



CIRSOC

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI

Acción del Viento sobre las Construcciones

Junio 1994



Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI

Acción del Viento sobre las Construcciones

Junio 1994

APROBADO POR RESOLUCIONES DEL
MOySP N° 977/83 y 621/84 y 168/85
SSOP N° 59/90 y 3/91



E-mail: cirsoc@mecon.gov.ar
cirsoc@inti.gob.ar

Internet: www.inti.gob.ar/cirsoc

Primer Director Técnico († 1980): Ing. Luis María Machado

Directora Técnica: Inga. Marta S. Parmigiani

Coordinadora Área Acciones: Inga. Alicia M. Aragno

Área Estructuras de Hormigón: Ing. Daniel A. Ortega

Área Administración, Finanzas y Promoción: Mónica B. Krotz

Área Venta de Publicaciones: Néstor D. Corti

© 1999

**Editado por INTI
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL
Av. Leandro N. Alem 1067 – 7º piso – Buenos Aires. Tel. 4515-5000**

**Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos reservados.
Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor.
Impreso en la Argentina.
Printed in Argentina.**



ORGANISMOS PROMOTORES

Ministerio de Obras y Servicios Públicos
Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires
Secretaría de Estado de Desarrollo Urbano y Vivienda
Empresa Obras Sanitarias de la Nación
Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires
Comisión Nacional de Energía Atómica
Empresa del Estado Agua y Energía Eléctrica
Dirección Nacional de Vialidad
HIDRONOR SA

MIEMBRO ADHERENTE

Consejo Interprovincial de Ministros de Obras Públicas

ASESORES QUE INTERVINIERON EN LA REDACCIÓN DEL REGLAMENTO CIRSOC 102

Coordinador : Ing. Hilario Fernández Long

Asesores : Ing. Juan Carlos Reimundín
 Ing. Roberto Cudmani

Asesor
Honorario : Ing. Cleto Agosti

– INDICE –

CAPITULO 1	GENERALIDADES	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	CAMPO DE VALIDEZ	1
CAPITULO 2	DEFINICIONES	3
2.1.	ACCIÓN DE CONJUNTO SOBRE UNA CONSTRUCCIÓN	3
2.2.	ACCIÓN LOCAL	3
2.3.	ACCIÓN RESULTANTE TOTAL	3
2.4.	DATOS ACCIÓN UNITARIA	3
2.5.	ACCIÓN UNITARIA EXTERIOR	3
2.6.	ACCIÓN UNITARIA INTERIOR	3
2.7.	ACCIÓN UNITARIA RESULTANTE	3
2.8.	DERIVA	4
2.9.	EMPUJE	4
2.10.	LEVANTAMIENTO	4
2.11.	NIVEL DE REFERENCIA	4
2.12.	PARED ABIERTA	4
2.13.	PARED CERRADA	4
2.14.	PARED PARCIALMENTE ABIERTA	4
2.15.	PERMEABILIDAD DE UNA PARED	4
2.16.	PRESIÓN DEL VIENTO	4
2.17.	PRESIÓN DINÁMICA BÁSICA	4
2.18.	PRESIÓN DINÁMICA DEL CÁLCULO	5
2.19.	RELACIÓN DE SEPARACIÓN	5

2.20.	RELACIÓN DE SOLIDEZ	5
2.21.	RELACIÓN DE SOLIDEZ AERODINÁMICA	5
2.22.	SUCCIÓN	5
2.23.	SUPERFICIE "A BARLOVENTO"	5
2.24.	SUPERFICIE "A SOTAVENTO"	5
2.25.	SUPERFICIE MAESTRA	5
2.26.	VELOCIDAD BÁSICA DE DISEÑO	6
2.27.	VELOCIDAD DE REFERENCIA	6
CAPITULO 3	SIMBOLOGÍA	7
3.1.	SIMBOLOGÍA	7
CAPITULO 4	CONDICIONES GENERALES	11
4.1.	DIRECCIÓN DEL VIENTO	11
4.2.	ACCIÓN DEL VIENTO	11
4.3.	EFFECTOS DEL VIENTO	11
4.4.	CONSIDERACIÓN DE LOS EFFECTOS ESTÁTICOS	11
4.5.	CONSIDERACIÓN DE LOS EFECTOS DINÁMICOS	11
4.6.	CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES	12
4.7.	DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE REFERENCIA	14
CAPITULO 5	METODO DE CÁLCULO	17
5.1.	GENERALIDADES	17
5.2.	EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN DEL VIENTO, CONSIDERACIÓN DE LOS EFECTOS ESTÁTICOS	17
5.2.1.	Primer paso: Determinación de la velocidad de referencia (β)	17
5.2.2.	Segundo paso: Cálculo de la velocidad básica de diseño (V_0)	17

5.2.3.	Tercer paso: Cálculo de la presión dinámica básica (q_0)	20
5.2.4.	Cuarto paso: Cálculo de la presión dinámica (q_z)	21
5.2.5.	Quinto paso: Cálculo de las acciones	28
5.3.	ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO	31
ANEXOS AL CAPITULO 5		33
	COEFICIENTE DE VELOCIDAD PROBABLE	33
	TRANSICIÓN DE RUGOSIDADES	35
CAPITULO 6 CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE CUADRANGULAR		43
6.1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	43
6.1.1.	Presión dinámica de cálculo (q_z)	43
6.1.2.	Relación de dimensiones λ	43
6.1.3.	Características de la construcción	43
6.1.4.	Coeficiente de forma γ	44
6.2.	ACCIONES EXTERIORES	47
6.2.1.	Paredes	47
6.2.2.	Cara inferior (en construcciones separadas del suelo)	47
6.2.3.	Cubiertas	48
6.3.	ACCIONES INTERIORES	48
6.3.1.	Valores límite del coeficiente de presión interior c_i	48
6.4.	ACCIÓN UNITARIA RESULTANTE	48
6.4.1.	Coeficiente de presión c	49
6.4.2.	Valores límite de las acciones unitarias resultantes	49
6.5.	ACCIONES DE CONJUNTO	49
6.6.	ACCIONES LOCALES	57
6.6.1.	Aristas verticales	57
6.6.2.	Bordes de techo	57
6.6.3.	Ángulos de cubiertas	57
6.6.4.	Otras acciones locales	57
6.6.5.	Valores límite de las acciones locales	58
6.7.	CONSTRUCCIONES PRISMÁTICAS DE BASE CUADRANGULAR O ASIMILABLES, DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES, APOYADAS O NO SOBRE EL SUELO	58

CAPITULO 7	CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE POLIGONAL	
	REGULAR Y CONSTRUCCIONES CILINDRICAS	59
7.1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	59
7.1.1.	Presión dinámica del cálculo	59
7.1.2.	Dirección del viento	59
7.1.3.	Relación de dimensiones λ	59
7.1.4.	Clasificación de las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas	60
7.1.5.	Coeficiente de forma γ	62
7.2.	ACCIÓN UNITARIA EXTERIOR	62
7.2.1.	Paredes	62
7.2.2.	Cubiertas	64
7.2.3.	Cara inferior de una construcción separada del suelo	64
7.3.	ACCIÓN UNITARIA INTERIOR	68
7.3.1.	Construcciones cerradas	68
7.3.2.	Construcciones abiertas (categorías V y VI únicamente)	68
7.4.	ACCIÓN UNITARIA RESULTANTE	69
7.5.	ACCIÓN DE CONJUNTO	69
7.5.1.	Prismas y cilindros de generatrices verticales	69
7.5.2.	Prismas y cilindros de generatrices horizontales	69
7.5.3.	Construcciones macizas o cerradas estancas	71
CAPITULO 8	PANELES LLENOS Y CUBIERTAS AISLADAS	75
8.1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	75
8.1.1.	Presión dinámica de cálculo (q_z)	75
8.1.2.	Clasificación	75
8.1.3.	Acciones locales	75
8.2.	PANELES LLENOS	75
8.2.1.	Características	75
8.2.2.	Dirección del viento	75
8.2.3.	Relación de dimensiones λ	75
8.2.4.	Acción resultante total	76
8.2.5.	Acción de conjunto	76
8.3.	CUBIERTAS AISLADAS	78
8.3.1.	Generalidades	78
8.3.2.	Cubiertas de una vertiente	80
8.3.3.	Cubiertas de dos vertientes simétricas	84
8.3.4.	Cubiertas simétricas múltiples	88

CAPITULO 9	CONSTRUCCIONES CON ABERTURAS Y CONSTRUCCIONES DE RETICULADO	91
9.1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	91
9.1.1.	Presión dinámica de cálculo (q_z)	91
9.1.2.	Clasificación de las construcciones con aberturas y construcciones de reticulado	91
9.2.	ELEMENTOS LINEALES	91
9.2.1.	Características	91
9.2.2.	Relación de dimensiones λ	91
9.2.3.	Clasificación de las barras	92
9.2.4.	Barras con aristas vivas o poco redondeadas	92
9.2.5.	Barras de contorno circular (macizas o huecas)	95
9.3.	ELEMENTOS PLANOS	96
9.3.1.	Características	96
9.3.2.	Elementos planos únicos	97
9.3.3.	Elementos planos múltiples	99
9.4.	ELEMENTOS ESPACIALES	100
9.4.1.	Características	100
9.4.2.	Clasificación	100
9.4.3.	Torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas	100
9.4.4.	Torres formadas por barras de contorno circular (macizas o huecas)	104
CAPITULO 10	CONSTRUCCIONES DIVERSAS	107
10.1.	PRESCRIPCIONES GENERALES	107
10.1.1.	Presión dinámica del cálculo (q_z)	107
10.1.2.	Aplicación de las reglas generales	107
10.1.3.	Clasificación	107
10.2.	CONSTRUCCIONES DE FORMA PARTICULAR	107
10.2.1.	Cubiertas cuya base es un polígono regular o un círculo	108
10.2.2.	Construcciones en forma de bóveda sin linterna, apoyadas directamente sobre el suelo	111
10.2.3.	Tubos o hilos cilíndricos rugosos y cables trenzados	112
10.2.4.	Construcciones derivadas de la esfera	114
10.2.5.	Banderas	114
10.3.	CONSTRUCCIONES PROVISIONALES	115
10.4.	CONSTRUCCIONES EN CURSO DE EJECUCIÓN	115
10.5.	CONSTRUCCIONES NO CONSIDERADAS EXPRESAMENTE EN ESTE REGLAMENTO	115

CAPITULO 1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

El presente Reglamento tiene por objeto determinar los procedimientos y los medios para obtener los valores de las acciones producidas por el viento sobre las construcciones o sus diferentes partes.

Dichos procedimientos o medios pueden ser:

- a) los métodos indicados en el presente Reglamento;
- b) ensayos en túneles de viento o ensayos similares, conjuntamente con las prescripciones de este Reglamento;
- c) ensayos en túneles de viento o ensayos similares, exclusivamente;
- d) referencias de ensayos en túneles de viento o ensayos similares, realizados en construcciones de características análogas a las de la construcción en estudio.

Los resultados de los ensayos en túneles de viento serán considerados válidos siempre que cumplan las siguientes condiciones:

- a) el viento natural sea representado teniendo en cuenta la variación de la velocidad con la altura;
- b) los ensayos sobre formas curvas contemplen los efectos del número de Reynolds;
- c) los ensayos para determinar cargas y presiones fluctuantes contemplen adicionalmente la escala e intensidad de la componente longitudinal de la turbulencia;
- d) los ensayos para determinar la respuesta dinámica de una estructura, además de los requisitos anteriores, contemplen la simulación de masas, longitudes, rigideces y amortiguamiento.

1.2. CAMPO DE VALIDEZ

Este Reglamento se aplica a todas las construcciones dentro del territorio de la República Argentina¹. No es de aplicación para las construcciones que por su naturaleza o envergadura requieran estudios especiales, y no estén específicamente incluidas en este Reglamento.

¹ Para el sector Antártico e Islas Malvinas, no se dan valores de la velocidad de referencia, por no contarse con datos estadísticos de esas zonas.

CAPITULO 2. DEFINICIONES

2.1. ACCION DE CONJUNTO SOBRE UNA CONSTRUCCION

Resultante geométrica de todas las acciones sobre las diferentes paredes de la construcción; generalmente su dirección no coincide con la del viento.

2.2. ACCION LOCAL

Acción del viento sobre ciertas zonas de las construcciones, tales como las aristas verticales, los aleros de las cubiertas, los ángulos entrantes o salientes de éstas, etc. Se distingue mediante coeficientes apropiados, la acción del viento particularmente acentuada en dichas zonas.

2.3. ACCION RESULTANTE TOTAL

Fuerza total ejercida sobre una superficie determinada.

2.4. ACCION UNITARIA

Valor de la presión o succión que el viento ejerce sobre un elemento de superficie en una construcción.

2.5. ACCION UNITARIA EXTERIOR

Acción unitaria del viento sobre la cara exterior de la pared (o techo) de una construcción.

Cualquiera sea la construcción, la cara exterior de sus paredes está sometida a:

- a) succiones, si las paredes están "a sotavento";
- b) presiones, o succiones, si ellas están "a barlovento".

2.6. ACCION UNITARIA INTERIOR

Acción unitaria del viento sobre la cara interior de la pared (o techo) de una construcción, originada por el estado de sobrepresión o de depresión en que se encuentre el volumen interior comprendido entre las paredes de una construcción.

2.7. ACCION UNITARIA RESULTANTE

Suma de las acciones unitarias exterior e interior ejercidas sobre un mismo elemento de pared (o techo) de una construcción o de las ejercidas sobre las caras a barlovento y sotavento en el caso de elementos aislados.

2.8. DERIVA

Componente horizontal de la acción de conjunto en sentido normal a la dirección del viento, que tiende a desplazar lateralmente la construcción y, eventualmente, a volcarla.

2.9. EMPUJE

Componente horizontal de la acción de conjunto en la dirección del viento, que tiende a desplazar a la construcción y, eventualmente, a volcarla.

2.10. LEVANTAMIENTO

Componente vertical de la acción de conjunto, que tiende a levantar la construcción y, eventualmente, a volcarla.

2.11. NIVEL DE REFERENCIA

Nivel a partir del cual se deberá medir la altura de un punto cualquiera de una construcción, en el que se desea calcular la presión dinámica.

2.12. PARED ABIERTA

Pared con permeabilidad $\mu > 35\%$

2.13. PARED CERRADA

Pared con permeabilidad $\mu \leq 5\%$

2.14. PARED PARCIALMENTE ABIERTA

Pared con permeabilidad $5\% < \mu \leq 35\%$

2.15. PERMEABILIDAD DE UNA PARED

Suma de las áreas de las aberturas de cualquier dimensión, que posee la pared, expresada como un porcentaje de su área total.

2.16. PRESIÓN DEL VIENTO

Fuerza por unidad de superficie ejercida por el viento sobre una superficie, perpendicular a la misma y dirigida hacia ella.

2.17. PRESIÓN DINAMICA BASICA

Presión ejercida por el viento sobre una superficie plana, normal a su dirección, en el punto atacado por el filete de aire donde la velocidad se anula. Por convención, es aquella que se ejerce a una altura de 10 m sobre el suelo, en exposición abierta (rugosidad tipo I) según se describe en la Tabla 3, sobre un elemento cuya dimensión mayor es de 0,50 m.

2.18. PRESION DINAMICA DE CÁLCULO

Presión dinámica básica, afectada por los coeficientes: c_z , que expresa la ley de variación de la presión con la altura, tomando en consideración la rugosidad del terreno, y c_d de reducción, que toma en cuenta las dimensiones de la construcción.

2.19. RELACION DE SEPARACION

Relación entre la distancia entre ejes de las piezas de dos reticulados consecutivos y la menor dimensión en la dirección normal al viento.

2.20. RELACION DE SOLIDEZ

Relación entre el área efectiva del reticulado o panel normal a la dirección del viento, descontando huecos y el área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, incluyendo huecos.

2.21. RELACION DE SOLIDEZ AERODINAMICA

Valor que resulta de multiplicar la relación de solidez por una constante que depende del tipo de barra del reticulado y del régimen de flujo.

2.22. SUCCION

Fuerza por unidad de superficie, ejercida por el viento sobre una superficie perpendicular a la misma, y dirigida en sentido opuesto al de la presión.

2.23. SUPERFICIE "A BARLOVENTO"

Superficie expuesta al viento. Por analogía, superficie "iluminada", cuando sobre la construcción incide un haz de rayos luminosos paralelos a la dirección del viento.

2.24. SUPERFICIE "A SOTAVENTO"

Superficie no expuesta al viento o paralela a la dirección de éste. Por analogía, superficie "no iluminada" o bajo incidencia rasante, cuando sobre la construcción incide un haz de rayos luminosos paralelos a la dirección del viento.

2.25. SUPERFICIE MAESTRA

Proyección ortogonal del elemento considerado o del conjunto de la construcción, sobre un plano perpendicular a la dirección del viento.

2.26. VELOCIDAD BASICA DE DISEÑO

Velocidad que tiene una probabilidad P_m de ser excedida, por lo menos una vez en un período de m años, y corresponde a promedios de velocidad instantánea sobre intervalos $\Delta t = 3$ segundos, en exposición abierta (rugosidad tipo I) según se describe en la Tabla 3, a una altura normal de referencia $z_0 = 10$ metros.

2.27. VELOCIDAD DE REFERENCIA

Parámetro de la distribución de Fisher-Tippett II.

Velocidad correspondiente al promedio de velocidad instantánea (pico de ráfaga) sobre intervalos $\Delta t = 3$ segundos, en exposición abierta, a una altura normal de referencia de 10 m que tiene un período de recurrencia de un año.

CAPITULO 3. SIMBOLOGÍA

3.1. SIMBOLOGÍA

- a** dimensión horizontal de la construcción ($a \geq b$)
- a** lado de la base de una pirámide
- e_α** dimensión de una barra normal a la dirección del viento, expresada en metros
- A** área de la superficie maestra o superficie de referencia, expresada en metros cuadrados, y para el caso de reticulados o paneles, área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, incluyendo huecos, expresada en metros cuadrados
- A_e** área efectiva de un reticulado o panel normal a la dirección del viento, descontando huecos, expresada en metros cuadrados
- A_s** área de la proyección horizontal de la construcción, expresada en metros cuadrados
- b** dimensión horizontal de la construcción ($b \leq a$)
- c, c_i, c_e, c₁, c₂**, coeficientes de presión.
- c_E** coeficiente global de empuje
- c_L** coeficiente global de levantamiento
- c_p** coeficiente de velocidad probable
- c_d** coeficiente de reducción, en función de las dimensiones de la construcción
- c_z** coeficiente de variación de la presión dinámica básica, en función de la altura y de la rugosidad del terreno
- d** diámetro de una barra circular, o desnivel del terreno adyacente a la construcción, expresado en metros
- e** separación entre la construcción y el suelo, expresada en metros, o separación entre dos estructuras paralelas de reticulado
- E** fuerza de empuje, expresada en kilonewton (1 kN ≈ 100 kgf)
- F_x** componente de las fuerzas **F**, según la dirección del viento, expresada en kilonewton (1 kN ≈ 100 kgf)

F_y componente de las fuerzas **F**, según la dirección normal al viento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)

F_N, F_T componentes de las fuerzas **F**, paralelas a las direcciones de referencia establecidas, expresadas en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)

h altura de la construcción, expresada en metros

h_o altura propia de la construcción, expresada en metros

I longitud de una barra, expresada en metros

L fuerza vertical de levantamiento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)

m vida estimada de la estructura o construcción, expresada en años

n coeficiente para obtener la componente **W_n** ó número de lados

p pendiente del terreno adyacente a la construcción

P_m probabilidad de que la velocidad básica **V_o** sea excedida por lo menos una vez en un período de **m** años

q_m valor medio de la presión dinámica de cálculo sobre la construcción, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

q_z presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

q_{z,m} valor medio de la presión dinámica de cálculo sobre una superficie, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

q_{zh} presión dinámica de cálculo en el extremo superior de la construcción expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

q_o presión dinámica básica expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

R fuerza resultante sobre el conjunto de la construcción, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)

R_a relación de solidez aerodinámica

R_s relación de separación

t coeficiente para obtener la componente **W_t**

- V_o** velocidad básica de diseño o velocidad del aire en la corriente libre, expresada en metros por segundo
- W** acción resultante total, ejercida por el viento sobre una superficie de referencia, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)
- w_z** acción unitaria, ejercida por el viento sobre una de las caras de un elemento de la superficie ubicado a la altura z sobre el plano de referencia, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)
- W_n** componente de la acción del viento, perpendicular a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)
- W_t** componente de la acción del viento, paralela a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$)
- w_{r,z}** acción unitaria resultante ejercida por el viento sobre un elemento de superficie, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)
- z** altura del nivel en consideración respecto al nivel de referencia, expresada en metros
- z_h** altura máxima de la construcción respecto al nivel de referencia, expresada en metros
- z_o** altura normal de referencia, expresada en metros.
- z_{o,i}** parámetro que depende del tipo de rugosidad i (i = I, II, III ó IV)
- β** velocidad de referencia, expresada en metros por segundo (parámetro de la distribución de Fisher Tippett II)
- α** ángulo que forma la dirección del viento con la línea de máxima pendiente de un techo inclinado, o ángulo horizontal que forma la dirección del viento con el paramento de una construcción. En las construcciones de contorno circular, ángulo que forma la dirección del viento con el plano tangente a la curva, en el punto considerado
- γ, γ_o, γ_e, γ_h** coeficientes de forma
- λ, λ_a, λ_b** relaciones de dimensiones
- δ** coeficiente de mayoración
- η** coeficiente de protección
- μ** permeabilidad de una pared, expresada en %
- φ** relación de solidez

CAPITULO 4. CONDICIONES GENERALES

4.1. DIRECCION DEL VIENTO

En el presente Reglamento se considera, salvo indicación en contrario, que la dirección del viento es horizontal.

4.2. ACCION DEL VIENTO

La acción ejercida por el viento sobre las construcciones resulta de la suma de una componente estática, que depende de su presión estática, y una componente dinámica, que depende de la variación de su velocidad al enfrentar el obstáculo.

4.3. EFECTOS DEL VIENTO

La acción del viento produce efectos estáticos y efectos dinámicos, más o menos acentuados según la forma y dimensión de las construcciones.

4.4. CONSIDERACION DE LOS EFECTOS ESTATICOS

Para el cálculo de estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento, será suficiente sólo la consideración de los efectos estáticos. Se incluyen específicamente las construcciones que cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- a) Edificios de vivienda u oficina cuyo período fundamental sea menor de un segundo.
- b) Todas las construcciones cerradas, techadas con sistemas de arcos, vigas, armaduras, losas, bóvedas cáscara u otros sistemas de cubierta rígidos; es decir, que sean capaces de tomar los efectos debidos al viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante; a menos que por la adopción de una geometría adecuada, la aplicación de pretensado u otra medida, se logre limitar la respuesta estructural dinámica.

4.5. CONSIDERACION DE LOS EFECTOS DINAMICOS

Para la consideración de los efectos dinámicos se establecen tres casos de acuerdo con tres tipos de estructuras definidos a continuación.

