> <th>$q_p(z)$ kN/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0</td> <td>10 m</td> <td>0,75</td> <td>19,5</td> <td>0,29</td> <td>0,72</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10 m</td> <td>15 m</td> <td>0,84</td> <td>21,8</td> <td>0,26</td> <td>0,84</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15 m</td> <td>20 m</td> <td>0,90</td> <td>23,4</td> <td>0,24</td> <td>0,92</td> </tr> <tr> <td></td> <td>20 m</td> <td>25 m</td> <td>0,95</td> <td>24,7</td> <td>0,23</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td></td> <td>25 m</td> <td>35 m</td> <td>1,02</td> <td>26,5</td> <td>0,21</td> <td>1,09</td> </tr> </tbody> </table>		z_e	$c_r(z)$	$v_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ kN/m ²		0	10 m	0,75	19,5	0,29	0,72		10 m	15 m	0,84	21,8	0,26	0,84		15 m	20 m	0,90	23,4	0,24	0,92		20 m	25 m	0,95	24,7	0,23	1,00		25 m	35 m	1,02	26,5	0,21	1,09	<p>EN 1991-1-4 § 4.2(2)</p> <p>§ 4.5(1)</p> <p>§ 4.3.2(1)</p> <p>§ 4.3.2 EN 1991-1-4 Figura 7.4</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.3.3</p> <p>§ 4.4(1)</p>
	z_e	$c_r(z)$	$v_m(z)$ m/s	$I_v(z)$	$q_p(z)$ kN/m ²																																						
	0	10 m	0,75	19,5	0,29	0,72																																					
	10 m	15 m	0,84	21,8	0,26	0,84																																					
	15 m	20 m	0,90	23,4	0,24	0,92																																					
	20 m	25 m	0,95	24,7	0,23	1,00																																					
	25 m	35 m	1,02	26,5	0,21	1,09																																					

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	5 de 5
<p>3. Fuerza del viento</p> <p>3.1. Coeficientes de presión exterior</p> <p>3.1.1. Paredes verticales</p> <p>Viento en la cara más amplia:</p> <p>$b = 120$ m (anchura de la estructura)</p> <p>$d = 10$ m</p> <p>$h = 35$ m</p> <p>$h / d = 3,5$</p> <p>$e = \text{Min}(b ; 2 h) = 70$ m</p> <p>Zona A (frontal): $c_{pe,10} = -1,2 (e > 5d)$</p> <p>Zona D (a barlovento): $c_{pe,10} = +0,8$</p> <p>Zona E (a sotavento): $c_{pe,10} = -0,6$</p> <p>Viento en el frontal (cara mas estrecha):</p> <p>$b = 10$ m (anchura de la estructura)</p> <p>$d = 120$ m</p> <p>$h = 35$ m</p> <p>$h / d = 0,29$</p> <p>$e = \text{Min}(b ; 2 h) = 10$ m</p> <p><u>Caras más amplias:</u></p> <p>Zona A: $c_{pe,10} = -1,2 (e < d)$ en la extensión $e/5 = 2$ m</p> <p>Zona B: $c_{pe,10} = -0,8$ en la extensión $4/5 e = 8$ m</p> <p>Zona C: $c_{pe,10} = -0,5$</p> <p><u>Frontal</u> ($h/d \approx 0,25$):</p> <p>Zona D (a barlovento): $c_{pe,10} = +0,7$</p> <p>Zona E (a sotavento): $c_{pe,10} = -0,3$ (por interpolación lineal)</p> <p>3.1.2. Cubiertas planas con pretilas</p> <p>Los coeficientes de presión exterior se calculan en base a la siguiente expresión:</p> <p>$h_p / h_0 = 1,50 / 33,50 = 0,045$</p> <p>Viento en la cara más amplia:</p> <p>$e = \text{Min}(b = 120 \text{ m} ; 2 h_0 = 67 \text{ m}) = 67$ m</p> <p>Los coeficientes de presión exterior, para vientos en la cara más amplia se indican en la Figura A.2.</p>		<p>EN 1991-1-4 § 7.2.2(2) Figura 7.5 Tabla 7.1</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.2(2) Figura 7.5 Tabla 7.1</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.3 Figura 7.6 Tabla 7.2</p>

