

1.- ACCIÓN DEL VIENTO.....	2
1.1.- Datos generales.....	2
1.2.- Presión dinámica.....	2
1.2.1.- Factor de rugosidad.....	3
1.2.2.- Factor topográfico.....	4
1.2.3.- Presión dinámica por planta.....	4
1.3.- Presión de diseño.....	5
1.3.1.- Coeficientes de presión.....	5
1.3.2.- Factor de efecto de ráfaga.....	5
1.3.3.- Presión de diseño por planta.....	7
1.4.- Cargas de viento por planta.....	8



1.- ACCIÓN DEL VIENTO

Norma utilizada: EN 1991-1-4 (2005)

Eurocódigo 1: Acciones sobre las estructuras - Parte 1-4: Acciones generales - Acciones de viento.

Método de cálculo: Procedimiento analítico (EN 1991-1-4 (2005), 5.1)

1.1.- Datos generales

Datos del emplazamiento

V: Velocidad de referencia (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

V : 26.0 m/s

Periodo de servicio: 50 años

Categoría del terreno (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

Categoría III

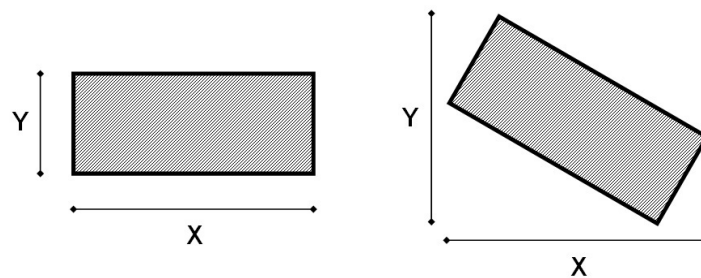
Orografía del terreno (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Dirección X [0° - 180°]: Llano

Dirección Y [90° - 270°]: Llano

Anchos de banda

Anchos de banda son las longitudes de la fachada expuesta en dirección perpendicular a la acción del viento.



Planta	Ancho X (m)	Ancho Y (m)
Torreón	7.00	4.00
Cubierta	17.00	23.00
Planta 3	17.00	23.00
Planta 2	17.00	23.00
Planta 1	17.00	23.00

Coefficientes aplicados a la acción de viento

+X: 1.00 -X: 1.00

+Y: 1.00 -Y: 1.00

1.2.- Presión dinámica

La presión correspondiente a la velocidad pico q_p , evaluada a la altura z , se calcula mediante la siguiente expresión:

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z)$$

Parámetros necesarios para la obtención de la presión dinámica

v_m : Velocidad media del viento (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.1)

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b$$

v_b : Velocidad básica del viento (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)



Justificación de la acción del viento

Ejemplo

Fecha: 08/03/19

$$v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot C_{prob} \cdot v_{b,0}$$

$v_{b,0}$: Valor fundamental de la velocidad básica del viento (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

$v_{b,0}$: 26.0 m/s

C_{dir} : Factor direccional (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

C_{season} : Factor estacional (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

C_{season} : 1.00

C_{prob} : Factor de probabilidad (EN 1991-1-4 (2005), 4.2)

C_{prob} : 1.00

$$C_{prob} = \left(\frac{1 - K \cdot \ln(-\ln(1-p))}{1 - K \cdot \ln(-\ln(0.98))} \right)^n$$

K: 0.2

n: 0.5

p: Periodo de servicio

p : 50 años

$c_r(z)$: Factor de rugosidad (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

$c_o(z)$: Coeficiente topográfico (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

r: Densidad del aire (EN 1991-1-4 (2005), 4.5)

r : 1.250 t/m²

$I_v(z)$: Intensidad de la turbulencia a la altura z (EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

k_1 : Factor de turbulencia

k_1 : 1.00

c_o : Coeficiente topográfico (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

z_0 : Longitud de la rugosidad (EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

z_{\min} : Altura mínima (EN 1991-1-4 (2005), 4.1)