4.5.1. En edificios con período fundamental comprendido entre 1 y 2 segundos y altura no mayor de 100 metros, podrán considerarse asimismo los efectos

estáticos mayorando las presiones de cálculo definidas en el Capítulo 5 por un factor **F**, dado por la expresión siguiente:

$$F = \frac{\sqrt{h}}{20} + 0,68 \geq 1,0$$

siendo:

- F** un factor de mayoración de las presiones de cálculo estáticas;
- h** la altura del edificio en metros.

Para estos edificios, también puede calcularse la acción del viento según lo estipulado en el artículo 4.5.2.

4.5.2. Para las estructuras cuya esbeltez o dimensiones reducidas en su sección transversal las hace especialmente sensibles a las ráfagas de corta duración y cuyos períodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes, deberán considerarse los efectos dinámicos. A este fin se recomienda determinarlos según la Recomendación CIRSOC 102-1-1982 "Acción dinámica del viento sobre las construcciones". Se incluyen en este tipo: los edificios de vivienda u oficina cuyo período fundamental es mayor de dos segundos, torres de transmisión, antenas, tanques elevados, parapetos, estructuras para carteles, y en general las estructuras que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluirán de este tipo de estructuras las que explícitamente se mencionan en el artículo 4.5.3.

4.5.3. Para todas aquellas estructuras, que por la forma de su sección transversal, hacen propicia la generación periódica de vórtices o remolinos de ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura y en general pueden presentar problemas de inestabilidad aerodinámica, deberán realizarse estudios dinámicos especiales. Cuando corresponda también, se recurrirá a ensayos de modelos en túnel de viento. En estos casos será necesario el asesoramiento de un profesional con experiencia en dinámica estructural.

Se incluyen en este tipo: las tuberías verticales, chimeneas de acero, estructuras traccionadas o suspendidas (cubiertas colgantes, puentes a obenques o colgantes), etc.

4.6. CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES

El presente Reglamento clasifica las construcciones de acuerdo con su forma de conjunto, su ubicación en el espacio y la permeabilidad de sus paredes.

4.6.1. Según su forma de conjunto, se distinguen:

- a) las construcciones prismáticas de base cuadrangular (ver Capítulo 6);
- b) las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas (ver Capítulo 7);
- c) los paños llenos y las cubiertas aisladas (ver Capítulo 8);
- d) las construcciones con aberturas y construcciones de reticulado (ver Capítulo 9);
- e) las construcciones diversas, que no entran en las categorías anteriores (ver Capítulo 10).

4.6.2. Según la ubicación en el espacio, se consideran:

- a) las construcciones apoyadas en el suelo o unidas a un plano de grandes dimensiones de otra construcción;
- b) construcciones aisladas aerodinámicamente en el espacio, para las cuales las distancias al suelo y a una pared vecina son, respectivamente, superiores o iguales a su dimensión, según la vertical o según una perpendicular a dicha pared;
- c) casos intermedios entre los dos anteriores;
- d) construcciones comprendidas entre dos planos paralelos de grandes dimensiones de otras construcciones.

4.6.3. Según la permeabilidad de sus paredes, se considera una construcción como:

- a) Cerrada. Si sus paredes presentan fugas y pequeñas aberturas uniformemente repartidas, siendo inferior o igual al 5% la permeabilidad media de estas paredes. Si todas las paredes tienen permeabilidad nula, es decir, si no dejan pasar absolutamente nada de aire, ni siquiera en forma accidental, la construcción se denomina cerrada estanca.
- b) Parcialmente abierta. Si, por lo menos, una de las paredes presenta o puede presentar en ciertos momentos una permeabilidad media comprendida entre 5% y 35%.
- c) Abierta. Si, al menos, una de las paredes presenta o puede presentar en ciertos momentos una permeabilidad igual o superior al 35%.

4.7. DETERMINACION DEL NIVEL DE REFERENCIA

La altura de un punto cualquiera de la construcción en el que se desea calcular la presión dinámica se medirá a partir de un nivel de referencia, el que se establecerá según la pendiente del terreno sobre el cual esté ubicada la construcción, se pueden presentar los siguientes casos:

- a) para pendiente del terreno adyacente a la construcción $p \leq 0,3$, el nivel de referencia será el del pie de la construcción (ver Figura 1):

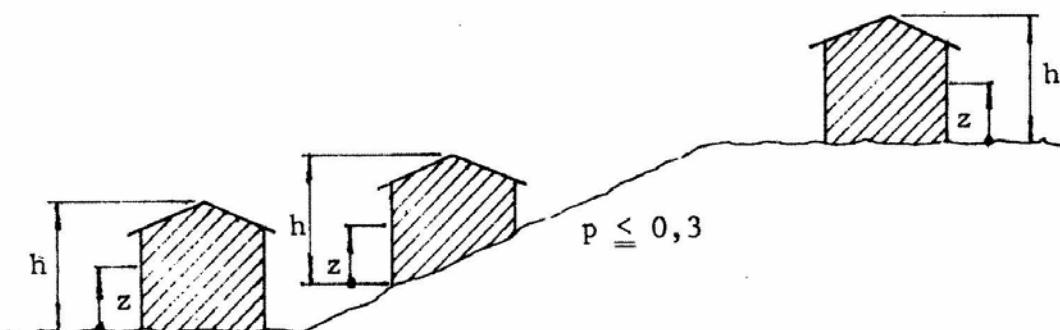


Figura 1. Nivel de referencia cuando $p \leq 0,3$.

- b) para pendiente del terreno adyacente a la construcción $0,3 < p < 2$, el nivel de referencia se determinará como se indica en la Figura 2.

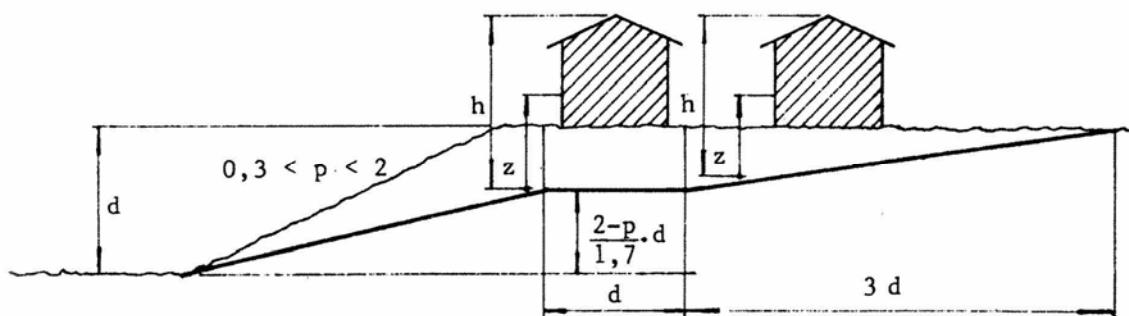


Figura 2. Nivel de referencia cuando $0,3 < p < 2$.

- c) para pendiente del terreno adyacente a la construcción $p \geq 2$, el nivel de referencia se determinará como se indica en la Figura 3.

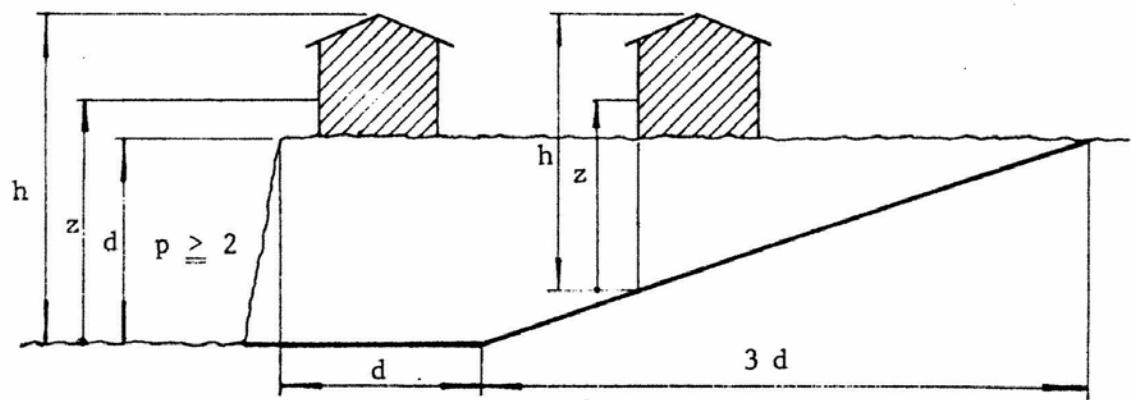


Figura 3. Nivel de referencia cuando $p \geq 2$.

CAPITULO 5. METODO DE CÁLCULO

5.1. GENERALIDADES

En el presente Capítulo se describe el procedimiento general para la evaluación de la acción del viento sobre las construcciones, considerando solamente los efectos estáticos. La secuencia de cálculo se halla graficada en la Figura 11.

5.1.1. Mientras no exista una reglamentación al respecto, se supondrá que el viento máximo puede actuar en cualquier dirección, sin realizar consideraciones acerca de rumbos preponderantes.

5.2. EVALUACION DE LA ACCION DEL VIENTO, CONSIDERACION DE LOS EFECTOS ESTATICOS

5.2.1. Primer paso: Determinación de la velocidad de referencia (β)

5.2.1.1. En la Tabla 1 se indican los valores de la velocidad de referencia β para las capitales provinciales y algunas ciudades. Para otras localidades se obtendrá del mapa de la Figura 4, teniendo en cuenta la ubicación geográfica de la construcción.

Cuando la ubicación de la construcción esté comprendida entre dos isocletas el proyectista podrá optar por:

- adoptar el mayor de los dos valores;
- interpolar linealmente entre ambos valores.

5.2.2. Segundo paso: Cálculo de la velocidad básica del diseño (V_o)

La velocidad básica de diseño V_o se calculará mediante la siguiente expresión:

$$V_o = c_p \cdot \beta$$

siendo:

V_o la velocidad básica de diseño, expresada en metros por segundo;

c_p el coeficiente de velocidad probable, que toma en consideración el riesgo y el tiempo de riesgo adoptados para la construcción,

Tabla 1. Valores de la velocidad de referencia β para las capitales provinciales y algunas ciudades.

CIUDAD	β (m/s)
Bahía Blanca	28,5
Bariloche	28,0
Buenos Aires	27,2
Catamarca	26,0
Comodoro Rivadavia	37,5
Córdoba	25,0
Corrientes	27,0
Formosa	27,0
La Plata	27,3
La Rioja	25,5
Mar del Plata	31,7
Mendoza	22,5
Neuquén	30,5
Paraná	30,0
Posadas	28,5
Rawson	35,0
Resistencia	27,2
Río Gallegos	32,5
Rosario	30,0
Salta	22,5
Santa Fe	30,0
San Juan	22,5
San Miguel de Tucumán	25,0
Santa Rosa	29,0
Santiago del Estero	25,2
Ushuaia	40,0
Viedma	33,0
San Luis	27,5
San Salvador de Jujuy	23,5

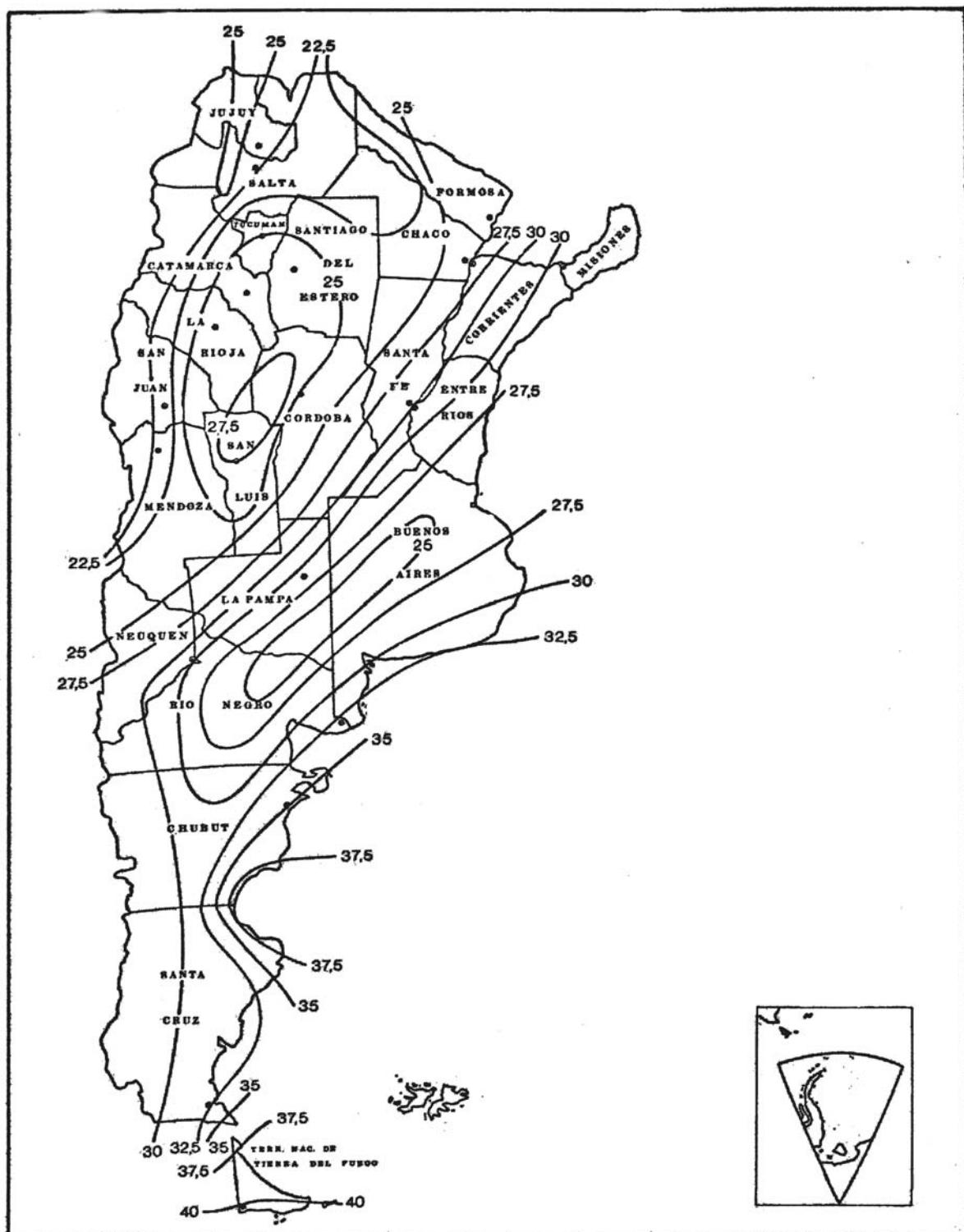


Figura 4. Mapa de distribución de la velocidad de referencia β , velocidad correspondiente al promedio de velocidad instantánea (pico de ráfaga) sobre intervalos de 3 segundos, en exposición abierta, a una altura normal de referencia de 10 m que tiene un período de recurrencia de un año.

de acuerdo con el tipo y destino de ésta. Su valor se indica en la Tabla 2 (ver anexo a este artículo);

- β la velocidad de referencia, expresada en metros por segundo, determinada de acuerdo con el artículo 5.2.1.

Tabla 2. Valores límite de la Probabilidad P_m , del Período de vida m , y del coeficiente c_p para los distintos grupos de construcciones.

Grupo	DESCRIPCION	P_m	m	c_p
1	Construcciones cuyo colapso o deterioro puede afectar la seguridad o la sanidad pública y aquellas vinculadas con la seguridad nacional: hospitales, centrales eléctricas y de comunicaciones, reactores nucleares, industrias riesgosas, cuarteles de bomberos y fuerzas de seguridad, aeropuertos principales, centrales de potabilización y distribución de aguas corrientes, etc.	0,20	50	2,13
2	Edificios para vivienda, hoteles y oficinas, edificios educacionales, edificios gubernamentales que no se consideren en el grupo 1, edificios para comercios e industrias con alto factor de ocupación, etc.	0,50	25	1,65
3	Edificios e instalaciones industriales con bajo factor de ocupación: depósitos, silos, construcciones rurales, etc.	0,50	10	1,45
4	Construcciones temporarias o precarias: locales para exposiciones, estructuras de otros grupos durante el proceso de construcción,etc.	0,50	2	1,16

5.2.3. Tercer paso: Cálculo de la presión dinámica básica (q_o)

La presión dinámica básica q_o se calculará mediante la expresión siguiente:

$$q_o = 0,000613 \cdot V_o^2$$

siendo:

- q_o la presión dinámica básica, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

V_o la velocidad básica de diseño, expresada en metros por segundo.

5.2.4. Cuarto paso: Cálculo de la presión dinámica de cálculo (q_z)

La presión dinámica de cálculo q_z se calculará mediante la expresión siguiente:

$$q_z = q_o \cdot c_z \cdot c_d$$

siendo:

- q_z** la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- q_o** la presión dinámica básica, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- c_z** el coeficiente adimensional que expresa la ley de variación de la presión con la altura y toma en consideración la condición de rugosidad del terreno (ver artículo 5.2.4.2.);
- c_d** el coeficiente adimensional de reducción que toma en consideración las dimensiones de la construcción (ver artículo 5.2.4.3.).

5.2.4.1. La aplicación de esta expresión conduce a diagramas de presión dinámica de cálculo variables con la altura del punto considerado.

En la mayoría de los casos resulta ventajoso trazar diagramas simplificados envolventes, e incluso, para construcciones bajas, puede adoptarse una presión dinámica de cálculo constante en toda la altura de la construcción, en función del mayor valor de **z** .

5.2.4.2. Coeficiente c_z

5.2.4.2.1. La velocidad del viento y, por consiguiente, la presión dinámica de cálculo varían con las condiciones de rugosidad del terreno y con la altura del punto en consideración.

5.2.4.2.2. El coeficiente c_z expresa la variación de la velocidad del viento con la altura y la rugosidad del terreno (ver anexo a este artículo). La expresión general del coeficiente c_z es:

$$C_z = \left[\frac{\ell_n \left(\frac{z}{z_{o,i}} \right)}{\ell_n \left(\frac{10}{z_{o,1}} \right)} \right]^2 \left(\frac{z_{o,i}}{z_{o,1}} \right)^{0,1412}$$

siendo:

- z** la altura del punto considerado, respecto del nivel de referencia, expresada en metros;
- $z_{o,i}$** un parámetro que depende del tipo de rugosidad ***i*** del terreno;
- $z_{o,1}$** el parámetro **$z_{o,i}$** correspondiente al tipo de rugosidad I.

En la Tabla 3 se describen los cuatro tipos de rugosidades en que se clasifican los terrenos y se dan los valores de $z_{o,i}$ para cada una de ellas.

En las Figuras 5 a 10 se dan ejemplos de los cuatro tipos de rugosidades del terreno.¹

Tabla 3. Tipos de rugosidad y valores del parámetro $z_{o,i}$ para cada tipo.

Tipo	DESCRIPCION	$z_{o,i}$ (m)
I	Llanuras planas con pocas o ninguna obstrucción, con un promedio de alturas de las posibles obstrucciones alrededor de la construcción menor que 1,5 m. Por ejemplo: fajas costeras hasta aproximadamente 6 km, llanuras sin árboles, mesetas desérticas, pantanos.	0,005
II	Zonas llanas, poco onduladas con obstrucciones dispersas, tales como cercas, árboles o construcciones muy aisladas, con alturas entre 1,5 y 10 m.	0,050
III	Zonas onduladas o forestadas, zonas urbanas con numerosas obstrucciones de espacios cerrados que tienen la altura de las casas domésticas con promedio no superior a 10 m. Por ejemplo: áreas industriales, suburbios de grandes ciudades.	0,200
IV	Superficies cubiertas por numerosas obstrucciones, centros de grandes ciudades con edificación general de más de 25 m de altura.	0,500

¹ Las fotografías fueron obtenidas por la Dirección de Infraestructura de la Fuerza Aérea Argentina.

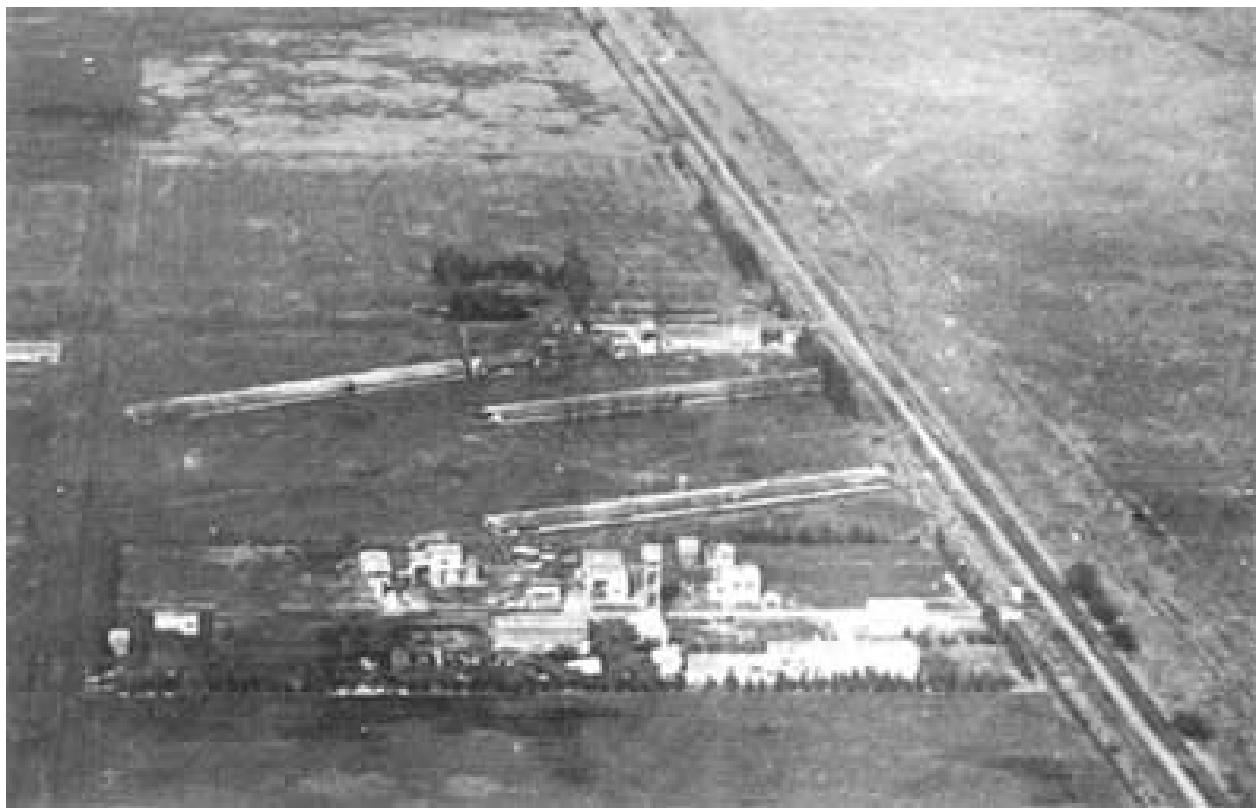


Figura 5. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad I.



Figura 6. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad II.



Figura 7. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad III.



Figura 8. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad III.



Figura 9. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad IV.



Figura 10. Ejemplo de terrenos con tipo de rugosidad IV.