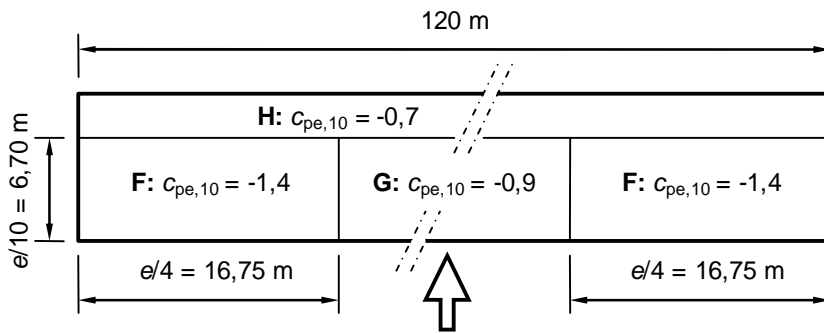


Figura A.2 Coeficientes de presión exterior en la cubierta – Viento en la cara más amplia

Viento en el frontal:

$$e = \text{Min}(b = 10 \text{ m} ; 2 h_0 = 67 \text{ m}) = 10 \text{ m}$$

Los coeficientes de presión exterior, para vientos en el frontal, se indican en la Figura A.3.

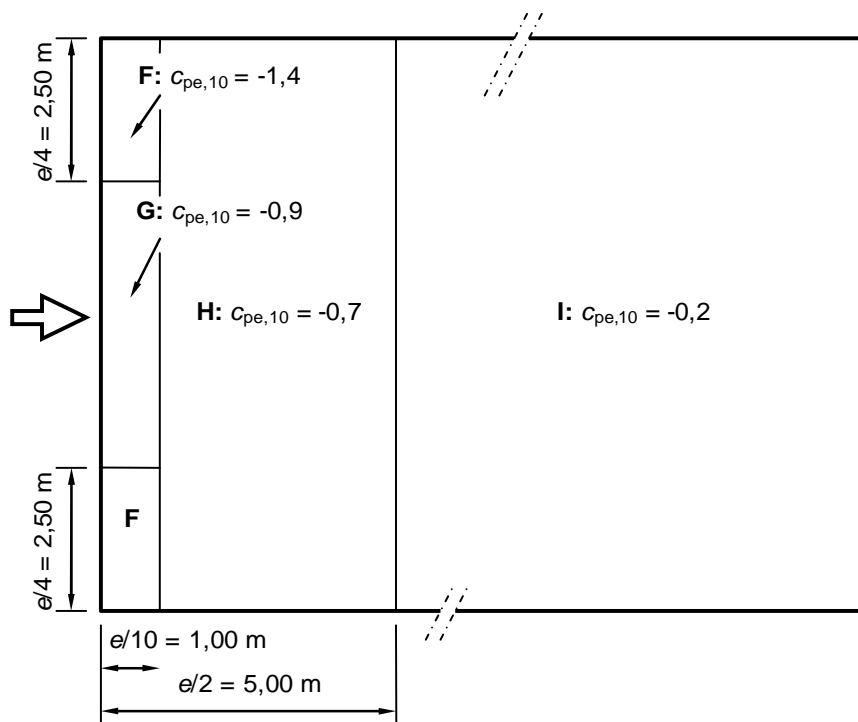


Figura A.3 Coeficientes de presión exterior en la cubierta – Viento en el frontal