1.2.1.- Factor de rugosidad

$c_r(z)$: Factor de rugosidad (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln(z/z_0) \quad z_{\min} \leq z$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

$$k_r = 0.19 \cdot (z_0/0.05)^{0.07}$$

Parámetros del terreno (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 4.1)

Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Exposición	Categoría III	Categoría III	Categoría III	Categoría III
z_0 (m)	0.30	0.30	0.30	0.30
z_{\min} (m)	5.00	5.00	5.00	5.00

Factor de rugosidad por planta (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.2)



Justificación de la acción del viento

Ejemplo

Fecha: 08/03/19

$c_r(z)$				
Exposición	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Torreón	0.85	0.85	0.85	0.85
Cubierta	0.85	0.85	0.85	0.85
Planta 3	0.85	0.85	0.85	0.85
Planta 2	0.85	0.85	0.85	0.85
Planta 1	0.85	0.85	0.85	0.85

$c_r(h)$				
Exposición	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	0.85	0.85	0.85	0.85

1.2.2.- Factor topográfico

c_o : Coeficiente topográfico (EN 1991-1-4 (2005), A.3)

$$c_o = 1 \quad \Phi < 0.05$$

$$c_o = 1 + 2 \cdot s \cdot \Phi \quad 0.05 < \Phi < 0.3$$

$$c_o = 1 + 0.6 \cdot s \quad \Phi > 0.3$$

s: Factor de localización orográfica (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

F: Pendiente a barlovento (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Factor de localización orográfica (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

Factor topográfico $s(z)$				
Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Torreón	0.00	0.00	0.00	0.00
Cubierta	0.00	0.00	0.00	0.00
Planta 3	0.00	0.00	0.00	0.00
Planta 2	0.00	0.00	0.00	0.00
Planta 1	0.00	0.00	0.00	0.00

Factor topográfico $s(h)$				
Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	0.00	0.00	0.00	0.00

Coeficiente topográfico (EN 1991-1-4 (2005), A.3)

$c_o(z)$				
Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Torreón	1.00	1.00	1.00	1.00
Cubierta	1.00	1.00	1.00	1.00
Planta 3	1.00	1.00	1.00	1.00
Planta 2	1.00	1.00	1.00	1.00
Planta 1	1.00	1.00	1.00	1.00

$c_o(h)$				
Dirección	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	1.00	1.00	1.00	1.00

1.2.3.- Presión dinámica por planta

La presión correspondiente a la velocidad pico q_p , evaluada a la altura (EN 1991-1-4 (2005), 4.5), se calcula mediante la siguiente expresión:



Justificación de la acción del viento

Ejemplo

Fecha: 08/03/19

$q_p(z)$ (t/m ²)				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Torreón	850.017	850.017	850.017	850.017
Cubierta	850.017	850.017	850.017	850.017
Planta 3	850.017	850.017	850.017	850.017
Planta 2	850.017	850.017	850.017	850.017
Planta 1	850.017	850.017	850.017	850.017

$q_p(h)$ (t/m ²)				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
h	850.017	850.017	850.017	850.017

1.3.- Presión de diseño

Las presiones de diseño para el sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$w = (q_p(z)C_{pe,u} - q_p(h)C_{pe,d}) \cdot c_s c_d \quad (\text{EN 1991-1-4 (2005), 5.2 y fig. 5.1})$$

Donde:

$q_p(z)$: Presión correspondiente a la velocidad pico evaluada a la altura z

$q_p(h)$: Presión correspondiente a la velocidad pico evaluada a la altura h

$C_{pe,u}$: Coeficiente de presión exterior a barlovento

$C_{pe,d}$: Coeficiente de presión exterior a sotavento

C_{scd} : Factor estructural (EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1)

1.3.1.- Coeficientes de presión

Dirección X [0° - 180°]