Los valores del coeficiente c_z se indican en la Tabla 4 para los cuatro tipos de rugosidad y para alturas variables entre 10 m y 250 m.

Tabla 4. Valores del coeficiente adimensional c_z .

$z (m)$	<i>Tipo de Rugosidad</i>			
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
≤ 10	1,000	0,673	0,446	0,298
20	1,191	0,860	0,618	0,451
30	1,310	0,980	0,732	0,556
40	1,398	1,071	0,818	0,637
50	1,468	1,143	0,888	0,703
60	1,527	1,204	0,948	0,760
70	1,578	1,257	1,000	0,810
80	1,622	1,304	1,046	0,854
90	1,662	1,346	1,088	0,894
100	1,698	1,384	1,125	0,931
150	1,839	1,536	1,277	1,079
200	1,944	1,648	1,390	1,191
250	2,026	1,738	1,482	1,281

Nota: los valores intermedios se obtienen por interpolación lineal.

5.2.4.3. Coeficiente de reducción por dimensiones c_d

5.2.4.3.1. Cuando alguna de las dimensiones de la construcción exceda de 20 metros, se podrá aplicar en el cálculo de las presiones dinámicas q_z un coeficiente adimensional de reducción menor que la unidad, que tenga en cuenta la dimensión espacial de la ráfaga en relación a las dimensiones de dicha construcción. Podrá aplicarse este coeficiente de reducción únicamente si los elementos estructurales que componen la construcción están vinculados de manera tal que quede asegurada una actuación conjunta con los mismos al ser solicitados por el viento.

5.2.4.3.2. En la Tabla 5 se indican los valores de c_d en función de las relaciones entre la altura de la construcción y la velocidad básica de diseño (h/V_o) y entre el ancho de la construcción (a ó b) normal al viento y la altura de la construcción (a/h ó b/h) para cada tipo de rugosidad. En ningún caso se admitirá un coeficiente de reducción por dimensiones $c_d < 0,65$. Los valores indicados en la tabla, menores que 0,65, se incluyen al sólo efecto de facilitar la apropiada interpolación para relaciones h/V_o y a/h ó b/h intermedias.

Tabla 5. Coeficiente de reducción por dimensiones c_d .

a/h ó b/h	Tipo de rugosidad	h/V_o									
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0,0	I	0,99	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	II	0,97	0,90	0,85	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,73	0,72
	III	0,95	0,89	0,84	0,80	0,77	0,74	0,72	0,70	0,69	0,67
	IV	0,94	0,87	0,82	0,78	0,74	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63
0,5	I	0,99	0,90	0,83	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,64	0,63
	II	0,96	0,88	0,80	0,74	0,69	0,66	0,63	0,61	0,59	0,57
	III	0,94	0,86	0,78	0,71	0,66	0,61	0,58	0,55	0,53	---
	IV	0,93	0,84	0,75	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52	---	---
1,0	I	0,95	0,85	0,78	0,73	0,69	0,66	0,64	---	---	---
	II	0,93	0,81	0,73	0,67	0,62	0,59	---	---	---	---
	III	0,91	0,79	0,70	0,64	0,59	---	---	---	---	---
	IV	0,88	0,77	0,68	0,61	---	---	---	---	---	---
2,0	I	0,86	0,77	0,71	0,66	0,63	0,61	---	---	---	---
	II	0,85	0,74	0,67	0,61	---	---	---	---	---	---
	III	0,83	0,72	0,63	---	---	---	---	---	---	---
	IV	0,82	0,68	0,59	---	---	---	---	---	---	---
5,0	I	0,83	0,71	0,63	0,59	---	---	---	---	---	---
	II	0,75	0,65	0,58	---	---	---	---	---	---	---
	III	0,70	0,61	0,54	---	---	---	---	---	---	---
	IV	0,67	0,56	---	---	---	---	---	---	---	---

5.2.5. Quinto paso: Cálculo de las acciones

5.2.5.1. Cálculo de las acciones unitarias

La acción unitaria ejercida por el viento sobre una de las caras de un elemento de superficie de una construcción, ubicado al nivel z , se determinará con:

$$w_z = c \cdot q_z$$

siendo:

w_z la acción unitaria, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

c un coeficiente de presión que depende en cada caso de la forma geométrica de la construcción y de otros factores tales como: la relación de sus dimensiones, la rugosidad de la superficie, la permeabilidad de las paredes, la orientación con relación a la dirección del viento, la ubicación en el espacio con respecto a otras superficies o construcciones, etc.; este coeficiente llevará signo positivo o negativo según se trate de un efecto de presión o de succión, respectivamente;

q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$).

5.2.5.2. Cálculo de las acciones unitarias resultantes

Las acciones unitarias resultantes se obtienen sumando geométricamente las acciones ejercidas en ambas caras de un mismo elemento de superficie de una construcción, ubicado en el nivel z , según las expresiones:

$$w_{r,z} = (c_e - c_i) \cdot q_z$$

o bien cuando se trata de un elemento aislado:

$$w_{r,z} = (c_1 - c_2) \cdot q_z$$

siendo:

- $w_{r,z}$ la acción unitaria resultante, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)
- c_e y c_i los coeficientes de presión sobre las caras exterior e interior, respectivamente, de un elemento de superficie en una construcción con volumen interior hueco;
- c_1 y c_2 los coeficientes de presión sobre las caras a barlovento y sotavento, de un elemento de superficie de una construcción aislada (muro, techo, panel, etc.); en ciertos casos se da un valor único de $c = c_1 - c_2$, expresando luego a c_1 y c_2 en función de c ;
- q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$).

5.2.5.3. Cálculo de la acción resultante media

La acción resultante media se obtiene reemplazando el valor de la presión dinámica variable punto a punto, por un valor medio uniforme para toda la superficie:

$$w_{r,m} = (c_e - c_i) \cdot q_{z,m}$$

o bien cuando se trata de un elemento aislado:

$$w_{r,m} = (c_1 - c_2) \cdot q_{z,m}$$

siendo:

- $w_{r,m}$ la acción unitaria resultante media, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- c_e y c_i los coeficientes de presión sobre las caras exterior e interior, respectivamente, de un elemento de superficie en una construcción con volumen interior hueco;
- c_1 y c_2 los coeficientes de presión sobre las caras a barlovento y sotavento, de un elemento de superficie de una construcción aislada (muro, techo, panel, etc.); en ciertos casos se da un valor único de $c = c_1 - c_2$, expresando luego a c_1 y c_2 en función de c ;

$q_{z,m}$ un valor uniforme (valor medio o máximo) aplicable a la superficie en consideración; en ningún caso el valor uniforme deberá conducir a esfuerzos más favorables que los resultantes de la presión variable punto a punto.

5.2.5.4. Cálculo de la acción resultante total sobre una superficie

La acción resultante total sobre una superficie se calculará mediante la siguiente expresión:

$$W = \int_A w_{r,z} dA$$

o bien utilizando el valor medio:

$$W = w_{r,m} \cdot A$$

siendo:

- W** la acción resultante total sobre una superficie, expresada en kilonewton (1 kN \cong 100 kgf);
- $w_{r,z}$** la acción unitaria resultante, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$), según el artículo 5.2.5.2.;
- $w_{r,m}$** la acción unitaria resultante media, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$), según el artículo 5.2.5.3.;
- A** la superficie de referencia que se define para cada caso.

5.2.5.5. Cálculo de la acción de conjunto sobre una construcción

La dirección de la acción de conjunto sobre una construcción no coincide, necesariamente, con la dirección del viento y en general, no puede determinarse en forma directa. Para ciertas construcciones, sin embargo, es posible calcular directamente sus componentes horizontal **E** y vertical **L** ; mediante las siguientes expresiones que no toman en cuenta las acciones locales:

$$E = c_E \cdot q_m \cdot A \quad \text{y} \quad L = c_L \cdot q_m \cdot A_s$$

siendo:

- E** la fuerza de empuje, expresada en kilonewton (1 kN \cong 100 kgf);
- L** la fuerza de levantamiento, expresada en kilonewton (1 kN \cong 100 kgf);
- c_E** el coeficiente global de empuje;

- c_L** el coeficiente global de levantamiento;
- q_m** el valor medio de la presión dinámica de cálculo sobre la construcción, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- A** el área de la superficie maestra o superficie de referencia; para el caso de reticulados o paneles, el área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, incluyendo huecos (área de la proyección vertical de la construcción), expresada en metros cuadrados;
- A_s** el área de la proyección horizontal de la construcción, expresada en metros cuadrados.

5.3. ESQUEMA DEL PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

En la figura 11 se esquematiza gráficamente el procedimiento descripto en el presente Capítulo.

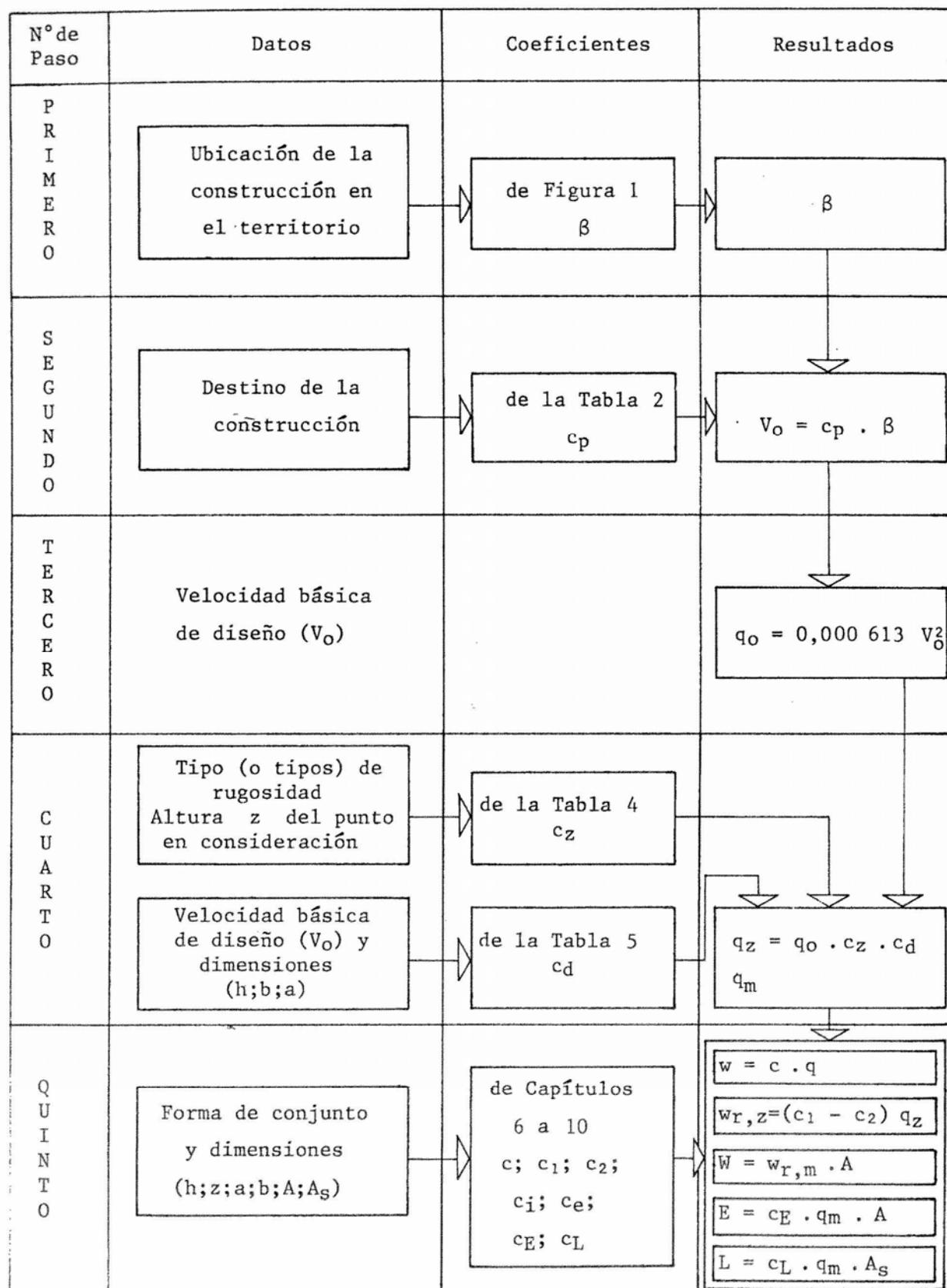


Figura 11. Esquema del procedimiento de cálculo.

ANEXOS AL CAPITULO 5

5.2.2. COEFICIENTE DE VELOCIDAD PROBABLE

1. Introducción

El contenido de este anexo no limita ni reduce las exigencias contenidas en el Reglamento. Los valores del coeficiente c_p obtenidos según se indica en este anexo no serán inferiores a los que se establecen en el artículo 5.2.2.

2. Valores del coeficiente c_p

Si, por razones especiales de proyecto, se considera necesario incrementar la seguridad prevista en el presente Reglamento, se podrán adoptar los valores de c_p indicados en la Tabla A.1.

Tabla A.1. Valores del coeficiente de velocidad probable (c_p) en función de la probabilidad (P_m) y de la vida de la construcción (m).

<i>Período de vida (años)</i>	<i>Probabilidad (P_m)</i>					
	<i>0,01</i>	<i>0,02</i>	<i>0,05</i>	<i>0,10</i>	<i>0,20</i>	<i>0,50</i>
2	2,10	1,90	1,67	1,51	1,36	1,16
5	2,39	2,16	1,90	1,72	1,55	1,32
10	2,63	2,38	2,09	1,89	1,70	1,45
25	2,99	2,71	2,38	2,15	1,94	1,65
50		2,99	2,62	2,37	2,13	1,82
100			2,89	2,61	2,35	2,01

Nota: Se han recuadrado los valores adoptados en el Reglamento.

3. Determinación del coeficiente c_p

Los valores de c_p se calculan de acuerdo con la expresión siguiente:

$$c_p = \left[-\ell_n (1 - P_m)^{(1/m)} \right]^{-1/\gamma}$$

siendo:

- c_p el coeficiente de velocidad probable;
- P_m la probabilidad elegida de que la velocidad básica V_o sea excedida por lo menos una vez en un período de m años;
- m el número de años de vida de la construcción, elegida para el caso considerado;
- γ el parámetro de forma de la distribución de valores extremos de Frechet que se ha adoptado para todo el país, igual a 7,14.

4. Deducción del coeficiente c_p

Llamando q a la probabilidad de que la velocidad extrema anual sea inferior a un valor V_o , en un año cualquiera se tendrá:

$$P(V \leq V_o) = q = F(V_o)$$

En el término de m años la probabilidad será:

$$q^m = (F(V_o))^m$$

En consecuencia, la probabilidad de que la velocidad sea superior a V_o por lo menos una vez en m años, será:

$$P_m = 1 - q^m = 1 - (F(V_o))^m$$

De donde, despejando $F(V_o)$ se deduce:

$$F(V_o) = (1 - P_m)^{1/m}$$

Teniendo en cuenta que la distribución de los valores extremos adoptada por este Reglamento satisface la distribución de Frechet, cuya expresión es:

$$F(V) = e^{-\left(\frac{V}{\beta}\right)^{-\gamma}}$$

resulta:

$$(1 - P_m)^{1/m} = e^{-\left(\frac{V_o}{\beta}\right)^{-\gamma}}$$

Tomando logaritmos neperianos:

$$\ell_n (1 - P_m)^{1/m} = - \left(\frac{V_o}{\beta} \right)^{-\gamma}$$

De lo cual despejamos V_o :

$$V_o = \beta \left\{ \left[- \ell_n (1 - P_m)^{1/m} \right]^{-1/\gamma} \right\}$$

En factor entre llaves no es otra cosa que el coeficiente de velocidad probable c_p .

5.2.4.2.2. TRANSICION DE RUGOSIDADES

1. Introducción

La variación de la velocidad desde un terreno de determinada rugosidad a otro de rugosidad diferente es un proceso gradual. En las figuras A.1. a A.4. se dan ejemplos de transiciones de rugosidad *.

El viento debe atravesar una cierta distancia x del terreno hasta que se establece un nuevo perfil de velocidad. Como este cambio comienza en las capas de viento más cercanas al suelo y se propaga luego hacia las más altas; se produce la estabilización del perfil de velocidad a una determinada altura relacionada con la distancia x (expresada en km) al comienzo de la rugosidad en la cual se halla ubicada la construcción. En la Tabla A.2. se indican los valores de la altura h_x necesaria en función de la distancia x para cada uno de los tipos de rugosidad.

Para un lugar donde las rugosidades varían en diferentes direcciones, debe considerarse la graduación más severa (terreno de menor rugosidad).

2. Sin influencia de la transmisión de rugosidades

Si la construcción, ubicada a una distancia x del comienzo de determinado tipo de rugosidad, tiene una altura h menor que la h_x correspondiente de la Tabla A.2., el perfil de velocidad se desarrolla totalmente en dicho tipo de rugosidad y se adoptarán los coeficientes c_z que surgen de la aplicación de la fórmula dada en el artículo 5.2.4.2.2. ó de la Tabla 4.



Figura A.1. Ejemplo de terrenos con transición de rugosidad tipo I a tipo III.



Figura A.2. Ejemplo de terrenos con transición de rugosidad tipo I a tipo IV.



Figura A.3. Ejemplo de terrenos con transición de rugosidad tipo I a tipo II, y a tipo IV.



Figura A.4. Ejemplo de terrenos con transición de rugosidad tipo I a tipo II, y a tipo IV.

**Las fotografías fueron obtenidas por la Dirección de Infraestructura de la Fuerza Aérea Argentina*

Tabla A.2. Valores de la altura h_x necesaria en función de la distancia x para los cuatro tipos de rugosidades.

Distancia x (km)	Altura h_x (m)			
	TIPO I	TIPO II	TIPO III	TIPO IV
0,2	12	20	35	60
0,5	20	30	55	95
1	25	45	80	130
2	35	65	110	190
5	60	100	170	300
10	80	140	250	450
20	120	200	350	500
50	180	300	400	500

Nota: Los valores intermedios se obtienen por interpolación lineal.

3. Con influencia de la transición de rugosidades

Si la construcción, ubicada a una distancia x del comienzo de determinado tipo de rugosidad, tiene una altura h mayor que la h_x correspondiente de la Tabla A.2. el coeficiente c_z se determinará de alguna de las formas siguientes:

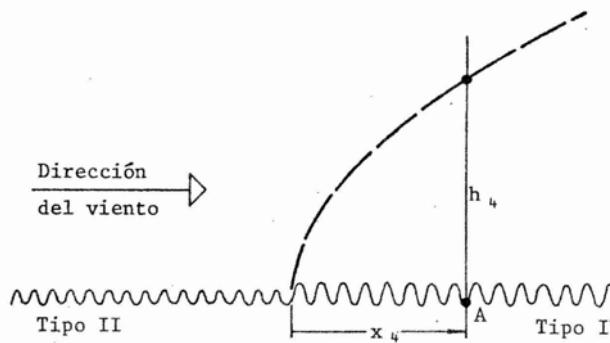
- a) de los dos o más tipos de rugosidades que tienen influencia, se adopta el más bajo (máximos coeficientes);
- b) se acepta una reducción de c_z , según los métodos que se describen en los artículos 4, 5 ó 6, según sea el caso.

4. Transición de un tipo de rugosidad bajo a otro más alto

En el caso de una transición de un tipo de rugosidad bajo a otro más alto se adoptarán los coeficientes c_z :

- a) debajo de la altura h_x , correspondientes con el tipo de rugosidad más alto;
- b) sobre la altura h_x , correspondientes con el tipo de rugosidad más bajo.

En la Figura A.5. se muestra la transición de un tipo de rugosidad II a un tipo de rugosidad IV para una construcción ubicada en el punto **A**, a una distancia x , del comienzo del tipo de rugosidad IV.



REFERENCIAS

- Curva $x-h_x$, para el tipo de rugosidad IV según Tabla A.2.
- - - Curva c_z-h , para el tipo de rugosidad II según Tabla 4.
- · - Curva c_z-h , para el tipo de rugosidad IV según la Tabla 4.
- Curva c_z-h de cálculo.

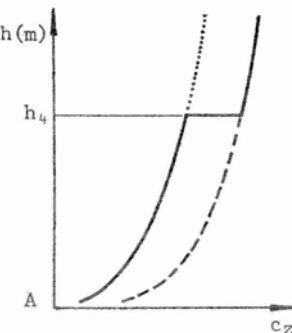


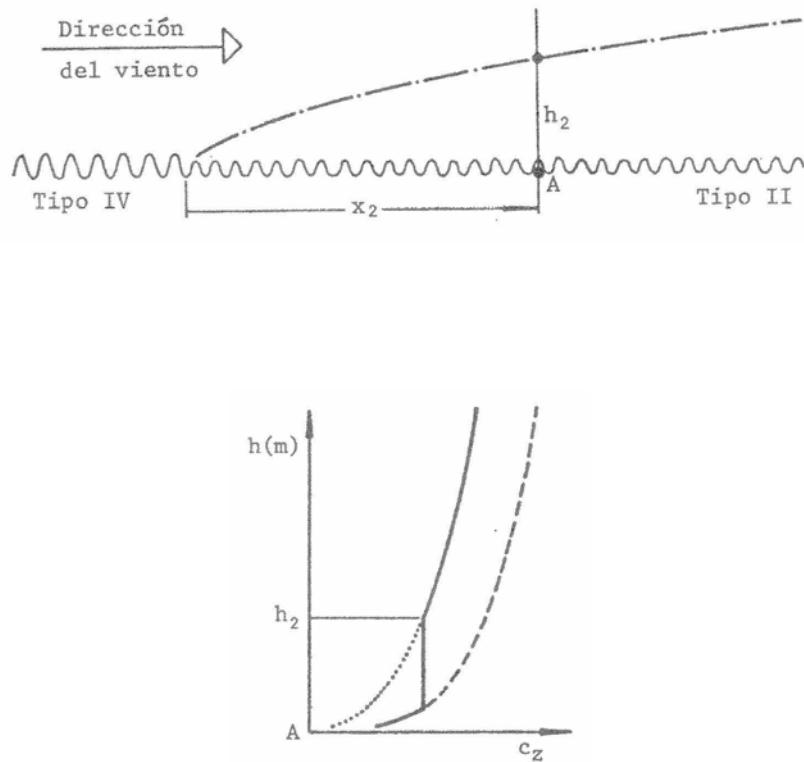
Figura A.5.

5. Transición de un tipo de rugosidad alto a otro más bajo

En el caso de una transición de un tipo de rugosidad a otro más bajo se adoptarán los coeficientes c_z :

- sobre la altura h_x , correspondientes con el tipo de rugosidad más alto;
- debajo de altura h_x , correspondientes con el tipo de rugosidad más bajo siempre que no sea mayor que el valor que adopta este coeficiente para la altura h_x en el tipo de rugosidad más alto.

En la Figura A.6. se muestra la transición de un tipo de rugosidad IV a un tipo de rugosidad II, para una construcción ubicada en el punto A, a una distancia x_2 del comienzo del tipo de rugosidad II.