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	7 de 7
<p>3.2. Factor estructura</p> <p>3.2.1. Aspectos generales</p> <p>El factor estructural $c_s c_d$, para vientos en la cara más amplia y vientos en el frontal, se calcula utilizando la siguiente ecuación:</p> $c_s c_d = \frac{1 + 2 k_p I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 I_v(z_s)}$ <p>El cálculo se realiza siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 8.2 de la presente guía.</p> <p>3.2.2. Viento en la cara más amplia</p> <p>Dimensiones: $b = 120$ m y $h = 35$ m</p> <p>1 El terreno es de categoría III. Entonces: $z_0 = 0,30$ m y $z_{\min} = 5$ m</p> <p>2 Altura de referencia: $z_s = 0,6 h = 0,6 \times 35 = 21$ m ($> z_{\min} = 5$ m)</p> <p>3 Coeficiente topográfico Considerando que la pendiente del terreno a barlovento es inferior a 3°, $c_0(z_s) = 1,0$</p> <p>4 Factor de rugosidad Considerando que $z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max}$ ($= 200$ m) $c_r(z_s) = 0,19 (z_0/z_{0,II})^{0,07} \ln(z_s/z_0)$ $= 0,19 \times (0,3 / 0,05)^{0,07} \times \ln(21/0,3)$ $= 0,915$</p> <p>5 Coeficiente de turbulencia (valor recomendado): $k_1 = 1,0$</p> <p>6 Intensidad de turbulencia Considerando que $z_{\min} \leq z_s \leq z_{\max}$ ($= 200$ m) $I_v(z_s) = k_1 / [c_0(z_s) \ln(z_s/z_0)]$ $= 1,0 / [1,0 \times \ln(21 / 0,3)]$ $= 0,235$</p> <p>7 Escala de longitud de turbulencia Considerando que $z_s > z_{\min}$: $L(z_s) = L_t (z_s/z_t)^\alpha$ $L_t = 300$ m $z_t = 200$ m $\alpha = 0,67 + 0,05 \ln(z_0) = 0,67 + 0,05 \ln(0,30) = 0,61$ Entonces: $L(z_s) = 300 \times (21/200)^{0,61} = 75,9$ m</p>		<p>EN 1991-1-4 § 6.3.1</p> <p>EN 1991-1-4 Tabla 4.1</p> <p>EN 1991-1-4 Figura 6.1</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.3.3</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.3.2</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.4(1)</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.4(1)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.1(1)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	8 de 8
<p>8 Factor de fondo</p> $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{120+35}{75,9} \right)^{0,63}} = 0,415$ <p>9 Velocidad media del viento a una altura de referencia z_s</p> $v_m(z_s) = c_r(z_s) c_0(z_s) v_b$ $= 0,915 \times 1,0 \times 26 = 23,8 \text{ m/s}$ <p>10 Frecuencia fundamental $n_{1,x}$</p> <p>Se calcula usando la siguiente fórmula simplificada: $n_{1,x} = \frac{\sqrt{d}}{0,1h}$</p> $n_{1,x} = \frac{\sqrt{10}}{0,1 \times 35} = 0,9 \text{ Hz}$ <p>11 La función de densidad espectral de potencia adimensional</p> $S_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{6,8 f_L(z_s, n_{1,x})}{(1 + 10,2 f_L(z_s, n_{1,x}))^{5/3}}$ $f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{n_{1,x} L(z_s)}{v_m(z_s)}$ $f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{0,9 \times 75,9}{23,8} = 2,87$ <p>Entonces: $S_L(z, n) = \frac{6,8 \times 2,87}{(1 + 10,2 \times 2,87)^{5/3}} = 0,0664$</p> <p>12 Decremento logarítmico del amortiguamiento estructural</p> $\delta_s = 0,05$ <p>13 Decremento logarítmico de amortiguamiento aerodinámico δ_a</p> $\delta_a = \frac{c_f \rho b v_m(z_s)}{2 n_{1,x} m_e}$ $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ $c_f = c_{f,0} = 2,0 \text{ para } d/b = 10/120 = 0,083$ <p>m_e es la masa equivalente por unidad de longitud: $m_e = 150 \text{ t/m}$</p> <p>Por lo tanto: $\delta_a = \frac{2 \times 1,25 \times 120 \times 23,8}{2 \times 0,9 \times 150 \times 10^3} = 0,026$</p> <p>14 Decremento logarítmico de amortiguamiento debido a dispositivos especiales</p> $\delta_d = 0 \text{ (ningún dispositivo especial)}$		<p>EN 1991-1-4 § B.2(2)</p> <p>EN 1991-1-4 § 4.3.1</p> <p>EN 1991-1-4 § B.1(2)</p> <p>EN 1991-1-4 § F.5(2) Tabla F.2</p> <p>EN 1991-1-4 § F.5(4)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	9 de 9
<p>15 Decremento logarítmico</p> $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,026 + 0 = 0,076$ <p>16 Funciones de admitancia aerodinámica</p> <p>Función R_h:</p> $R_h(\eta_h) = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2\eta_h^2} (1 - e^{-2\eta_h})$ $\eta_h = \frac{4,6h}{L(z_s)} f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \times 35}{75,9} \times 2,87 = 6,09$ <p>Entonces se obtendrá: $R_h(\eta_h) = 0,15$</p> <p>Función R_b:</p> $R_b(\eta_b) = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2\eta_b^2} (1 - e^{-2\eta_b})$ $\eta_b = \frac{4,6b}{L(z_s)} f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \times 120}{75,9} \times 2,87 = 20,9$ <p>Entonces se obtendrá: $R_b(\eta_b) = 0,046$</p> <p>17 Factor de respuesta resonante</p> $R^2 = \frac{\pi^2}{2\delta} S_L(z_s, n_{1,x}) \times R_h \times R_b$ $= \pi^2 \times 0,0664 \times 0,15 \times 0,046 / (2 \times 0,076)$ $= 0,0297$ <p>18 Factor de pico</p> $v = n_{1,x} \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$ $= 0,9 \times \sqrt{\frac{0,0297}{0,415 + 0,0297}} = 0,23 \text{ Hz } (> 0,08 \text{ Hz})$ $k_p = \sqrt{2 \times \ln(vT)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(vT)}}$ $T = 600 \text{ s}$ <p>Entonces: $k_p = \sqrt{2 \times \ln(0,23 \times 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(0,23 \times 600)}} = 3,33$</p> <p>19 Coeficiente estructural para viento en la cara más amplia</p> $c_s c_d = \frac{1 + 2 \times 3,33 \times 0,235 \times \sqrt{0,415 + 0,0297}}{1 + 7 \times 0,235} = 0,773$		<p>EN 1991-1-4 § F.5(1)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(6)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(6)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(6)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(3)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	10 de 10
<p>3.2.3. Viento en el frontal</p> <p>Dimensiones: $b = 10$ m y $h = 35$ m</p> <p>Se mantienen muchos de los parámetros usados para viento en la cara más amplia.</p> <p>1 Terreno de categoría III:</p> $z_0 = 0,30 \text{ m}$ $z_{\min} = 5 \text{ m}$ <p>2 Altura de referencia:</p> $z_s = 21 \text{ m } (> z_{\min} = 5 \text{ m})$ <p>3 Coeficiente topográfico</p> <p>Considerando que la pendiente del terreno a barlovento es inferior a 3°,</p> $c_o(z_s) = 1,0$ <p>4 Factor de rugosidad:</p> $c_r(z_s) = 0,915$ <p>5 Coeficiente de turbulencia:</p> $k_1 = 1,0$ <p>6 Intensidad de turbulencia:</p> $I_v(z_s) = 0,235$ <p>7 Escala de longitud de turbulencia:</p> $L(z_s) = 75,9 \text{ m}$ <p>8 Factor de fondo</p> $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}} = \frac{1}{1 + 0,9 \left(\frac{10+35}{75,9} \right)^{0,63}} = 0,607$ <p>9 Velocidad media del viento a una altura de referencia z_s</p> $v_m(z_s) = 23,8 \text{ m/s}$ <p>10 Frecuencia fundamental $n_{1,x}$</p> <p>Se calcula usando la siguiente fórmula simplificada: $n_{1,x} = \frac{\sqrt{d}}{0,1h}$</p> $n_{1,x} = \frac{\sqrt{120}}{0,1 \times 35} = 3,1 \text{ Hz}$		<p>EN 1991-1-4 § B.2(2)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	11 de 11
<p>11 Función de densidad espectral de potencia adimensional</p> $S_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{6,8 f_L(z_s, n_{1,x})}{(1 + 10,2 f_L(z_s, n_{1,x}))^{5/3}}$ $f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{n_{1,x} L(z_s)}{v_m(z_s)} = \frac{3,1 \times 75,9}{23,8} = 9,89$ <p>Entonces: $S_L(z, n) = \frac{6,8 \times 9,89}{(1 + 10,2 \times 9,89)^{5/3}} = 0,0302$</p> <p>12 Decremento logarítmico del amortiguamiento estructural</p> $\delta_s = 0,05$ <p>13 Decremento logarítmico de amortiguamiento aerodinámico δ_a</p> $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$ $c_f = c_{f,0} = 0,9 \text{ para } d/b = 120/10 = 12$ <p>m_e es la masa equivalente por unidad de longitud: $m_e = 150 \text{ t/m}$</p> <p>Por lo tanto: $\delta_a = \frac{0,9 \times 1,25 \times 10 \times 23,8}{2 \times 3,1 \times 150 \cdot 10^3} = 0,0003$</p> <p>14 Decremento logarítmico de amortiguamiento debido a dispositivos especiales</p> $\delta_d = 0 \text{ (ningún dispositivo especial)}$ <p>15 Decremento logarítmico</p> $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_d = 0,05 + 0,0003 + 0 = 0,0503$ <p>16 Funciones de admitancia aerodinámica</p> <p>Función R_h:</p> $\eta_h = \frac{4,6h}{L(z_s)} f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \times 35}{75,9} \times 9,89 = 21,0$ <p>Entonces se obtiene: $R_h(\eta_h) = 0,0465$</p> <p>Función R_b:</p> $\eta_b = \frac{4,6b}{L(z_s)} f_L(z_s, n_{1,x}) = \frac{4,6 \times 10}{75,9} \times 9,89 = 5,99$ <p>Entonces se obtiene: $R_b(\eta_b) = 0,153$</p> <p>17 Factor de respuesta resonante</p> $R^2 = \pi^2 \times 0,0302 \times 0,0465 \times 0,153 / (2 \times 0,0503)$ $= 0,0211$		
		<p>EN 1991-1-4 § B.1(2)</p> <p>EN 1991-1-4 § F.5(4)</p> <p>EN 1991-1-4 § F.5(1)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(6)</p> <p>EN 1991-1-4 § B.2(6)</p>