$C_{pe,u}$: Coeficiente de presión exterior a barlovento (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 7.1)

$$C_{pe,u} : \underline{0.68}$$

$C_{pe,d}$: Coeficiente de presión exterior a sotavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 7.1)

$$C_{pe,d} : \underline{-0.42}$$

h/d : Relación

$$h/d : \underline{1.0}$$

h : Altura de la estructura

$$h : \underline{15.70} \text{ m}$$

d : Profundidad de la estructura (longitud paralela a la dirección del viento)

$$d : \underline{15.89} \text{ m}$$

b : Anchura de la estructura (longitud perpendicular a la dirección del viento)

$$b : \underline{20.88} \text{ m}$$

Dirección Y [90° - 270°]

$C_{pe,u}$: Coeficiente de presión exterior a barlovento (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 7.1)

$$C_{pe,u} : \underline{0.65}$$

$C_{pe,d}$: Coeficiente de presión exterior a sotavento (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 7.1)

$$C_{pe,d} : \underline{-0.37}$$

h/d : Relación

$$h/d : \underline{0.8}$$

h : Altura de la estructura

$$h : \underline{15.70} \text{ m}$$

d : Profundidad de la estructura (longitud paralela a la dirección del viento)

$$d : \underline{20.88} \text{ m}$$

b : Anchura de la estructura (longitud perpendicular a la dirección del viento)

$$b : \underline{15.89} \text{ m}$$

1.3.2.- Factor de efecto de ráfaga

Frecuencia fundamental

n_1 : Frecuencia fundamental

$$n_1 : \underline{2.93} \text{ Hz}$$

$$n_1 = \frac{46}{h}$$



Justificación de la acción del viento

Ejemplo

Fecha: 08/03/19

h: Altura de la estructura

h : 15.70 m

Factor estructural

El factor estructural se determina mediante la expresión:

$$c_s c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_v(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_v(z_s)} \quad (\text{EN 1991-1-4 (2005), 6.3.1})$$

$I_v(z)$: Intensidad de la turbulencia a la altura z (EN 1991-1-4 (2005), 4.4)

$$I_v(z) = \frac{k_t}{c_o(z) \cdot \ln(z/z_0)} \quad z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v(z) = I_v(z_{\min}) \quad z < z_{\min}$$

z_s : Altura de referencia

$$z_s = \text{MAX}(0,6 \cdot h, z_{\min})$$

h: Altura de la estructura

h : 15.70 m

k_t : Factor de turbulencia

k_t : 1.00

c_o : Coeficiente topográfico (EN 1991-1-4 (2005), 4.3.3)

z_0 : Longitud de la rugosidad (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 4.1)

z_{\min} : Altura mínima (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 4.1)

k_p : Factor de pico (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$k_p = \text{MAX} \left(\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}, 3 \right)$$

T: Tiempo promedio para la velocidad media del viento

T : 600 s

v: Frecuencia media de oscilación

$$v = n_1 \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}} \geq 0.08$$

n_1 : Frecuencia fundamental

$$n_1 = \frac{46}{h}$$

h: Altura de la estructura

h : 15.70 m

B^2 : Factor de respuesta de fondo (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$B^2 = \frac{1}{1 + 0.9 \left(\frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0.63}}$$

b: Anchura de la estructura (longitud perpendicular a la dirección del viento)

h: Altura de la estructura

L(z): Escala integral de longitud de turbulencia

$$L(z) = L_t \left(\frac{z}{z_t} \right)^\alpha \quad z \geq z_{\min}$$



Justificación de la acción del viento

Ejemplo

Fecha: 08/03/19

$$L(z) = L(z_{\min}) \quad z \geq z_{\min}$$

$$L_t = 300m; z_t = 200m; \alpha = 0.67 + 0.05 \ln(z_0)$$

R^2 : Factor de respuesta por resonancia (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_L(z_s, n_1) \cdot R_h(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b)$$

d: Decremento logarítmico total del amortiguamiento

d : 0.10

$S_L(z, n)$: (EN 1991-1-4 (2005), B.1)

$$S_L(z, n) = \frac{6.8 \cdot f_L(z, n)}{(1 + 10.2 \cdot f_L(z, n))^{5/3}}$$

$$f_L(z_s, n_{1x}) = \frac{n_1 \cdot L(z)}{v_m(z)}$$

R_h, R_b : Funciones de admitancia (EN 1991-1-4 (2005), B.2)

$$R_h = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6h}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

$$R_b = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta}); \eta = \frac{4.6b}{L(z_s)} f_L(z_s, n_1)$$