REFERENCIAS

- — — Curva $x-h_x$ para el tipo de rugosidad II según Tabla A.2.
- - - Curva c_z-h para el tipo de rugosidad II según Tabla 4.
- Curva c_z-h para el tipo de rugosidad IV según Tabla 4.
- — — Curva c_z-h de cálculo.

Figura A.6.

6. Transición que vincula más de dos tipos de rugosidades

Cuando la transición vincula a más de dos tipos de rugosidades se debe tratar en forma similar a la descripta en 4 y 5.

En la Figura A.7. se muestra la transición de un tipo de rugosidad II a un tipo de rugosidad I y luego a un tipo de rugosidad III y los ejemplos para las construcciones ubicadas en A, B y C.

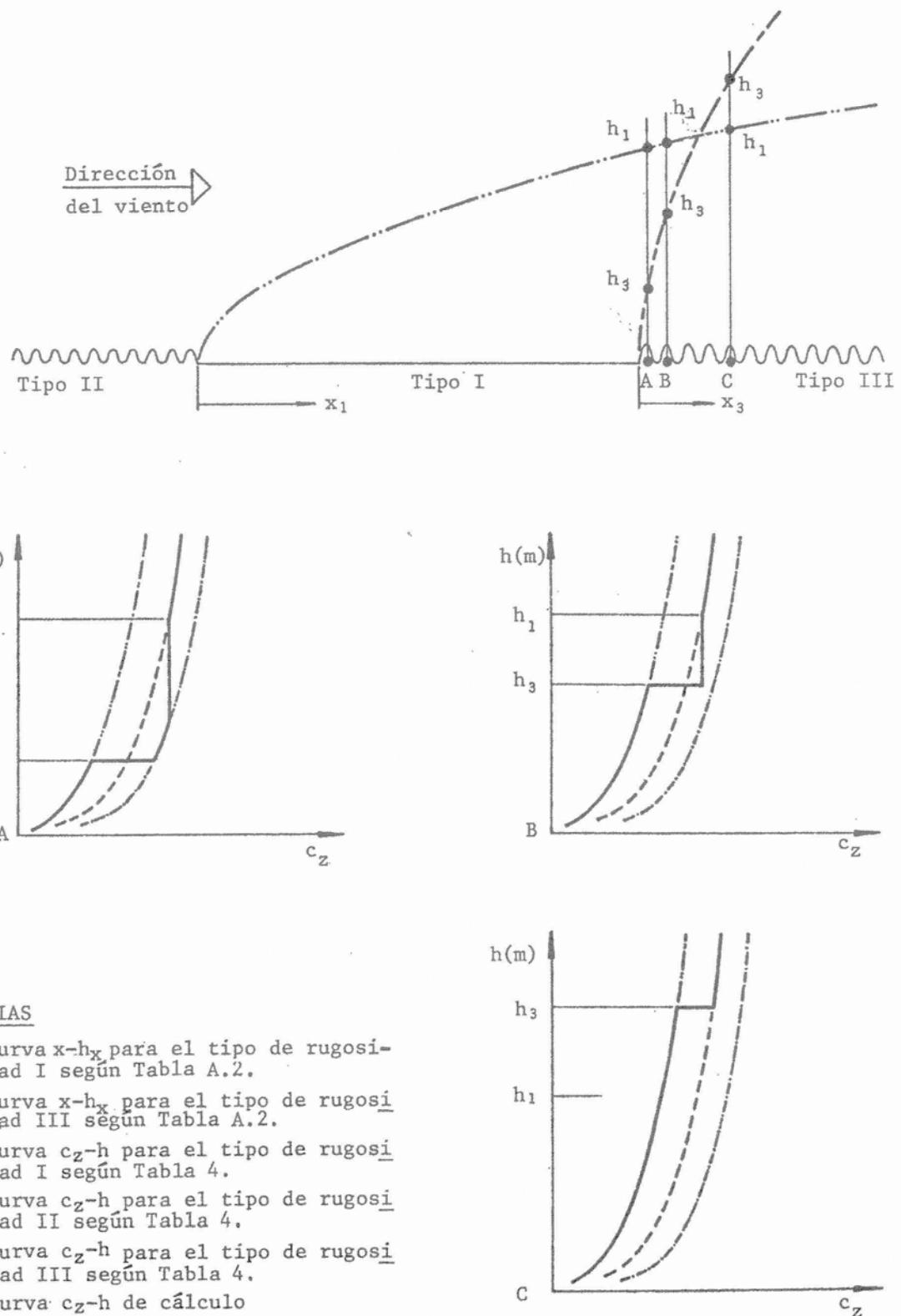


Figura A.7.

CAPITULO 6. CONSTRUCCIONES PRISMÁTICAS DE BASE CUADRANGULAR

6.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

6.1.1. Presión dinámica de cálculo (q_z)

Se determina según lo establecido en el artículo 5.2.4.

6.1.2. Relación de dimensiones λ

Para una dirección del viento dada, la relación de dimensiones λ es el cociente entre la altura h y la dimensión horizontal de la cara expuesta. Según sea la cara expuesta a la acción del viento se designará:

$$\lambda_a = \frac{h}{a} \quad \lambda_b = \frac{h}{b}$$

6.1.3. Características de la construcción

6.1.3.1. La planta es un rectángulo de lados a y b tales que $a > b$, la altura es h , la flecha de la cubierta es f , su ángulo de inclinación es α y la separación del suelo es e (ver Figura 12).

Cuando la planta no sea rectangular, remitirse al artículo 6.7.

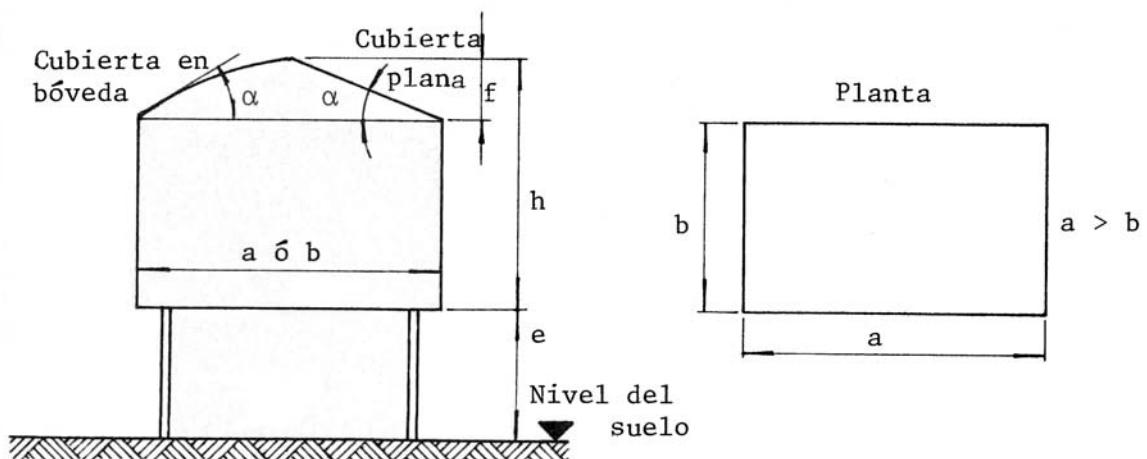


Figura 12.

6.1.3.2. Las paredes verticales son planas y pueden tener diferente permeabilidad, con la salvedad de que por lo menos una de ellas sea cerrada ($\mu \leq 5\%$).

6.1.3.3. La cubierta puede ser horizontal, en bóveda o inclinada; de una o más aguas; única o múltiple.

6.1.3.4. La separación del suelo puede ser:

- $e = 0$ para construcciones apoyadas en el suelo;
- $e \leq h$ y $e > h$ para construcciones separadas del suelo.

6.1.3.5. En el caso de construcciones separadas del suelo, las cuatro paredes apoyan en el suelo por intermedio de pilares y están alejadas de cualquier plano de grandes dimensiones.

6.1.4 Coeficiente de forma γ

El coeficiente de presión c depende, en general, de un coeficiente de forma γ , el que a su vez, depende de la relación de dimensiones λ .

6.1.4.1. Designaciones para el coeficiente de forma γ

Según la ubicación de la construcción con respecto al suelo, el coeficiente se designará:

- γ_0 para construcciones apoyadas en el suelo, con $e = 0$
- γ_h para construcciones separadas del suelo, con $e \geq h$
- γ_e para construcciones separadas del suelo, con $e < h$

6.1.4.2. Determinación del coeficiente de forma γ_0

Se obtendrá de la Figura 13 en función de λ y la relación b/a .

6.1.4.3. Determinación del coeficiente de forma γ_h

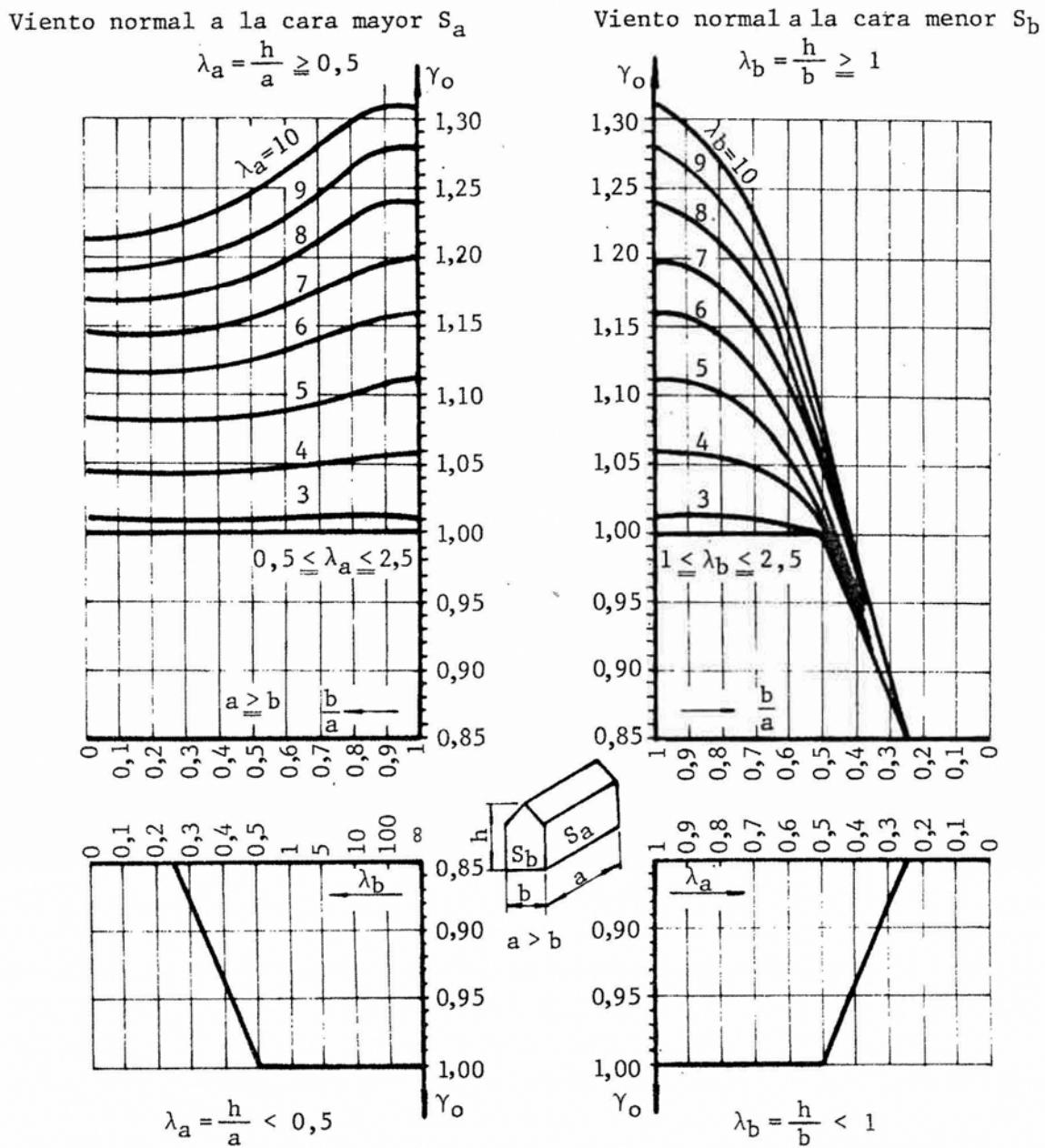
Se obtendrá (salvo en el caso indicado en el artículo 6.1.4.4.1.), de la Figura 13 para una construcción apoyada en el suelo de igual base y mitad de altura h .

6.1.4.4. Determinación del coeficiente de forma γ_e

6.1.4.4.1. Construcciones para las cuales $\lambda_a \leq 1$ y $\lambda_b < 2,5$

Para un viento perpendicular a la cara S_a , se obtendrá de la Figura 14, en función de λ_b y la relación $\frac{a \cdot e}{h^2}$.

En este caso particular el coeficiente γ_h se obtendrá de la Figura 14, en función de λ_b y de la relación $\frac{a}{h}$.



a) Para un viento normal a la cara mayor S_a :

- si $\lambda_a \geq 0,5$ por el cuadrante superior izquierdo en función de λ_a y de b/a ;
- si $\lambda_a < 0,5$ por el cuadrante inferior izquierdo en función de λ_b .

b) Para un viento normal a la cara menor S_b :

- si $\lambda_b \geq 1$ por el cuadrante superior derecho en función de λ_b y de b/a ;
- si $\lambda_b < 1$ por el cuadrante inferior derecho en función de λ_a .

Figura 13. Valor del coeficiente γ_0 para construcciones prismáticas de planta cuadrangular apoyadas en el suelo.

6.1.4.4.2. Construcciones para las cuales $\lambda_a \leq 1$ y $\lambda_b \geq 2,5$ ó bien $\lambda_a > 1$ y $\lambda_b \geq 1$.

Para cualquiera de las caras S_a ó S_b , el coeficiente γ_e se calcula por la siguiente expresión:

$$\gamma_e = \gamma_o - \frac{e}{h} \cdot (\gamma_o - \gamma_h)$$

siendo:

- γ_e el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones separadas del suelo con $e < h$;
- γ_o el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones apoyadas en el suelo (ver artículo 6.1.4.2.);
- γ_h el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones separadas del suelo con $e \geq h$ (ver artículo 6.1.4.3.).

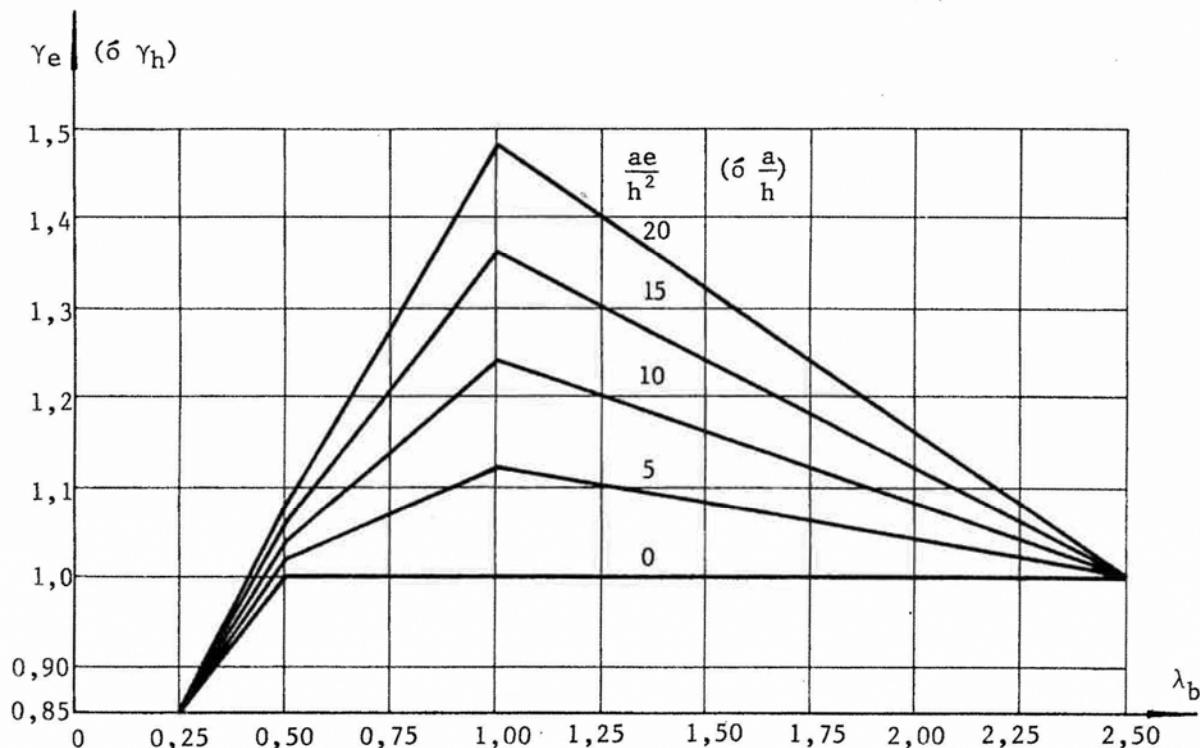
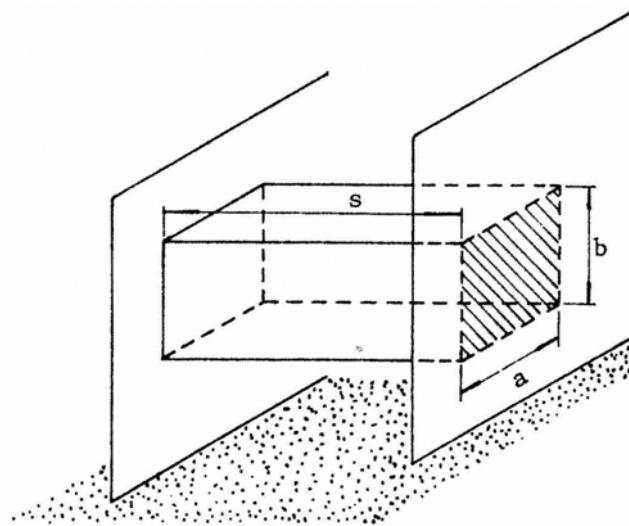


Figura 14. Valores de los coeficientes γ_e ó γ_h para construcciones prismáticas de base cuadrangular separadas del suelo con $\lambda_a \leq 1$ y $\lambda_b < 2,5$ y viento normal a la cara S_a .

6.1.4.5. Construcciones separadas del suelo y comprendidas entre dos planos paralelos verticales de grandes dimensiones con relación a aquellas.

En estos casos, el coeficiente de forma γ se toma igual al coeficiente de forma γ_0 que corresponde a una construcción apoyada en el suelo, cuya base sea igual a una de las caras en contacto con los planos, su altura h sea igual a la separación s entre los planos y la relación de dimensiones λ_a ó λ_b igual a 10 (ver figura 15).



$$\lambda_a = \frac{s}{a} \quad \lambda_b = \frac{s}{b}$$

Figura 15.

6.2. ACCIONES EXTERIORES

Los valores de los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán de las Tablas 6 y 7. Estos valores corresponden a un viento que no atraviesa la construcción; cuando esto no se cumple, ciertos coeficientes pueden dejar de ser válidos.

6.2.1. Paredes

Los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán de la Tabla 6.

6.2.2. Cara inferior (en construcciones separadas del suelo)

Como caso general se adoptará:

$$c_e = -0,8$$

y para construcciones entre planos paralelos verticales de grandes dimensiones:

$$c_e = -(1,3 \gamma_e - 0,8)$$

siendo:

- c_e** el coeficiente de presión exterior;
- γ_e el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones separadas del suelo, con $e \leq h$.

Tabla 6. Coeficiente de presión exterior c_e para paredes.

Dirección del viento	Coeficiente c_e	
	<i>Caras a barlovento</i>	<i>Caras a sotavento</i>
Perpendicular a la pared	+ 0,8	- (1,3 γ - 0,8)
Oblicuo a la pared	Cuando fuera necesario tener una indicación de la acción del viento oblicuo, se podrá utilizar el diagrama de la Figura 16.	

6.2.3. Cubiertas

Los coeficientes de presión exterior c_e se obtendrán de la Tabla 7 y de las Figuras 17 y 18, según las características de la construcción.

6.3. ACCIONES INTERIORES

Los valores de los coeficientes de presión interior c_i se obtienen de la Tabla 8, de conformidad con las características de la construcción (permeabilidad de las paredes y su disposición con respecto a la dirección del viento).

6.3.1. Valores límite del coeficiente de presión interior c_i

Cuando las determinaciones efectuadas aplicando las indicaciones de la Tabla 8 conduzcan a valores de c_i comprendidos entre **-0,2** y **0,0**, se tomará $c_i = -0,20$, en tanto que, si se obtienen valores comprendidos entre **0,0** y **+0,15**, se tomará $c_i = +0,15$.

6.4. ACCION UNITARIA RESULTANTE

Se obtendrán multiplicando el valor de la presión dinámica de cálculo q_z por un coeficiente de presión c determinado de acuerdo con el artículo 6.4.1.

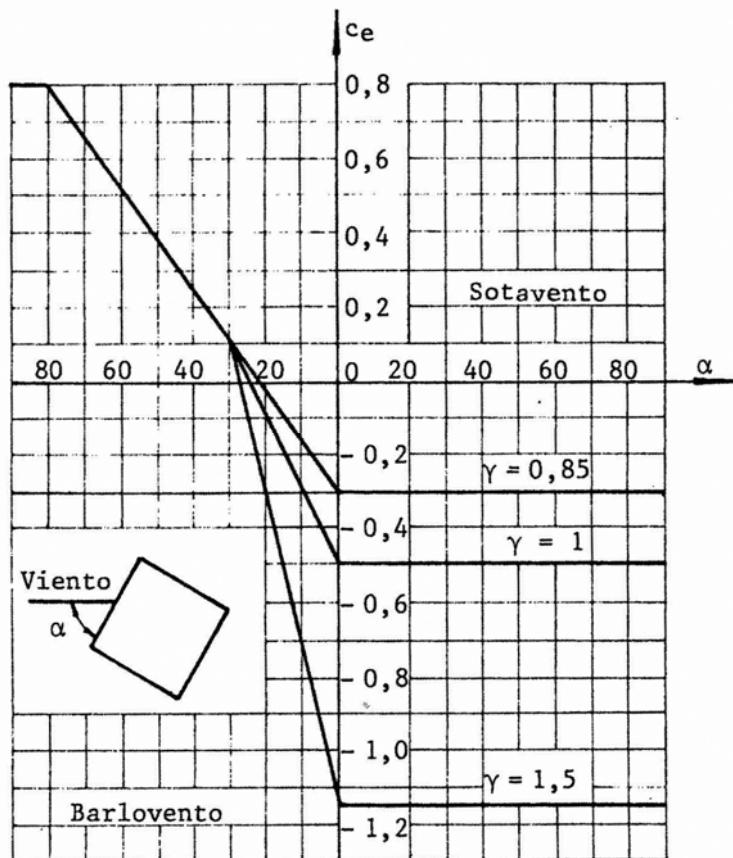


Figura 16. Valor del coeficiente c_e en función del ángulo de ataque del viento sobre una cara, para prismas de base cuadrada.