Título	Apéndice A - Ejemplo práctico: Acción del viento en edificios de varias plantas	12 de 12
<p>18 Factor de pico</p> $v = 3,1 \times \sqrt{\frac{0,0211}{0,607 + 0,0211}} = 0,568 \text{ Hz } (> 0,08 \text{ Hz})$ $k_p = \sqrt{2 \times \ln(0,568 \times 600)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \times \ln(0,568 \times 600)}} = 3,59$ <p>19 Coeficiente estructural para viento en el frontal</p> $c_s c_d = \frac{1 + 2 \times 3,59 \times 0,235 \times \sqrt{0,607 + 0,0211}}{1 + 7 \times 0,235} = 0,884$ <p>3.3. Coeficientes de presión interna</p> <p>3.3.1. Situación normal de cálculo</p> <p>Asumiendo que las puertas y ventanas están cerradas durante tormentas severas:</p> $c_{pi} = +0,2$ <p>y</p> $c_{pi} = -0,3$ <p>Cuando la fuga de aire es uniforme alrededor del edificio, la altura de referencia para la presión es $z_i = z_e$. Por lo que:</p> $q_p(z_i) = q_p(z_e)$ <p>3.3.2. Situaciones accidentales de cálculo</p> <p>Los casos más severos ocurren cuando la apertura se encuentra en una zona con un valor elevado del coeficiente de presión exterior c_{pe}.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ventanas que se abren accidentalmente en barlovento, en la cara más amplia de la fachada. Esta es la cara dominante. El área de apertura será igual a 3 veces el área de las aperturas en las restantes caras de la fachada. Por lo tanto: $c_{pi} = 0,9 \quad c_{pe} = 0,9 \times (+0,8) = 0,72$ <p>La presión de la velocidad de pico será más elevada en la parte superior del edificio:</p> $q_p(z_i) = q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$ • Ventanas que se abren accidentalmente a sotavento en la cara más amplia de la fachada. Esta es la cara dominante. El área de apertura será igual a 3 veces el área de las aperturas en las restantes caras de la fachada. Por lo tanto: $c_{pi} = 0,9 \quad c_{pe} = 0,9 \times (-1,2) = -1,1$ $q_p(z_i) = q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$ 		<p>EN 1991-1-4 § B.2(3)</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.9(6)</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.9(7)</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.9(3)</p> <p>EN 1991-1-4 § 7.2.9(5)</p>