Parámetros del terreno (EN 1991-1-4 (2005), Tabla 4.1)

Exposición	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
z_0 (m)	0.30	0.30	0.30	0.30
z_{\min} (m)	5.00	5.00	5.00	5.00

Cálculo del factor estructural, c_{s,c_d}

Exposición	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
$I_v(z_s)$	0.29	0.29	0.29	0.29
$L(z_s)$	46.55	46.55	46.55	46.55
B^2	0.56	0.59	0.56	0.59
R^2	0.01	0.01	0.01	0.01
k_p	3.49	3.52	3.49	3.52
c_{s,c_d}	1.00	1.00	1.00	1.00

1.3.3.- Presión de diseño por planta

Presión de diseño, w (EN 1991-1-4 (2005), 5.2 y fig. 5.1)

w (t/m ²)				
Planta	Viento a 0°	Viento a 90°	Viento a 180°	Viento a 270°
Torreón	0.095	0.088	0.095	0.088
Cubierta	0.095	0.088	0.095	0.088
Planta 3	0.095	0.088	0.095	0.088
Planta 2	0.095	0.088	0.095	0.088
Planta 1	0.095	0.088	0.095	0.088



1.4.- Cargas de viento por planta

Las cargas de viento para el diseño del sistema principal resistente a la fuerza del viento se deben determinar mediante la siguiente expresión:

$$F_i = p_i \cdot A_i \cdot c$$

Donde:

F_i : Carga de viento que actúa en la planta 'i'

p_i : Presión de diseño en la planta 'i'

A_i : Área de la planta 'i' sobre la que actúa la presión de diseño del viento

$$A_i = b_i \cdot h_i \quad [m^2]$$

b_i : Anchura de banda de la planta 'i' perpendicular a la dirección de análisis

h_i : Altura de la planta 'i'

c : Coeficiente aplicado a la acción de viento

Viento a 0° (+X)				
Planta	p (t/m ²)	b (m)	h (m)	F (t)
Torreón	0.095	4.00	1.75	0.668
Cubierta	0.095	23.00	3.15	6.912
Planta 3	0.095	23.00	2.80	6.144
Planta 2	0.095	23.00	2.80	6.144
Planta 1	0.095	23.00	3.30	7.241
Viento a 90° (-Y)				
Planta	p (t/m ²)	b (m)	h (m)	F (t)
Torreón	0.088	7.00	1.75	-1.083
Cubierta	0.088	17.00	3.15	-4.736
Planta 3	0.088	17.00	2.80	-4.210
Planta 2	0.088	17.00	2.80	-4.210
Planta 1	0.088	17.00	3.30	-4.961
Viento a 180° (-X)				
Planta	p (t/m ²)	b (m)	h (m)	F (t)
Torreón	0.095	4.00	1.75	-0.668
Cubierta	0.095	23.00	3.15	-6.912
Planta 3	0.095	23.00	2.80	-6.144
Planta 2	0.095	23.00	2.80	-6.144
Planta 1	0.095	23.00	3.30	-7.241
Viento a 270° (+Y)				
Planta	p (t/m ²)	b (m)	h (m)	F (t)
Torreón	0.088	7.00	1.75	1.083
Cubierta	0.088	17.00	3.15	4.736
Planta 3	0.088	17.00	2.80	4.210
Planta 2	0.088	17.00	2.80	4.210
Planta 1	0.088	17.00	3.30	4.961