6.4.1. Coeficiente de presión c

Se determina mediante la combinación más desfavorable de los coeficientes de presión de las acciones unitarias exteriores c_e e interiores c_i , calculadas de acuerdo con los artículos 6.2. y 6.3.

6.4.2. Valores límite de las acciones unitarias resultantes

En todos los casos, cuando la combinación más desfavorable de c_e y c_i conduzca a valores comprendidos entre **-0,3** y **0,0** se tomará $c = -0,3$, en tanto que para valores comprendidos entre **0,0** y **+0,3**, se tomará $c = +0,3$.

6.5. ACCIONES DE CONJUNTO

Se determinan mediante la composición de las acciones resultantes sobre las distintas partes de la construcción, de acuerdo con las indicaciones de la Tabla 9. En estas acciones no se tomarán en consideración las acciones locales.

Tabla 7. Coeficiente de presión c_e para cubiertas.

Dirección del viento	Tipo de cubierta	Condición	Aplicable a	Coeficiente c_e
Perpendicular a las generatrices	Plana	única	$f \leq h/2$	según Figura 17 a)
		múltiple	$f \leq h/2$	1º cubierta y última vertiente
				según Figura 17 a)
		única	$\frac{4}{5}h \leq f \leq h$	cubiertas intermedias y penúltima vertiente
		múltiple	$\frac{4}{5}h \leq f \leq h$	idem vertientes extremas por 0,75
				según Figura 17 b)
		única δ	$\frac{h}{2} < f < \frac{4}{5}h$	1º cubierta y última vertiente
		múltiple	$\frac{h}{2} < f < \frac{4}{5}h$	cubiertas intermedias y penúltima vertiente
				idem vertientes extremas por 0,75
		única δ	$\frac{h}{2} < f < \frac{4}{5}h$	por interpolación lineal entre los coeficientes correspondientes a las condiciones $f \leq \frac{h}{2}$ y $\frac{4}{5}h \leq f \leq h$ en función de f/h .
		múltiple	$f \leq h/2$	según Figura 17 a) para $\alpha = 0^\circ$
Paralelo a las generatrices		única	$\frac{4}{5}h \leq f \leq h$	según Figura 17 c)
		múltiple	$\frac{4}{5}h \leq f \leq h$	según Figura 17 a) para $\alpha = 0^\circ$
		única	$\frac{h}{2} < f < \frac{4}{5}h$	por interpolación lineal entre los coeficientes correspondientes a las condiciones $f \leq \frac{h}{2}$ y $\frac{4}{5}h \leq f \leq h$ en función de f/h .
		múltiple	$\frac{h}{2} < f < \frac{4}{5}h$	según Figura 17 a) para $\alpha = 0^\circ$

Tabla 7. Coeficiente de presión ce para cubiertas

(continuación)

Dirección del viento	Tipo de cubierta	Condición	Aplicable a	Coeficiente ce
Perpendicular a las generatrices	Bóveda de directriz: circular parabólica catenaria	$f \leq \frac{2}{3} h$ $\frac{a \delta b}{10} \leq f \leq \frac{a \delta b}{2}$	según Figura 18	según Figura 18
	múltiple	$f \leq \frac{2}{3} h$ $\frac{a \delta b}{10} \leq f \leq \frac{a \delta b}{2}$	1º cubierta y última vertiente cubiertas intermedias y penúltima vertiente	según Figura 18
		$f \leq \frac{2}{3} h$ $f \leq \frac{a \delta b}{10}$	idem vertientes extremas por 0,75	por interpolación lineal entre los coeficientes de la bóveda de $f = a \delta b / 10$ (según Figura 18), y los correspondientes a la cubierta horizontal de una construcción de igual base y altura (según Figura 17 a)) en función de $f/a \delta b$.
	única		1º cubierta y última vertiente cubiertas intermedias y penúltima vertiente	igual al caso de cubierta única
	múltiple	$f \leq \frac{2}{3} h$ $f \leq \frac{a \delta b}{10}$	idem vertientes extremas por 0,75	idem vertientes extremas por 0,75
Paralelo a las generatrices	única ó múltiple	$f \leq \frac{2}{3} h$ $\frac{a \delta b}{10} \leq f \leq \frac{a \delta b}{2}$	según Figura 17 a) para $\alpha = 0^\circ$	

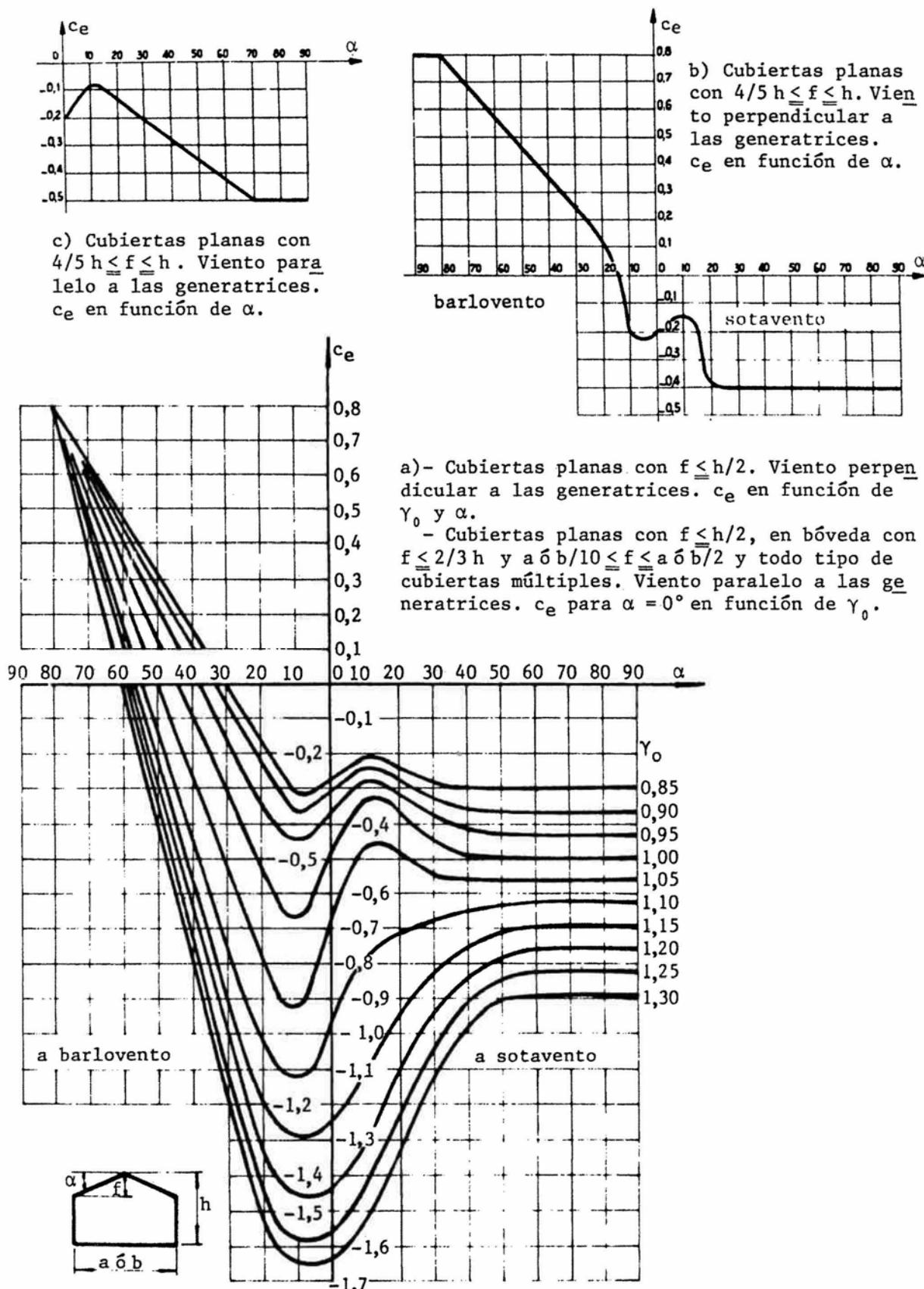


Figura 17. Valor del coeficiente de presión exterior c_e para cubiertas.

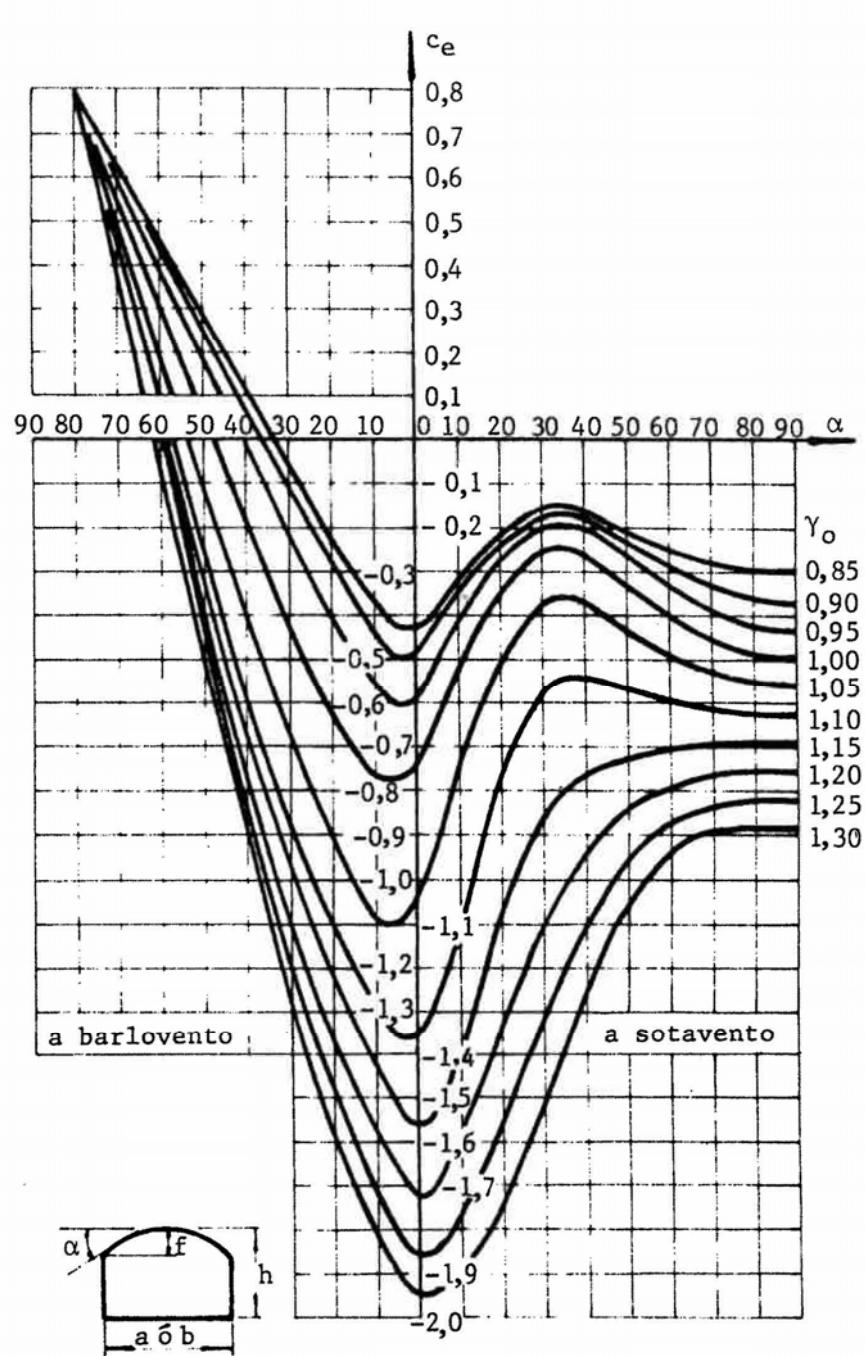


Figura 18. Valor del coeficiente de presión exterior c_e , para cubiertas en bóveda de directriz circular, parabólica o en catenaria (válida para $f \leq \frac{2}{3}h$ y $\frac{a+b}{10} \leq f \leq \frac{a+b}{2}$).

Tabla 8. Coeficiente de presión interior c_i .

Tipo de construcción	Características		Aplicación	Coeficiente de presión interior c_i
	Permeabilidad	Otros datos		
Cerrada	$\mu \leq 5\%$		Sobre todas las caras interiores de todos los locales	+0,6(1,8 - 1,3 γ)
Con una pared abierta	La pared abierta $\mu \geq 35\%$	Pared abierta a barlovento ↑ []	Sobre la cara interior de las paredes de $\mu \leq 5\%$ y las vertientes del techo	-0,6(1,3 γ - 0,8)
	Las otras paredes y el techo $\mu \leq 5\%$	Pared abierta a sotavento paralela al viento ↑ [] []	Sobre la cara interior de la pared de $\mu \geq 35\%$.	+0,6(1,3 γ - 0,8)
Con dos paredes opuestas abiertas	Las paredes abiertas en la dirección del viento $\mu \geq 35\%$	Paredes abiertas en la dirección del viento ↑ []	Sobre la cara interior de la pared de $\mu \geq 35\%$	+0,6(1,8 - 1,3 γ)
	Las otras paredes y el techo $\mu \leq 5\%$	Paredes abiertas a la dirección del viento ↑ []	Paredes o construcciones interiores, situadas fuera de la corriente de aire	+0,6(1,8 - 1,3 γ)
			Paredes o construcciones interiores, situadas en la corriente de aire	-0,6(1,3 γ - 0,8)
			Se calculan como si estuviesen aisladas en el espacio con abstracción de otras partes de la construcción	(Continúa)
			Sobre todas las paredes o construcciones interiores	+0,6(1,8 - 1,3 γ)
			o bien	-0,6(1,3 γ - 0,8)

Tabla 8. Continuación

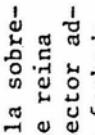
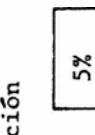
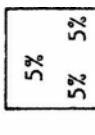
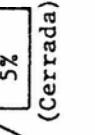
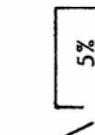
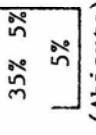
Tipo de construcción	Características		Aplicación	Coeficiente de presión interior c_i
	Permeabilidad	Otros datos		
Con dos paredes opuestas abiertas	Las paredes abiertas $\mu \geq 35\%$  Las otras paredes y el techo $\mu \leq 5\%$	Paredes abiertas oblicuas a la dirección del viento (cuando el viento puede atravesar la construcción a todo su largo o ancho)	Cara interior expuesta al viento 	$+ 0,02 \alpha - 0,5$ $0 \leq c_i \leq 0,8$ Se aplica la sobre-presión que reina sobre el sector adyacente de fachada
Con paredes parcialmente abiertas	 Una o más paredes tienen una permeabilidad comprendida entre $\mu < 5\%$ y $\mu \geq 35\%$	Caso de interpolación simple	   	Sobrepresiones o depresiones determinadas por interpolación lineal (simple o doble) entre los coeficientes de las construcciones cerradas y los coeficientes de las construcciones con paredes abiertas
Con paredes cerradas y cubierta	$\mu < 5\%$ ya cubierta presenta una linterna o un shed abierto de un solo lado	a longitud de la construcción a' longitud de la linterna o shed $a' < (2/3) a$		$-0,6 \left[1 - \frac{a'}{a} \right] (1,3Y - 0,8)$ $1,2 \frac{a'}{a} + 0,6 (1,8 - 1,3Y) (1 - \frac{3}{2} \frac{a'}{a})$

Tabla 9. Acciones de conjunto en construcciones prismáticas de base rectangular.

TIPO DE CONSTRUCCION	DIRECCION DEL VIENTO	DETERMINACION DE LAS ACCIONES DE CONJUNTO
Bloque único con cubierta única (Figura 19)	Perpendicular a las generatrices	Por composición geométrica de las acciones resultantes parciales.
	Paralelo a las generatrices	Igual al caso anterior. Cuando la mayor dimensión de la planta sea superior a 4 h, se sumará una fuerza unitaria de empuje aplicada sobre la superficie desarrollada de la cubierta, más allá de los 4 h, con las siguientes magnitudes: 0,01 q _{zh} Para superficies con ondas paralelas a la dirección del viento. 0,02 q _{zh} Para superficies con ondas perpendiculares a la dirección del viento. 0,04 q _{zh} Para superficies con nervios perpendiculares a la dirección del viento.
Bloque único con cubierta múltiple	Perpendicular a las generatrices	Vertientes extremas según Tabla 7 Vertientes intermedias a) Se proyecta la zona intermedia sobre un plano horizontal y se aplica a la misma una fuerza unitaria. b) (0,01 α + 0,02) q _{zh} Para cubiertas de vertientes planas, con un máximo de 0,1 q _{zh} y un mínimo de 0,03 q _{zh} . c) 0,02 q _{zh} Para cubiertas abovedadas.
	Paralelo a las generatrices	Igual al caso de bloque único con cubierta única.
Bloques agrupados con cubiertas única o múltiple	Perpendicular al plano de las juntas	Los bloques intermedios deben resistir como si actuaran independientemente, verificados para 0,6 veces la acción calculada para el caso de bloque único.

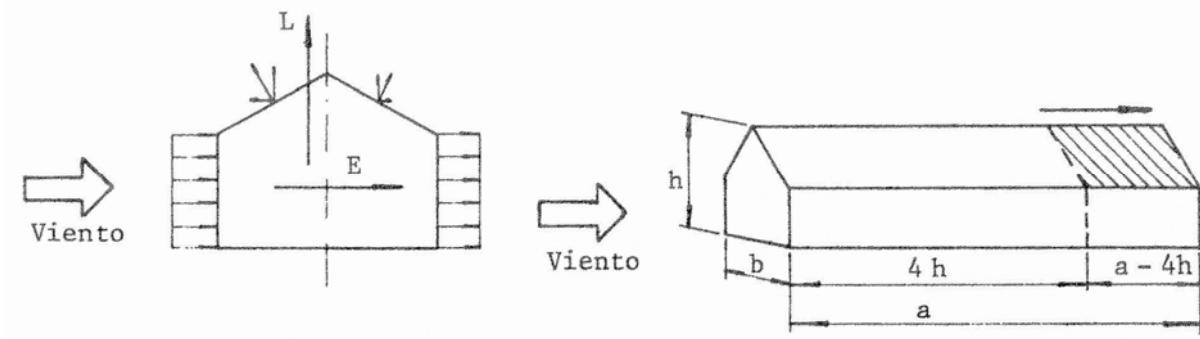


Figura 19.

6.6. ACCIONES LOCALES

Las acciones el viento, particularmente acentuadas en ciertas zonas localizadas de las construcciones, se tomarán en cuenta mediante un coeficiente de presión c'_e , que se adicionará al coeficiente de presión exterior c_e , ó interior c_i , según corresponda.

6.6.1. Aristas verticales

Las acciones locales se considerarán sobre una longitud igual a $b/10$, medida a partir de la arista del diedro formado por dos paredes consecutivas de la construcción. El coeficiente de succión c'_e en esta zona será el doble del coeficiente medio c_e aplicable a las caras paralelas a la dirección del viento.

6.6.2. Bordes de techo

Las acciones locales se considerarán sobre una longitud igual a $h/10$, medida a partir del límite del borde, pero sin exceder de $b/10$. El coeficiente de succión c'_e en esta zona será el doble del coeficiente medio c_e aplicable a la vertiente considerada, para $\alpha \leq 45^\circ$. Esta succión suplementaria desaparece para $\alpha = 60^\circ$, interpolándose linealmente para valores intermedios.

6.6.3. Ángulos de cubiertas

En las aristas comunes a dos vertientes de una cubierta, la acción local se determinará mediante un coeficiente de succión c'_e , triple del coeficiente medio c_e aplicable a la pendiente considerada para $\alpha \leq 30^\circ$. Esta succión suplementaria desaparece para $\alpha = 40^\circ$, interpolándose linealmente para valores intermedios.

6.6.4. Otras acciones locales

Los elementos situados alrededor de los apoyos, o agregados de un elemento exterior a la construcción (mástil, ménsula, etc.), o en lugares donde existen discontinuidades acentuadas (chimeneas, cornisas, internas, etc.), se calcularán con un coeficiente resultante igual a -2.

6.6.5. Valores límite de las acciones locales

El coeficiente resultante de adicionar la acción local c'_e a la acción media exterior c_e sobre las caras inferiores de los aleros, o a la acción media interior no deberá exceder de -2 ó -3, respectivamente.

6.7. CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE CUADRANGULAR O ASIMILABLES, DE CARACTERISTICAS ESPECIALES, APOYADAS O NO SOBRE EL SUELO

En la Figura 20 se establece la forma de calcular las dimensiones a y b para el caso de construcciones de características especiales que puedan asimilarse a las construcciones de planta rectangular.

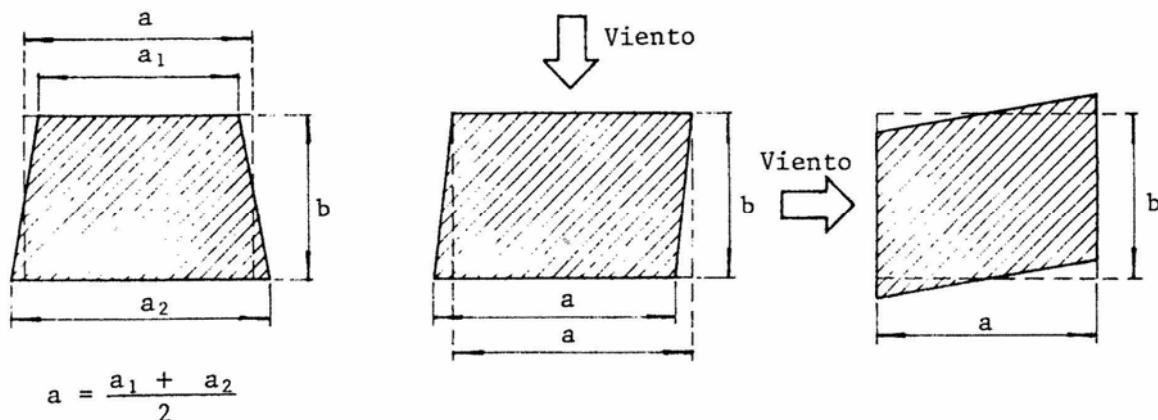


Figura 20. Ejemplos de determinación de la relación $\frac{b}{a}$.

CAPITULO 7. CONSTRUCCIONES PRISMATICAS DE BASE POLIGONAL REGULAR Y CONSTRUCCIONES CILINDRICAS

7.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

7.1.1. Presión dinámica de cálculo (q_z)

Se determina según lo establecido en el artículo 5.2.4.

7.1.2. Dirección del viento

Para el cálculo de las acciones de conjunto la dirección del viento se supone: normal a una cara, para los prismas de tres y cuatro lados (categoría I); normal a la superficie maestra máxima, para los prismas de más de cuatro caras y los cilindros (categorías II a VI).

7.1.2.1. Para los casos de prismas y cilindros de eje horizontal se deberá también considerar la acción del viento en la dirección paralela a las generatrices.