- Ventanas que se abren accidentalmente a barlovento, viento en el frontal:
 $c_{pi} = 0,9$ $c_{pe} = 0,9 \times (+0,7) = 0,6$
- Ventanas que se abren accidentalmente a sotavento, viento en el frontal:
 $c_{pi} = 0,9$ $c_{pe} = 0,9 \times (-1,2) = -1,1$

3.4. Coeficientes resultantes de la presión en los pretilos

La presión de la velocidad de pico en la parte superior del edificio ($z_e = 35$ m) es:

$$q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$$

El coeficiente de solidez es: $\varphi = 1$

3.4.1. Pretilos en la cara más amplia – Viento en la cara más amplia

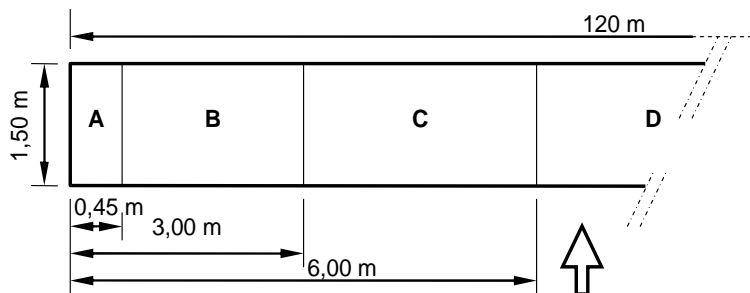
Los parámetros son:

$$\ell = 120 \text{ m} \quad \text{Longitud del pretil}$$

$$h_p = 1,50 \text{ m} \quad \text{Altura del pretil}$$

$$\ell > 4 h_p$$

Las diferentes zonas son indicadas en la Figura A.4 con sus respectivos coeficientes de presión $c_{p,net}$.