7.1.3. Relación de dimensiones λ

7.1.3.1. La relación de dimensiones λ será para el caso de cuerpos con superficie maestra de ancho d constante y:

a) prismas o cilindros de generatrices verticales

$$\lambda = \frac{h_o}{d}$$

b) prismas o cilindros de generatrices horizontales

$$\lambda = \frac{l}{d}$$

siendo:

- λ la relación de dimensiones;
- h_o la altura propia de la construcción, expresada en metros;
- l la longitud de las generatrices, expresada en metros;
- d el ancho de la superficie maestra, expresado en metros.

7.1.3.2. La relación de dimensiones λ será para el caso de cuerpos con superficie maestra de ancho variable:

a) prismas o cilindros de generatrices verticales

$$\lambda = \frac{h_o^2}{A}$$

b) prismas o cilindros de generatrices horizontales

$$\lambda = \frac{l^2}{A}$$

siendo:

- λ la relación de dimensiones;
- h_o la altura propia de la construcción, expresada en metros;
- l la longitud de las generatrices, expresada en metros;
- A el área de la superficie maestra, expresada en metros cuadrados.

7.1.3.3. La Figura 21 ilustra, mediante diversos ejemplos, la forma de determinar la altura h_o y la longitud l para el cálculo de la relación de dimensiones λ .

7.1.4. Clasificación de las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas

Para la determinación de los coeficientes c a utilizar en el cálculo, se clasifican a las construcciones en seis categorías de acuerdo con lo indicado en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación de las construcciones prismáticas de base poligonal regular y construcciones cilíndricas.

Forma del cuerpo	Características de la superficie		Sin nervaduras		Con nervaduras	
	Superficie rugosa	Superficie lisa	Aristas redondeadas	Aristas vivas		
Prismas de 3 ó 4 lados	I			*		
Prismas de 5 a 10 lados	II			*		
Prismas de más de 10 y hasta 20 lados	III			*		
Prismas de más de 20 lados	V			*		
Cilindros circulares	V	VI	*	IV		

* Estos casos no se incluyen en el presente Reglamento por carecerse de información experimental.

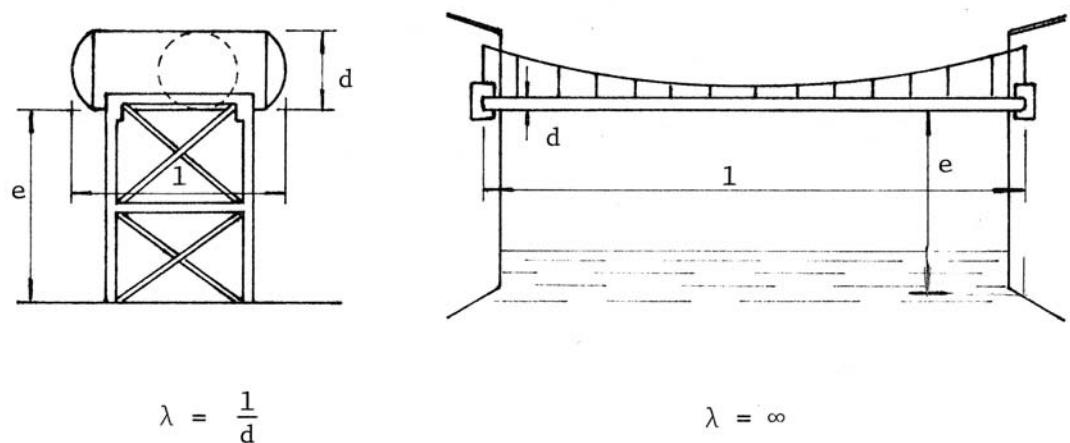
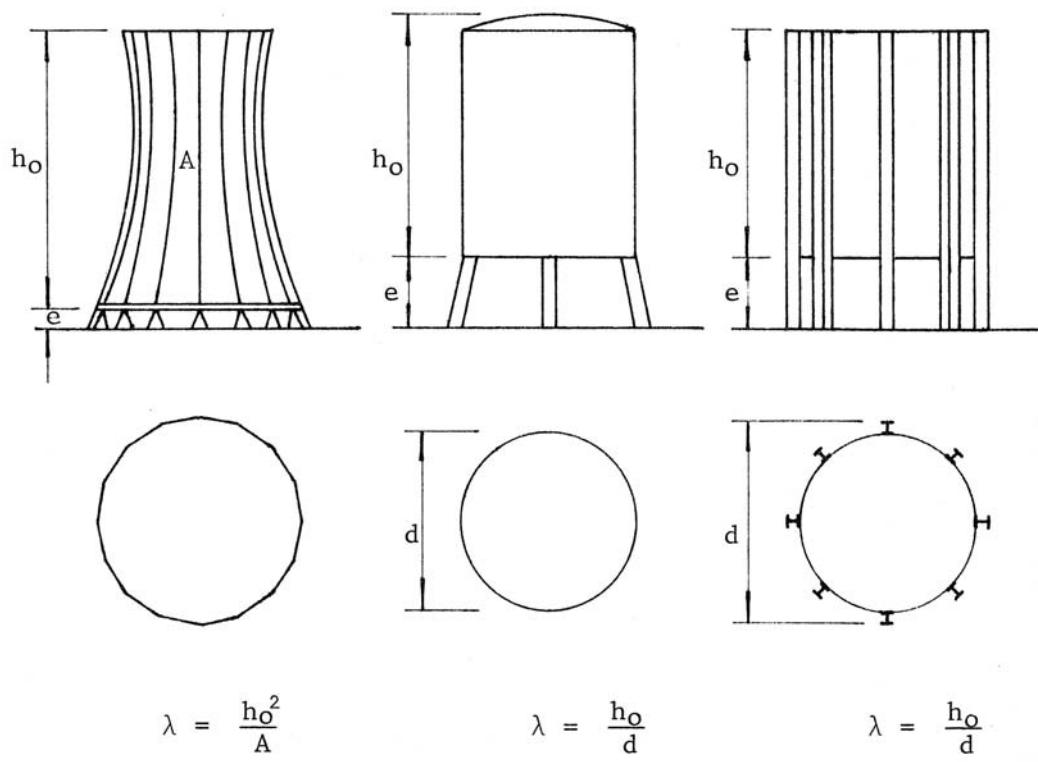


Figura 21. Ejemplos para el cálculo de la relación de dimensiones λ .

7.1.4.1. Los tubos e hilos cilíndricos rugosos y los cables trenzados están tratados en el Capítulo 10.

7.1.4.2. Las construcciones troncocónicas o en forma de hiperboloide de revolución pueden ser asimiladas a las definidas en la Tabla 10, pero con la condición de que el ángulo en la base no sea inferior a 70°.

7.1.5. Coeficiente de forma γ

Para el cálculo de los coeficientes c_e , c_i , c_E y c_L se utilizará un coeficiente γ , que toma en cuenta la separación de la construcción del suelo teniendo, según los casos, las denominaciones siguientes:

- γ_o para el caso de prismas o cilindros de generatrices verticales apoyados en el suelo;
- γ_e para el caso de prismas o cilindros de generatrices verticales separados del suelo con $e \leq h$;
- γ_h para el caso de prismas o cilindros de generatrices verticales separados del suelo una distancia $e > h$, o para el caso de prismas o cilindros de generatrices horizontales, apoyados o no sobre el suelo.

7.1.5.1. Los valores de γ_o y γ_h se obtienen del gráfico de la Figura 22 y los valores de γ_e por aplicación de la fórmula:

$$\gamma_e = \gamma_o - \frac{e}{h} (\gamma_o - \gamma_h)$$

siendo:

- γ_e el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones separadas del suelo, con $e < h$;
- γ_o el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones apoyadas en el suelo con $e = 0$;
- γ_h el coeficiente de forma γ correspondiente a las construcciones separadas del suelo, con $e \geq h$.

7.2. ACCION UNITARIA EXTERIOR

Para la determinación del coeficiente de presión exterior c_e , se consideran los casos siguientes: paredes (según el artículo 7.2.1.), cubiertas (según el artículo 7.2.2.) y caras inferiores de construcciones separadas del suelo (según el artículo 7.2.3.).

7.2.1. Paredes

7.2.1.1. Prismas de tres y cuatro caras (categoría I) de generatrices verticales y separados o no del suelo, o de generatrices horizontales y separados del suelo una distancia $e > d$. La acción normal a una cara es la que da los mayores esfuerzos. Dicha acción se determina con:

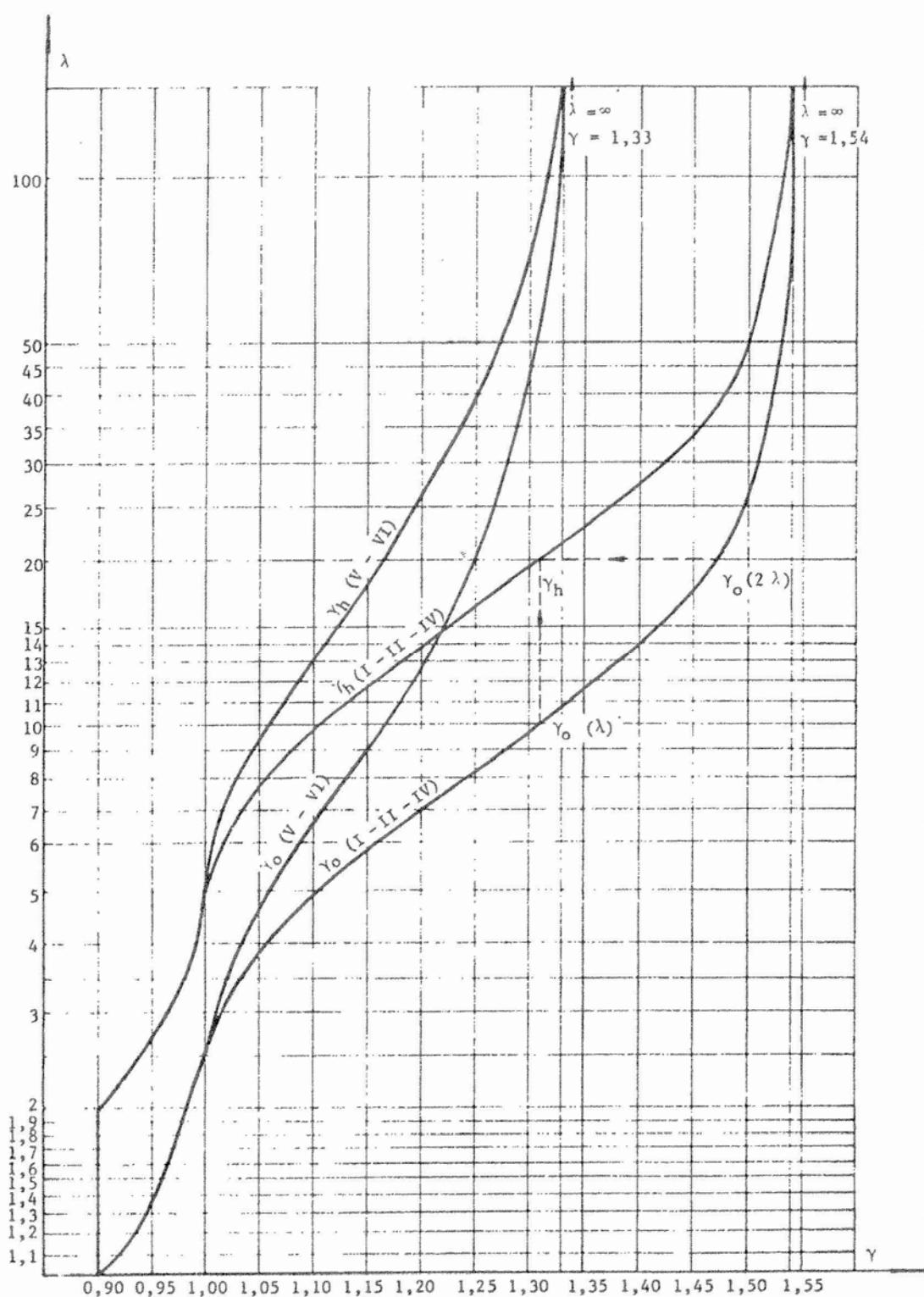


Figura 22. Valor de los coeficientes γ_0 y γ_h en función de la relación de dimensiones λ para las distintas categorías.

$$c_e = +0,8 \quad \text{para la cara a barlovento y}$$

$$c_e = -(1,30\gamma - 0,8) \quad \text{para las caras a sotavento}$$

siendo:

c_e el coeficiente de presión exterior;

γ el coeficiente que toma en consideración la separación de la construcción del suelo.

7.2.1.2. Prismas de más de cuatro caras (categorías II y III) y cilindros (categorías IV, V, y VI) de generatrices verticales y separados o no del suelo, o de generatrices horizontales y separados del suelo una distancia $e \geq d$. El coeficiente de presión **c_e** a tomar en cuenta en una sección diametral está dado por la Tabla 11 en función del coeficiente γ y del ángulo de inclinación α de la normal a la superficie plana o al plano tangente a la superficie curva, respecto a la dirección del viento.

7.2.1.3. Cilindros (categoría V y VI) de generatrices horizontales, apoyados en el suelo o separados del suelo una distancia $e < d$. El coeficiente de presión **c_e** a tomar en cuenta en una sección diametral está dado en la Tabla 12 para $\gamma = 1$ y $\gamma = 1,3$, en función de la relación e/d y del ángulo de inclinación α de la normal al plano tangente a la superficie curva respecto a la dirección del viento. Para un valor de la relación e/d y coeficiente γ superiores a 1, se procede por interpolación lineal entre los valores correspondientes a $\gamma = 1$ y $\gamma = 1,3$.

7.2.2. Cubiertas

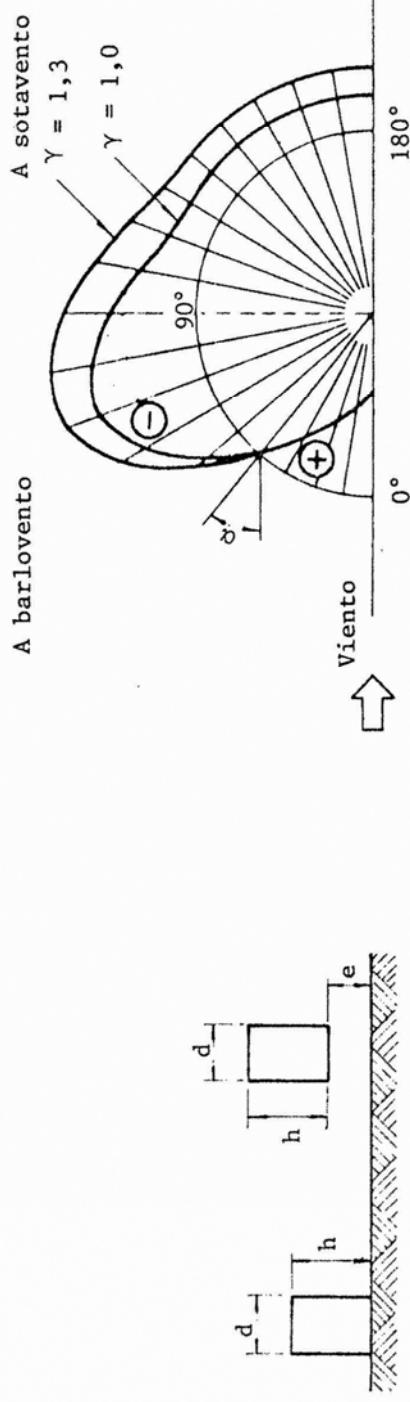
7.2.2.1. Cubiertas planas (terrazas), techados con vertiente plana o cubiertas abovedadas: se adoptan los valores indicados en el Capítulo 6 (Tabla 7 y Figuras 17 y 18).

7.2.2.2. Para el caso de cubiertas en forma de calota esférica, cono o pirámide, ver Capítulo 10 (artículos 10.2.1.3. y 10.2.1.4.).

7.2.3. Cara inferior de una construcción separada del suelo

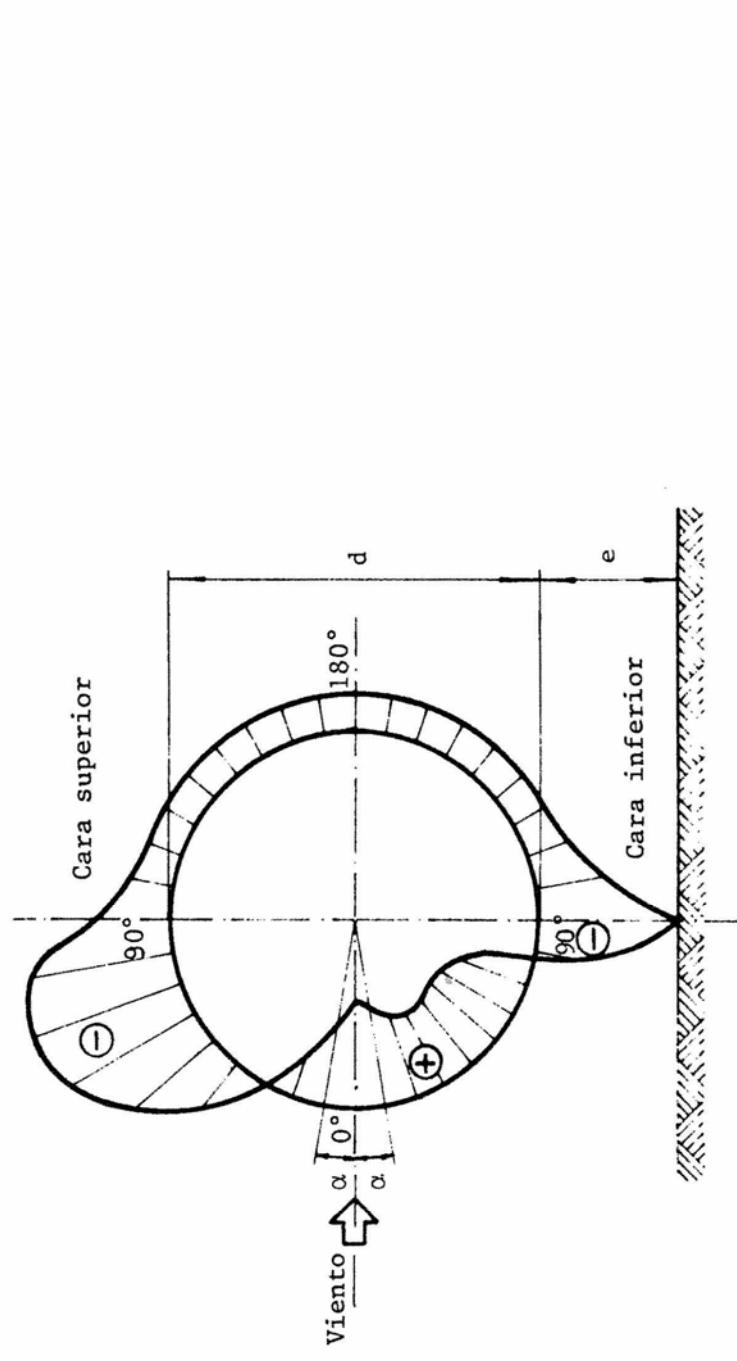
Los coeficientes de presión exterior **c_e** se obtienen de la Tabla 13.

Tabla 11. Valores del coeficiente c_e para prismas de más de cuatro caras (categorías II y III) y cilindros (categorías IV, V y VI) de generatrices verticales separadas o no del suelo, y cilindros (categorías IV, V y VI) de generatrices horizontales separados del suelo una distancia $e \geq d$, en función del coeficiente γ , y del ángulo α .



Cat.	α	a barlovento												a sotavento						
		0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
II	1	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,35	-0,60	-0,78	-0,40	-0,95	-0,93	-0,85	-0,10	-0,63	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60	-0,60
	1,5	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,50	-0,80	-1,10	-1,23	-1,30	-1,30	-1,28	-1,25	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20	-1,20
IV	1	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,30	-0,48	-0,58	-0,48	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43
	1,5	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,40	-0,70	-0,85	-0,85	-0,75	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70
V	1	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,40	-0,80	-1,10	-1,00	-0,80	-0,60	-0,60	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58
	1,3	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,50	-1,10	-1,40	-1,40	-1,20	-1,00	-0,80	-0,60	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58	-0,58
VI	1	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,50	-1,10	-1,30	-1,30	-1,20	-0,90	-0,60	-0,40	-0,30	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
	1,3	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,90	-1,30	-1,50	-1,60	-1,60	-1,30	-1,00	-0,70	-0,60	-0,45	-0,45	-0,45	-0,45	-0,45

Tabla 12. Valores del coeficiente de presión exterior c_e para cilindros (categorías V y VI) de generatrices horizontales, apoyados en el suelo o separados del mismo una distancia $e < d$, para $\gamma = 1$ y $\gamma = 1,3$ en función de la relación e/d y del ángulo α .



Cat.	γ	$\frac{e}{d}$	cara	α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
V	1	superior	+0,90	+0,72	+0,45	0,00	-0,60	-1,05	-1,35	-1,40	-1,30	-0,70	-0,35	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
		inferior	+0,90	+0,90	+0,70	+0,60	+0,70	+0,78	+0,82	+0,72	0,00	-0,65	-0,72	-0,70	-0,40	-0,30	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
VI	0,10	superior	+0,90	+0,72	+0,45	0,00	-0,60	-1,00	-1,35	-1,40	-1,30	-0,70	-0,35	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25
		inferior	+0,90	+0,90	+0,70	+0,60	+0,70	+0,78	+0,82	+0,72	0,00	-0,60	-0,65	-0,72	-0,70	-0,40	-0,30	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25

Cat	γ	$\frac{e}{d}$	cará	α	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°
1	0,20	superior	+0,92	+0,75	+0,50	+0,15	-0,30	-0,70	-1,10	-1,25	-1,15	-0,90	-0,50	-0,35	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
		inferior	+0,92	+0,99	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,55	-1,10	-1,40	-1,41	-1,35	-1,00	-0,35	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
1	1,00	superior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,40	-0,80	-1,08	-1,05	-0,85	-0,60	-0,40	-0,37	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35
		inferior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,40	-0,80	-1,08	-1,05	-0,85	-0,60	-0,40	-0,37	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35
V	$\leq \frac{e}{d}$	superior	+0,80	+0,50	+0,10	-0,35	-0,75	-1,00	-1,20	-1,20	-0,90	-0,65	-0,50	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42
		inferior	+0,80	+0,90	+0,85	+0,80	+0,79	+0,80	+0,80	+0,70	0,00	-1,20	-1,20	-0,80	-0,50	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42	-0,42
1,3	0,20	superior	+0,90	+0,75	+0,50	+0,20	-0,30	-0,90	-1,35	-1,55	-1,55	-1,30	-0,90	-0,70	-0,55	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
		inferior	+0,90	+0,99	+0,90	+0,70	+0,50	0,00	-0,90	-1,40	-1,70	-1,72	-1,75	-1,10	-0,65	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
1	1,00	superior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,60	-1,10	-1,40	-1,40	-1,20	-1,00	-0,80	-0,65	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55
		inferior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,60	-1,10	-1,40	-1,40	-1,20	-1,00	-0,80	-0,65	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55
0	0	superior	+0,85	+0,65	+0,40	0,00	-0,60	-1,30	-1,55	-1,65	-1,65	-1,55	-1,55	-1,20	-0,40	-0,25	-0,25	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
		inferior	+0,85	+0,90	+0,70	+0,60	+0,70	+0,80	+0,80	+0,60	0,00	-0,65	-0,79	-0,72	-0,50	-0,30	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
0,10	0,10	superior	+0,85	+0,65	+0,40	0,00	-0,60	-1,30	-1,55	-1,65	-1,65	-1,55	-1,55	-1,20	-0,40	-0,25	-0,25	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
		inferior	+0,85	+0,90	+0,70	+0,60	+0,70	+0,80	+0,80	+0,60	0,00	-0,65	-0,79	-0,72	-0,50	-0,30	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
1	0,20	superior	+0,90	+0,72	+0,50	+0,15	-0,40	-0,95	-1,30	-1,40	-1,45	-1,35	-1,35	-1,00	-0,60	-0,30	-0,25	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22
		inferior	+0,90	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,60	-1,20	-1,60	-1,65	-1,65	-1,60	-1,00	-0,40	-0,25	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22	-0,22
1	1,00	superior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,60	-1,10	-1,30	-1,35	-1,20	-0,86	-0,60	-0,40	-0,30	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26
		inferior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,35	0,00	-0,60	-1,10	-1,30	-1,35	-1,20	-0,86	-0,60	-0,40	-0,30	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26
VI	$\leq \frac{e}{d}$	superior	+0,80	+0,90	+0,88	+0,82	+0,78	+0,80	+0,80	+0,60	0,00	-1,40	-1,40	-0,80	-0,40	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32
		inferior	+0,80	+0,50	0,00	-0,60	-1,05	-1,30	-1,40	-1,40	-1,20	-0,85	-0,50	-0,40	-0,34	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32	-0,32
1,3	0,20	superior	+0,90	+0,75	+0,55	+0,20	-0,50	-1,20	-1,50	-1,70	-1,80	-1,80	-1,50	-0,70	-0,50	-0,42	-0,42	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
		inferior	+0,90	+0,98	+0,95	+0,80	+0,50	0,00	-0,75	-1,50	-1,80	-1,90	-1,80	-1,40	-0,55	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40
1	1,00	superior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,90	-1,30	-1,50	-1,60	-1,60	-1,30	-0,75	-0,55	-0,48	-0,48	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43
		inferior	+1,00	+0,90	+0,70	+0,40	0,00	-0,90	-1,30	-1,50	-1,60	-1,60	-1,30	-0,75	-0,55	-0,48	-0,48	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43

Tabla 13. Valores del coeficiente de presión exterior c_e , para la cara inferior de las construcciones separadas del suelo.