Zona A: $c_{p,net} = 2,1$

Zona B: $c_{p,net} = 1,8$

Zona C: $c_{p,net} = 1,4$

Zona D: $c_{p,net} = 1,2$

Figura A.4 Coeficientes de presión $c_{p,net}$ en el pretil – cara más amplia

EN 1991-1-4
Tabla 7.9
Figura 7.19

3.4.2. Pretilos en el frontal – viento en el frontal

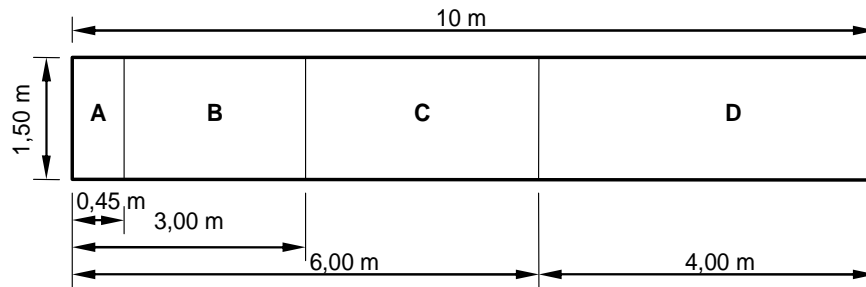
Los parámetros son:

$$\ell = 10 \text{ m} \quad \text{Longitud del pretil}$$

$$h_p = 1,50 \text{ m} \quad \text{Altura del pretil}$$

$$\ell > 4 h_p$$

Las diferentes zonas son indicadas en la Figura A.5 con sus respectivos coeficientes de presión $c_{p,net}$.



Zona A:	$c_{p,net} = 2,1$
Zona B:	$c_{p,net} = 1,8$
Zona C:	$c_{p,net} = 1,4$
Zona D:	$c_{p,net} = 1,2$

Figura A.5 Coeficientes de presión $c_{p,net}$ en el pretil – piñón

3.5. Fuerzas de rozamiento

3.5.1. Viento en la cara más amplia

Área total de las superficies exteriores paralelas a la dirección del viento:

$$A_{pa} = 2 \times 35 \times 10 + 120 \times 10 = 1900 \text{ m}^2$$

Área total de las superficies exteriores perpendiculares a la dirección del viento:

$$A_{pe} = 2 \times 35 \times 120 = 8400 \text{ m}^2$$

Considerando que $A_{pa} < 4 A_{pe}$, no hace falta, en este caso, considerar las fuerzas de rozamiento.

3.5.2. Viento en el frontal

Área total de las superficies exteriores paralelas a la dirección del viento:

$$A_{pa} = 2 \times 35 \times 120 + 120 \times 10 = 9600 \text{ m}^2$$

Área total de las superficies exteriores perpendiculares a la dirección del viento:

$$A_{pe} = 2 \times 35 \times 10 = 700 \text{ m}^2$$

Considerando que $A_{pa} > 4 A_{pe}$, se deben tener en cuenta las fuerzas de rozamiento.

EN 1991-1-4
Tabla 7.9
Figura 7.19

EN 1991-1-4
§ 5.2(4)

EN 1991-1-4
§ 5.2(4)

$$2b = 20 \text{ m}$$

$$4h = 140 \text{ m} > 2b$$

Las fuerzas de rozamiento se aplican en las superficies externas paralelas a la dirección del viento, localizadas a una determinada distancia del extremo (20 m). La fuerza de rozamiento F_{fr} actúa en la dirección del viento:

$$F_{fr} = c_{fr} q_p(z_e) A_{fr}$$

donde:

$$c_{fr} = 0,01 \text{ para una superficie lisa (acero)}$$

$q_p(z_e)$ es la presión de velocidad pico a una altura de z_e conforme a lo indicado en la Tabla A.1.

A_{fr} es la superficie de exposición al viento.

Los resultados para las diferentes franjas, de los muros verticales y para la cubierta, se resumen en la Tabla A.2.