CONDICION	COEFICIENTE c_e
$\frac{e}{h} \leq 1,0$	- 0,8
$1 < \frac{e}{h} < 1,5$	- 1,4 + 0,6 $\frac{e}{h}$
$\frac{e}{h} \geq 1,5$	- 0,5

7.3. ACCION UNITARIA INTERIOR

Para la determinación del coeficiente de presión interna c_i , se distinguen los casos siguientes: construcciones cerradas (según el artículo 7.3.1.) y construcciones abiertas (según el artículo 7.3.2.).

7.3.1. Construcciones cerradas

Las paredes tienen una permeabilidad $\mu \leq 5\%$. Se deberá considerar simultáneamente sobre las caras interiores de todos los locales una sobrepresión, o bien una depresión, de acuerdo con los valores de la Tabla 14, en función del coeficiente global de empuje c_E para construcciones macizas o cerradas estancas, determinado de acuerdo con el artículo 7.5.3.1.

Tabla 14. Valor del coeficiente de presión interna c_i para construcciones cerradas.

CATEGORIA	c_i (sobrepresión + depresión -)
I	Se aplica la Tabla 8
II	$\pm 0,6 (1,50 - c_E)$
III	$\pm 0,6 (1,90 - \frac{4n}{100} - c_E)$
IV	$\pm 0,6 (1,40 - c_E)$
V y VI	$\pm 0,6 (1,10 - c_E)$

7.3.2. Construcciones abiertas. (categorías V y VI, únicamente)

Se considera una depresión uniforme igual a:

- a) $0,3 q_{zh}$ para las construcciones abiertas en su parte superior (chimeneas);

- b) $0,4 q_{zh}$ para las construcciones abiertas tanto en la parte superior como en la parte inferior (torres de refrigeración).

siendo:

- q_{zh} el valor de la presión dinámica de cálculo en el extremo superior de la construcción.

7.4. ACCION UNITARIA RESULTANTE

Se determinará de acuerdo con el artículo 5.2.5.2.

7.5. ACCION DE CONJUNTO

Para el cálculo de las fuerzas resultantes de la acción del viento, se consideran tres casos:

- a) Prismas y cilindros de generatrices verticales (según el artículo 7.5.1.).
- b) Prismas y cilindros de generatrices horizontales (según el artículo 7.5.2.).
- c) Construcciones macizas o cerradas estancas (según el artículo 7.5.3.)

7.5.1. Prismas y cilindros de generatrices verticales

7.5.1.1. Construcciones cerradas

La fuerza horizontal de empuje (o de volcamiento) E , para el caso de construcciones macizas, se calcula de acuerdo con lo indicado en el artículo 7.5.3.

Para el caso de construcciones huecas se integrarán los respectivos diagramas de presiones, y la fuerza E se calculará adicionando vectorialmente las fuerzas resultantes, correspondientes a las distintas caras. La fuerza de levantamiento L , tanto en construcciones macizas como huecas, se calculará adicionando vectorialmente las fuerzas resultantes correspondientes a las distintas caras.

7.5.1.2. Construcciones en las cuales las partes inferiores y superiores están abiertas, simultáneamente o no.

Se calcula la fuerza E en la forma indicada en el artículo 7.5.3. En este caso $L = 0$.

7.5.2. Prismas y cilindros de generatrices horizontales

7.5.2.1. Viento normal a las generatrices

7.5.2.1.1. Para el caso de cilindros separados del suelo una distancia $e \geq d$, se aplica lo indicado en el artículo 7.5.1.

7.5.2.1.2. Para el caso de cilindros apoyados sobre el suelo o separados del suelo una distancia $e < d$, además de la acción de empuje determinada según el artículo 7.5.2.1.1., se considera para los cilindros cuyo diámetro es menor de **1,00 m**, una fuerza de levantamiento L dada por:

$$L = c_L \cdot q_z \cdot A$$

siendo:

- L** la fuerza de levantamiento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- c_L** el coeficiente global de levantamiento, según la Tabla 15;
- q_z** la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- A** el área de la superficie maestra, expresada en metros cuadrados.

Tabla 15. Valor del coeficiente global de levantamiento c_L .

CONDICION	COEFICIENTE c_L
$10 d \sqrt{q_z} \leq 2,5$	$0,5 \left(1 - \sqrt{\frac{e}{d}} \right)$
$2,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 5,0$	$(1 - 2 d \sqrt{q_z}) \left(1 - \sqrt{\frac{e}{d}} \right)$
$10 d \sqrt{q_z} \geq 5,0$	0

7.5.2.2. Viento paralelo a las generatrices

Se consideran las fuerzas siguientes:

7.5.2.2.1. La acción producida por la fuerza de empuje E , cuyo valor está dado por:

$E = 1,00 \cdot q_z \cdot A_s$ en el caso de cilindros con fondos planos;

$E = 0,40 \cdot q_z \cdot A_s$ en el caso de cilindros cuyos fondos tengan forma de calota hemisférica.

siendo:

q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

A_s el área de la sección diametral del cilindro, expresada en metros cuadrados.

7.5.2.2.2. Eventualmente, una fuerza de empuje aplicable más allá de una distancia igual a $4d$ a partir de la cara expuesta, y tomada igual a $0,01 q_z$ multiplicado por la superficie lateral resultante.

7.5.3. Construcciones macizas o cerradas estancas

La fuerza E ejercida sobre una cierta superficie A está dada por la expresión siguiente:

$$E = c_E \cdot q_{z,m} \cdot A$$

siendo:

- E la fuerza de empuje, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- c_E el coeficiente global de empuje, de acuerdo con el artículo 7.5.3.1.;
- $q_{z,m}$ el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- A el área de referencia, expresada en metros cuadrados, según la Tabla 16.

7.5.3.1. El coeficiente global de empuje c_E está dado por la expresión siguiente:

$$c_E = \gamma \cdot c_{E_0}$$

siendo:

- c_E el coeficiente global de empuje total;
- γ un coeficiente que permite tomar en cuenta la separación de la construcción respecto del suelo (función de la categoría de la construcción y de la relación de dimensiones), según lo indicado en el artículo 7.1.5.
- c_{E_0} el coeficiente global básico de empuje (función de la categoría de la construcción), según la Tabla 16.

7.5.3.2. Coeficiente global de empuje básico c_{E_0}

Se obtiene de la Tabla 16 para las distintas categorías de la construcción.

7.5.3.2.1. Valores de los coeficientes globales básicos de empuje c_{E_0} y de las áreas de referencia A

En la Tabla 16 se indican los valores de c_{E_0} y A en función de la categoría de la construcción; en las Figuras 23 y 24, como alternativa, se indican las representaciones gráficas de c_{E_0} que corresponden a las leyes de variación de la Tabla 16.

Tabla 16. Valores del coeficiente global de empuje y superficies de referencia para estructuras prismáticas de base poligonal regular o circular.

Categoría	Condiciones	c_{E_0}	Superficie de referencia para el cálculo de la fuerza total de empuje
Nº	Descripción		
I Prismas de 3 ó 4 caras	Con o sin nervaduras redondeadas	1,3	Una de las caras
II Prismas de más de 4 caras y no más de 10 caras	Con o sin nervaduras redondeadas	5 6 8 10	1,05 0,95 0,85 0,80
III Prismas de más de 10 caras y no más de 20 caras	Con o sin nervaduras redondeadas	$d^* \geq 0,28$ $10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5$ $d^* < 0,28$ $0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5$ $10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5$	1,05 - 0,025 n 1,05 - 0,025 n $0,75 + 0,005 [40 (10-n) d \sqrt{q_z} + n]$ 0,85 - 0,005 n
IV Cilindros	Con nervaduras delgadas o gruesas con aristas vivas (salientes comprendidas entre 0,01 y 0,10 d)	0,75	Superficie maestra
V Prismas de 20 caras y más	Con o sin nervaduras redondeadas rugosas sin nervaduras	$d^* \geq 0,28$ $10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5$ $d^* < 0,28$ $0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5$ $10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5$	0,55 0,55 $0,85 - 2,0 d \sqrt{q_z}$ 0,75
VI Cilindros	Lisos	$d \geq 0,28$ $10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5$ $d^* < 0,28$ $0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5$ $10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5$	0,45 0,45 0,90 - 3,0 d $\sqrt{q_z}$ 0,75

* d expresada en metros

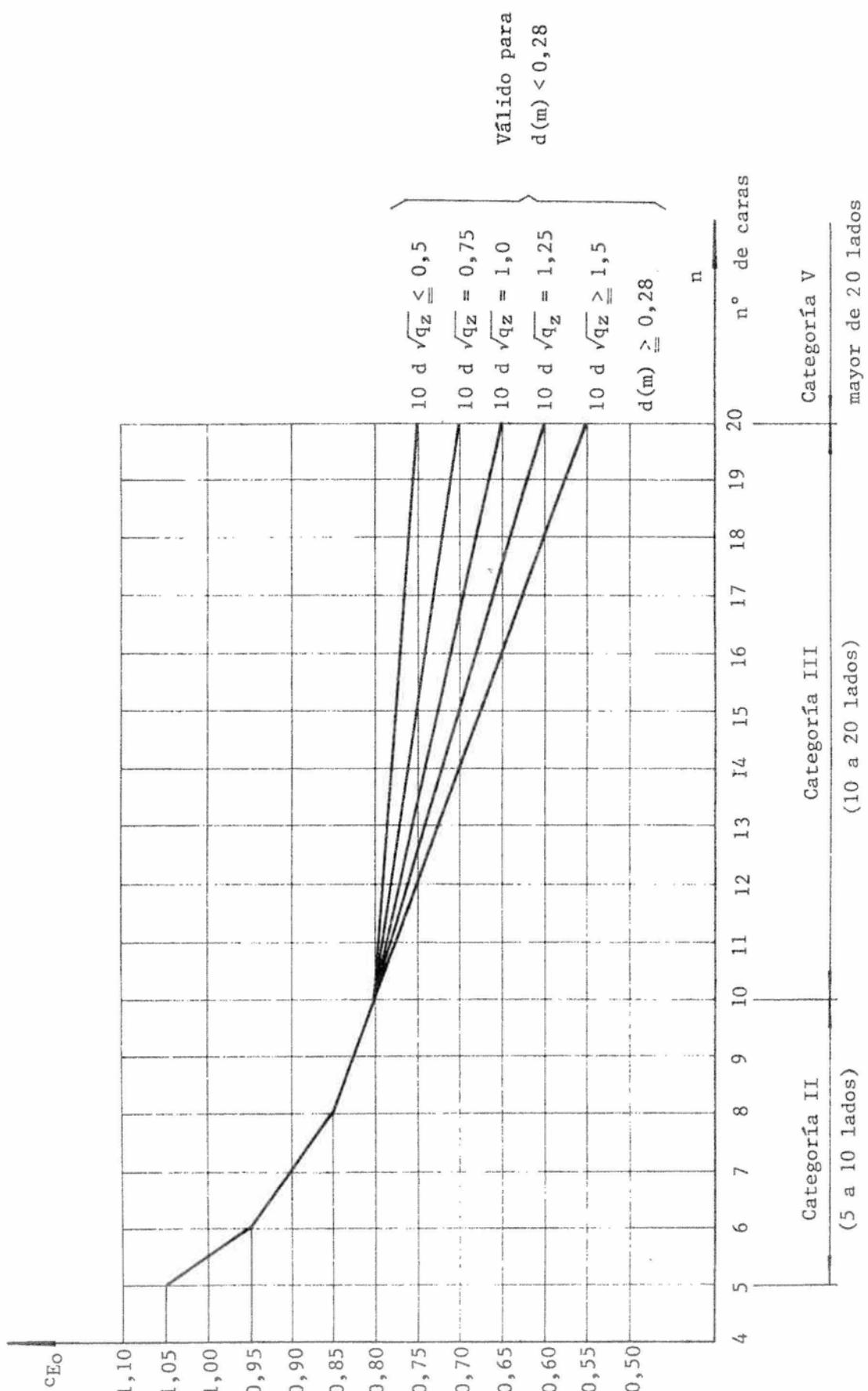


Figura 23. Representación de la variación del coeficiente global básico de empuje para construcciones prismáticas de base regular de más de cuatro caras, con o sin nervaduras redondeadas.

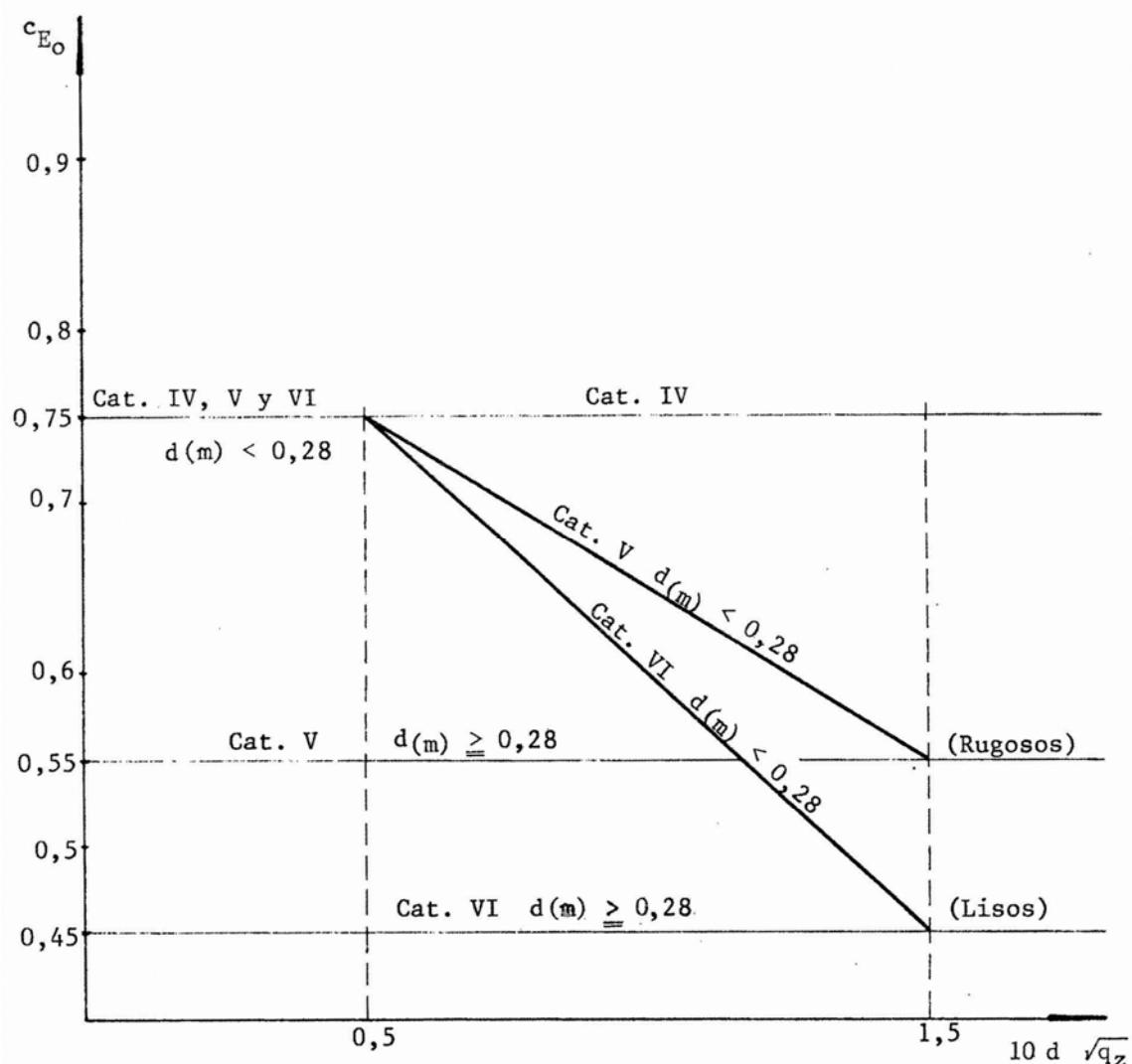


Figura 24. Representación de la variación del coeficiente global básico de empuje para construcciones cilíndricas o prismáticas de más de 20 caras (categorías IV, V y VI).

CAPITULO 8. PANELES LLENOS Y CUBIERTAS AISLADAS

8.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

8.1.1. Presión dinámica de cálculo (q_z)

Se determina según lo establecido en el artículo 5.2.4.

8.1.2. Clasificación

Se considerarán:

- a) Paneles llenos (de acuerdo con el artículo 8.2.)
- b) Cubiertas aisladas (de acuerdo con el artículo 8.3.) donde se distinguen: las cubiertas de una vertiente (de acuerdo con el artículo 8.3.2.), las cubiertas de dos vertientes simétricas (de acuerdo con el artículo 8.3.3.) y las cubiertas simétricas múltiples (de acuerdo con el artículo 8.3.4.)

8.1.3. Acciones locales

Los elementos sometidos a estas acciones (ver artículo 6.6.4.) deben calcularse con un coeficiente resultante igual a **-2**.

8.2. PANELES LLENOS

8.2.1. Características

Entran en esta categoría todas las placas planas rectangulares verticales (muros aislados, paneles, carteles, o vigas aisladas de alma llena), en contacto o no con el suelo.

8.2.2. Dirección del viento

Se supone que el viento tiene la dirección que conduce el valor máximo del coeficiente global de empuje c_E .

8.2.3. Relación de dimensiones

La relación de dimensiones λ para este caso será:

$$\lambda = \frac{h}{l}$$

siendo:

- λ la relación de dimensiones;
- h la altura propia del panel, expresada en metros;
- I la dimensión horizontal del panel, expresada en metros.

8.2.3.1. Para paneles separadas del suelo y comprendidos entre dos planos se tomará $\lambda = \infty$

8.2.4. Acción resultante total

Para la dirección del viento que conduzca al valor máximo del coeficiente c_E , la acción resultante total, perpendicular al panel, se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$W = c_E \cdot q_z \cdot h \cdot I$$

siendo:

- W la acción resultante total, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- c_E el coeficiente global de empuje, según el artículo 8.2.4.1.;
- q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- h la altura propia del panel, expresada en metros;
- I la longitud horizontal del panel, expresada en metros.

8.2.4.1. Coeficiente global de empuje c_E

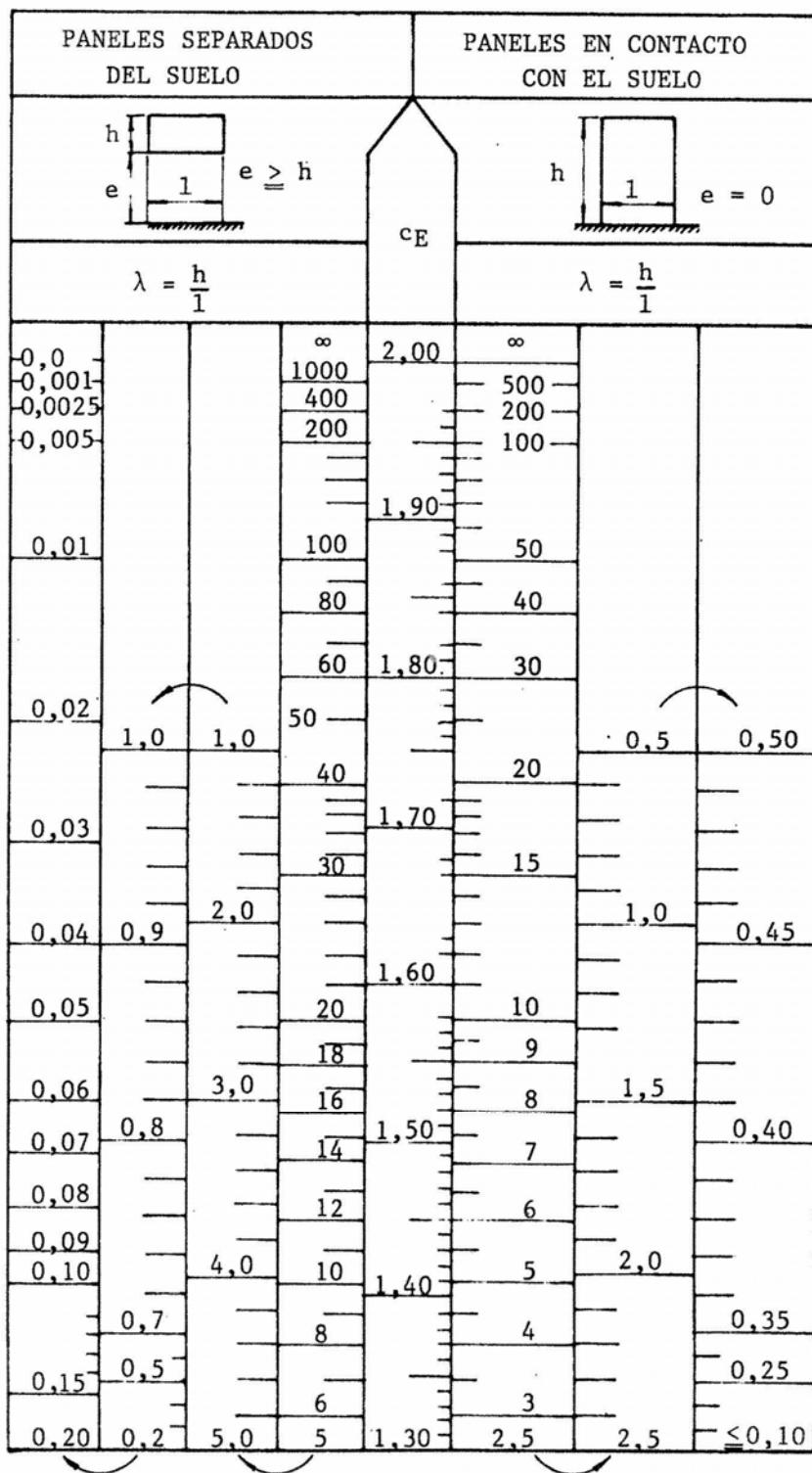
Se obtiene en la escala funcional de la figura 25, en función de la relación de dimensiones λ que corresponda según la posición del panel respecto al suelo. Para los paneles separados del suelo una distancia $e < h$, el valor de c_E se obtiene por interpolación lineal, en función de la relación e/h , entre los valores correspondientes a $e=0$ y $e=h$.