EN 1991-1-4
§ 5.2(3)

Tabla A.2 Fuerzas de rozamiento – Viento en el piñón

Franja	z_e	A_{fr} m^2	$q_p(z)$ kN/m^2	F_{fr} kN
0	10 m	2000	0,72	14,4
10 m	15 m	1000	0,84	8,4
15 m	20 m	1000	0,92	9,2
20 m	25 m	1000	1,00	10,0
25 m	35 m	1700	1,09	18,5
Pretilas	35 m	600	1,09	6,5
Cubierta	35 m	1000	1,09	10,9

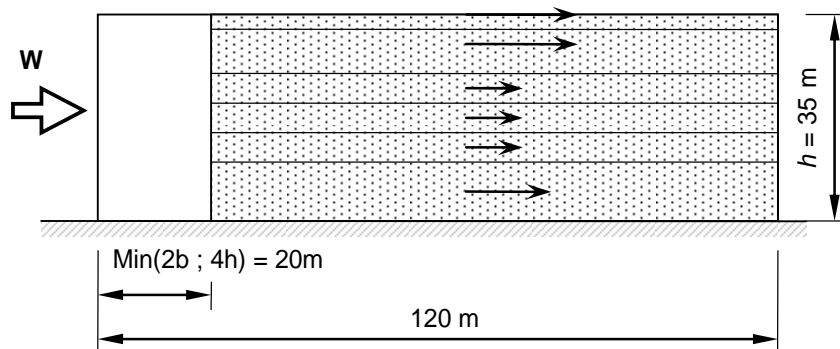


Figura A.6 Fuerzas de rozamiento – viento en el frontal

3.6. Fuerzas del viento en las superficies

3.6.1. Aspectos generales

Existen tres tipos diferentes de fuerzas de viento:

- Las fuerzas de viento derivadas de la suma de las presiones externa y interna:

$$(F_{w,e} - F_{w,i}) / A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi} \quad (\text{in kN/m}^2)$$

Normalmente actúan sobre las superficies. Se consideran valores positivos cuando se dirigen a la fachada y valores negativos cuando se alejan de la fachada.

- Fuerzas de rozamiento (véase Tabla A.2)

$$F_{fr} = c_{fr} q_p(z_e) A_{fr} \quad (\text{in kN})$$

Estas actúan sobre las superficies paralelas a la dirección del viento.

- Fuerzas del viento en los pretilos

$$F_w = c_s c_d c_{p,net} q_p(z_e) A_{ref}$$

Que normalmente actúan sobre las superficies.

3.6.2. Viento en la cara más amplia

El coeficiente estructural, para viento en la cara más amplia, es: $c_s c_d = 0,773$

En lo que concierne a situaciones normales de cálculo, los valores de la presión resultante, para muros verticales y cubierta, se indican en la Tabla A.3:

$$(F_{we} - F_{wi}) / A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}$$

donde:

c_{pe} son los coeficientes de presión externa definidos en la § 3.1.1 para muros verticales, y en la § 3.1.2 para la cubierta.

$q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$ según el cálculo indicado en la § 2.2

$q_p(z_i) = q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$ según indicado en la § 3.3.1

Señalar que en lo que concierne el viento en la cara más amplia no existen fuerzas de rozamiento para este tipo de edificio.

Tabla A.3 Viento en la cara más amplia (kN/m²) – muros verticales

Zona	Muros verticales			Cubierta		
	A	D	E	F	G	H
c_{pe}	-1,2	+0,8	-0,6	-1,4	-0,9	-0,7
$c_{pi} = +0,2$	-1,23	+0,46	-0,72	-1,40	-0,98	-0,81
$c_{pi} = -0,3$	-0,68	+1,00	-0,18	-0,85	-0,43	-0,26

En la Tabla A.4, se indican los valores de presión resultantes para el pretil, usando la siguiente fórmula:

$$F_w/A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{p,net}$$

donde:

$c_{p,net}$ son los coeficientes de presión definidos en la § 3.4.1

$$q_p(z_e) = 1,09 \text{ kN/m}^2$$

Tabla A.4 Viento en la cara más amplia (kN/m²) - Pretil

Zona	A	B	C	D
$c_{p,net}$	2,1	1,8	1,4	1,2
F_w / A_{ref} (kN/m ²)	1,77	1,52	1,18	1,01

En lo que concierne situaciones accidentales de cálculo, los valores de la presión resultante, para muros verticales y cubierta, se indican en la Tabla A.5:

- Apertura en la zona D ($c_{pi} = +0,7$)
- Apertura en la zona A ($c_{pi} = -1,1$)

Tabla A.5 Viento en la cara más amplia (kNm²) – Situación accidental de cálculo

Zona	Muros verticales				Cubierta	
	A	D	E	F	G	H
c_{pe}	-1,2	+0,8	-0,6	-1,4	-0,9	-0,7
$c_{pi} = +0,7$	-1,77	-0,09	-1,27	-1,94	-1,52	-1,35
$c_{pi} = -1,1$	+0,19	+1,87	+0,69	+0,02	+0,44	+0,61

3.6.3. Viento en el frontal

El coeficiente estructural, para viento en el frontal, es: $c_s c_d = 0,884$

En lo que concierne a situaciones normales de cálculo, los valores de la presión resultante, para muros verticales se indican en la Tabla A.6; para la cubierta en la Tabla A.7:

$$(F_{we} - F_{wi})/A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{pe} - q_p(z_i) c_{pi}$$

donde:

c_{pe} son los coeficientes de presión externa definidos en la § 3.1.1 para muros verticales, y en la § 3.1.2 para la cubierta.

$q_p(z_e)$ es la presión de la velocidad de pico, en kN/m², según el cálculo en la § 2.3

$q_p(z_i) = q_p(z_e)$ para cada franja, según lo indicado en la § 3.3.1.

Tabla A.6 Viento en el frontal – Muros verticales

Zona	A	B	C	D	E	
c_{pe}	-1,2	-0,8	-0,5	+0,7	-0,3	
$c_{pi} = +0,2$	$0 < z \leq 10$	-0,91	-0,65	-0,46	+0,30	-0,33
	$10 < z \leq 15$	-1,06	-0,76	-0,54	+0,35	-0,39
	$15 < z \leq 20$	-1,16	-0,83	-0,59	+0,39	-0,43
	$20 < z \leq 25$	-1,26	-0,91	-0,64	+0,42	-0,47
	$25 < z \leq 33,50$	-1,37	-0,99	-0,70	+0,46	-0,51
$c_{pi} = -0,3$	$0 < z \leq 10$	-0,55	-0,29	-0,10	+0,66	+0,03
	$10 < z \leq 15$	-0,64	-0,34	-0,12	+0,77	+0,03
	$15 < z \leq 20$	-0,70	-0,37	-0,13	+0,85	+0,03
	$20 < z \leq 25$	-0,76	-0,41	-0,14	+0,92	+0,03
	$25 < z \leq 33,50$	-0,83	-0,44	-0,15	+1,00	+0,04

Tabla A.7 Viento en el frontal - Cubierta

Zona	F	G	H	I
c_{pe}	-1,4	-0,9	-0,7	-0,2
$c_{pi} = +0,2$	-1,57	-1,09	-0,89	-0,41
$c_{pi} = -0,3$	-1,02	-0,54	-0,35	+0,13

En la Tabla A.8, se indican los valores de presión resultantes para el pretil, usando la siguiente fórmula:

$$F_w/A_{ref} = c_s c_d q_p(z_e) c_{p,net}$$

Tabla A.8 Viento en el frontal (kN/m²) - pretil

Zona	A	B	C	D
F_w / A_{ref} (kN/m ²)	2,02	1,73	1,35	1,16

Situación accidental de cálculo

En lo que concierne a situaciones accidentales de cálculo, los valores de la presión resultante, para muros verticales, son indicados en la Tabla A.9 y para cubiertas en la Tabla A.10; para las siguientes dos situaciones:

- Apertura en la zona D ($c_{pi} = +0,6$) para $25 \text{ m} \leq z \leq 33,50 \text{ m}$
- Apertura en la zona A ($c_{pi} = -1,1$) para $25 \text{ m} \leq z \leq 33,50 \text{ m}$

Tabla A.9 Viento en el frontal (kN/m^2) – Muros verticales – Situación accidental de cálculo

Zona	A	B	C	D	E
$c_{pi} = +0,6$	-1,81	-1,42	-1,13	+0,01	-0,94
$c_{pi} = -1,1$	+0,04	+0,44	+0,72	+1,87	+0,94

Tabla A.10 Viento en el frontal (kN/m^2) – Cubierta – Situación accidental de cálculo

Zona	F	G	H	I
$c_{pi} = +0,6$	-1,99	-1,51	-1,32	-0,84
$c_{pi} = -1,1$	-0,13	+0,34	+0,53	+1,01