8.2.4.2. En el caso en que fuera necesario descomponer la acción resultante total sobre cada una de las caras, se puede considerar que la misma es la suma de una presión determinada con $c_1 = +0,8$ sobre la cara a barlovento, y de una succión determinada con $c_2 = -(c_E - 0,8)$ sobre la cara a sotavento.

8.2.5. Acción de conjunto

8.2.5.1. Viento perpendicular u oblicuo respecto el panel.

La acción de conjunto es igual a la acción resultante total determinada según lo indicado en el artículo 8.2.4.



Nota: La escala funcional toma en consideración la dirección del viento que conduce al máximo valor del coeficiente global de empuje c_E .

Figura 25. Valores del coeficiente global de empuje c_E , para paneles separados o no del suelo, en función del valor de la relación de dimensiones λ .

8.2.5.2. Viento paralelo al panel

La acción de conjunto se asimila a una fuerza de empuje horizontal, suma de las fuerzas de fricción aplicadas en ambas caras del panel, cuyo valor unitario (para cada cara) se considerará igual a:

- a) **$0,010 q_{zh}$** para las caras planas o que presentan ondas o pliegues paralelos a la dirección del viento;
- b) **$0,020 q_{zh}$** para las caras que presentan ondas o pliegues perpendiculares a la dirección del viento;
- c) **$0,040 q_{zh}$** para las caras que presentan nervaduras perpendiculares a la dirección del viento.

siendo:

q_{zh} la presión dinámica de cálculo, a nivel superior del panel, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$).

8.3. CUBIERTAS AISLADAS

8.3.1. Generalidades

8.3.1.1. Entran en esta categoría las cubiertas de una o más vertientes simétricas cuyas cumbres y bordes son horizontales (ver Figura 26), a las que el viento puede atacar por los bordes sobre toda la periferia, y cuya altura mínima "e" sobre el suelo es (*):

$$\text{a) } e \geq (0,005 \alpha + 0,55) h_\alpha \quad \text{para } \alpha \geq 40^\circ$$

$$\text{b) } e \geq 0,75 h_\alpha \quad \text{para } \alpha < 40^\circ$$

siendo:

h_α la dimensión de una vertiente según la línea de máxima pendiente, expresada en metros;

α el ángulo de la cubierta respecto de la horizontal, expresado en grados.

(*) Se llama la atención sobre el hecho de que en los techados de pequeña pendiente, se produce un efecto Venturi tanto más acentuado cuanto más próximo al suelo esté el techo; por lo tanto se juzgó útil limitar la distancia "e" a $0,75 h_\alpha$, cuando $\alpha < 40^\circ$. Para valores más pequeños de "e" se recomienda recurrir a ensayos, sobre todo si los techados considerados son de grandes dimensiones, o si los riesgos en caso de accidente son considerables.

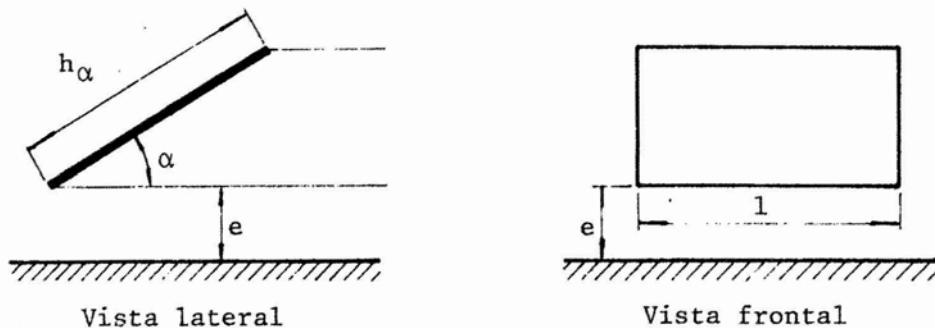


Figura 26.

8.3.1.2. Cuando por causa de su utilización, las cubiertas aisladas puedan encontrarse durante ciertos períodos en condiciones aerodinámicas diferentes, las mismas deberán ser verificadas para esas condiciones, por ejemplo:

- a) Los refugios en doble alero de los andenes, a lo largo de los cuales los trenes pueden detenerse un cierto tiempo provocando así condiciones similares a las que existen en las construcciones abiertas (ver Figura 27).

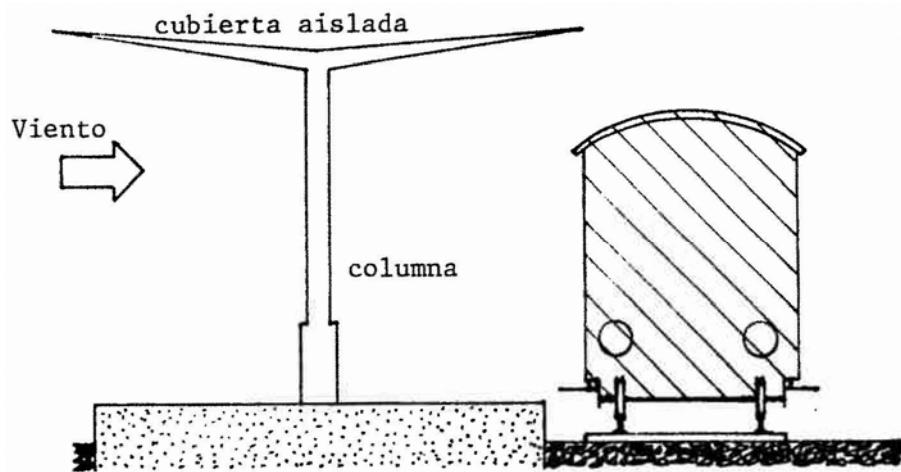
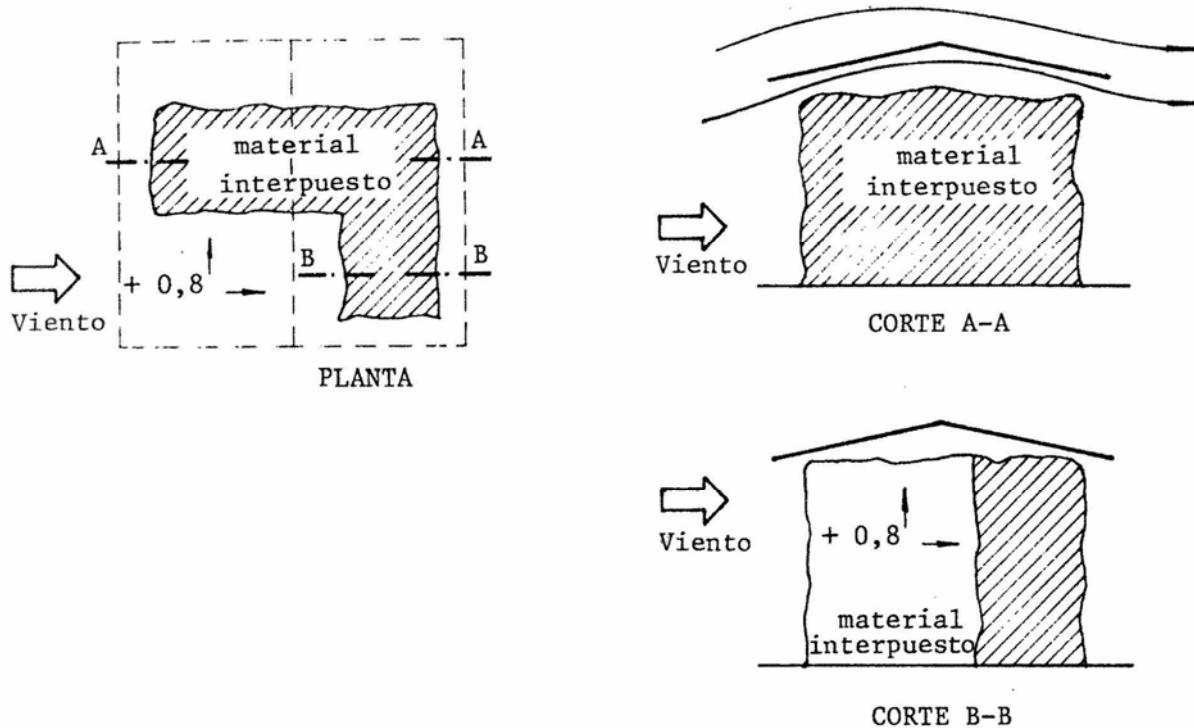


Figura 27.

- b) Las cubiertas aisladas bajo las que se depositen materiales. Se debe considerar la posible ubicación de los mismos, que puede dar lugar, ya sea a un efecto Venturi (para el cual no es posible dar reglas generales), o bien provocar condiciones semejantes a las existentes en las construcciones abiertas (ver Figuras 28).

**Figuras 28.**

8.3.1.3. Clasificación de las cubiertas aisladas

Para la determinación de los coeficientes "c" a utilizar en los cálculos se clasifican las cubiertas en:

- Cubiertas de una vertiente (ver el artículo 8.3.2.).
- Cubiertas de dos vertientes simétricas (ver el artículo 8.3.3.).
- Cubiertas simétricas múltiples (ver el artículo 8.3.4.).

8.3.2. Cubiertas de una vertiente

Entran en esta categoría las cubiertas planas y aquellas en forma de bóveda cuyo rebaje sea menor o igual a $1/7$. En este último caso se reemplaza la bóveda por la vertiente plana formada por la cuerda.

8.3.2.1. Dirección del viento

Las direcciones del viento que proporcionan las acciones unitarias resultantes máximas y las acciones de conjunto máximas son:

- Una dirección normal al borde horizontal de la cubierta, que proporciona la acción resultante sobre el mismo (ver artículo 8.3.2.3.) y una de las acciones de conjunto (ver artículo 8.3.2.4.).

- b) Una dirección paralela al borde horizontal de la cubierta, que proporciona la segunda acción de conjunto (ver artículo 8.2.5.2.).

8.3.2.2. Relación de dimensiones λ

La relación de dimensiones λ para este caso será:

$$\lambda = \frac{h_\alpha}{I}$$

siendo:

- λ la relación de dimensiones;
- h_α la dimensión según la línea de máxima pendiente de la vertiente, expresada en metros (ver Figura 26);
- I la dimensión horizontal paralela al borde de la cubierta, expresada en metros (ver Figura 26).

8.3.2.3. Acciones unitarias resultantes

8.3.2.3.1. El coeficiente de presión "c" a tomar en cuenta varía linealmente desde el borde de ataque **A** al borde de fuga **B**. El diagrama de la Figura 29 proporciona, para cada valor de α , el valor de "c" en **A** y en **B**.

8.3.2.3.2. Estos coeficientes "c" serán eventualmente multiplicados por un coeficiente γ_α , función de la relación λ y del ángulo α de la vertiente respecto de la dirección del viento, y determinado de acuerdo con los valores del coeficiente γ leídos en la Figura 29. Los valores del coeficiente γ_α serán:

- a) Para $\lambda \geq 0,20$ y:

$\alpha \leq 25^\circ$	$\gamma_\alpha = 1$
$25^\circ < \alpha < 35^\circ$	$\gamma_\alpha = \frac{\alpha - 25}{10} \gamma + \frac{35 - \alpha}{10}$
$35^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$	$\gamma_\alpha = \gamma$
$40^\circ < \alpha < 50^\circ$	$\gamma_\alpha = \frac{50 - \alpha}{10} \gamma + \frac{\alpha - 40}{10}$
$\alpha \geq 50^\circ$	$\gamma_\alpha = 1$

- b) Para $\lambda < 0,20$ y:

cualquiera sea α $\gamma_\alpha = \gamma$

8.3.2.3.3. Cuando α es igual a 0, es decir para una terraza aislada, la verificación de la estabilidad debe hacerse tomando:

$$c = \pm 0,7$$

$$c = 0$$

en el borde de ataque
en el borde de fuga

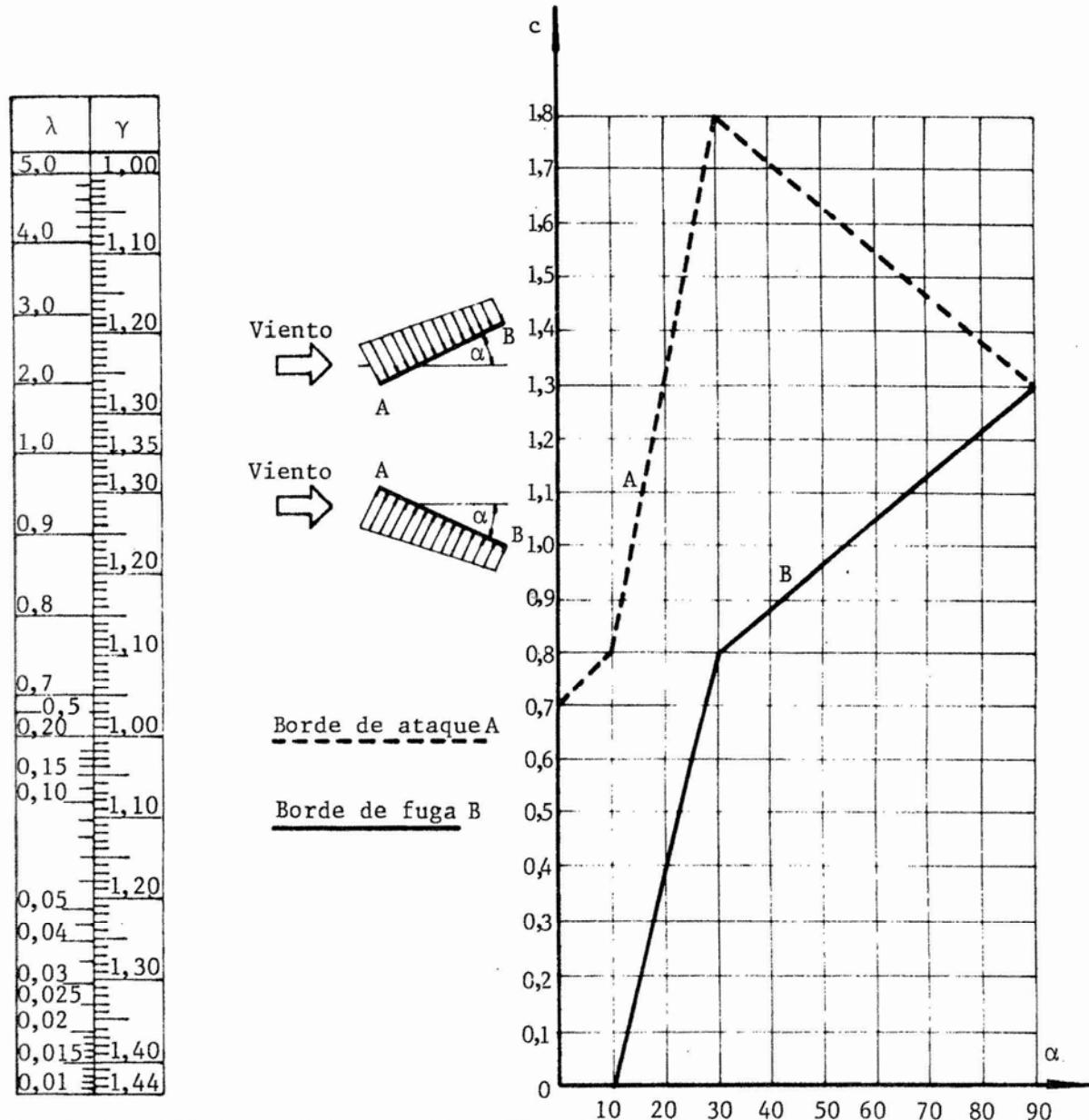


Figura 29. Valor del coeficiente de presión c , para cubiertas aisladas de una vertiente y viento normal al borde horizontal en función del ángulo α y valor del coeficiente γ , en función de la relación de dimensiones λ .

8.3.2.3.4. En el caso en que fuera necesario descomponer la acción unitaria resultante entre las dos caras, se procede como se indica a continuación:

a) Caso de $\gamma_\alpha = 1$

En la cara de barlovento, el coeficiente c_1 , a tomar en cuenta, (constante desde el borde de ataque A hasta el borde de fuga B) tiene por valor:

$$\begin{aligned} \text{para } 0^\circ \leq \alpha < 10^\circ \quad c_1 &= 0 \\ \text{para } 10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad c_1 &= +0,8 \cdot \frac{\alpha - 10}{20} \\ \text{para } \alpha > 30^\circ \quad c_1 &= +0,8 \end{aligned}$$

En la cara de sotavento, el coeficiente c_2 a tomar en cuenta varía linealmente del borde de ataque **A** al borde de fuga **B**. Su valor se obtiene por diferencia entre la acción sobre la cara a barlovento y la acción resultante dada por el diagrama de la Figura 29.

b) Caso de para $\gamma_\alpha \neq 1$

Los coeficientes determinados según el método indicado más arriba se multiplicarán por γ_α .

8.3.2.4. Acciones de conjunto

8.3.2.4.1. Viento perpendicular al borde horizontal de la cubierta

La acción de conjunto es igual a la acción resultante total (**1**) y se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$W = c_m \cdot q_z \cdot h_\alpha \cdot I$$

siendo:

- W** la acción resultante total, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- c_m** el promedio de los valores "c" correspondientes a los bordes de ataque, **A** y de fuga **B**, (según el artículo 8.3.2.3.);
- q_z** la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- h_α** la dimensión según la línea de máxima pendiente de la vertiente, expresada en metros;
- I** la dimensión horizontal paralela al borde de la cubierta, expresada en metros.

1 La fuerza **W** tiene la dirección perpendicular al plano de la cubierta.

8.3.2.4.2. Viento paralelo al borde horizontal de la cubierta

La acción de conjunto se asimila a una fuerza horizontal de empuje cuyo valor unitario se indica en el artículo 8.2.5.2.

8.3.3. Cubiertas de dos vertientes simétricas

Se distinguen:

- las cubiertas de vertientes planas;
- las cubiertas de vertientes en forma de bóveda, con rebaje menor o igual a $\frac{1}{7}$; en estos casos se reemplaza cada bóveda por la vertiente formada por la cuerda (ver Figura 30);
- las cubiertas en forma de bóveda simétrica con la concavidad dirigida hacia el suelo, cuyo rebaje sea menor o igual a $\frac{1}{4}$; se reemplaza en este caso la bóveda por las dos vertientes planas formadas por las semicuerdas (ver Figura 30).

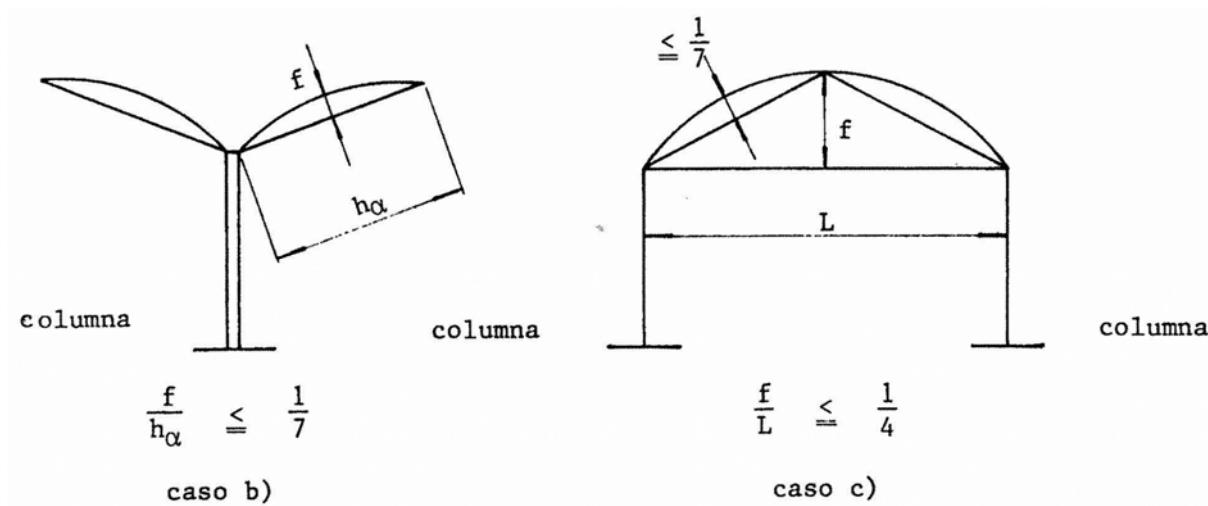


Figura 30.

8.3.3.1. Dirección del viento

Las direcciones del viento que proporcionan las acciones unitarias resultantes máximas y las acciones de conjunto máximas son:

- una dirección perpendicular al borde horizontal, que da la acción resultante sobre la cubierta (según artículo 8.3.3.3.) y una de las acciones de conjunto (según 8.3.3.4.);
- una dirección oblicua al borde horizontal, que da, hacia los extremos de la cubierta, una acción resultante (según artículo 8.3.3.3.2.) y una acción de conjunto (según artículo 8.3.3.4.) que pueden ser más desfavorables que las debidas a un viento normal;

- c) una dirección paralela al borde horizontal, que da la segunda acción de conjunto (según artículos 8.2.5.2. y 8.3.3.4.3.).

8.3.3.2. Relación de dimensiones λ

La relación de dimensiones para este caso será:

$$\begin{array}{ll} \text{a) para } 0^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ & \lambda = \frac{h_\alpha}{l} (1 + \cos 2\alpha) \\ \text{b) para } \alpha > 45^\circ & \lambda = \frac{h_\alpha}{l} \end{array}$$

siendo:

- h_α la dimensión de una vertiente según la línea de máxima pendiente, expresada en metros;
- l la dimensión horizontal paralela al borde de una de las vertientes de la cubierta, expresada en metros;
- α el ángulo de la línea de máxima pendiente de una vertiente con respecto a la horizontal, expresado en grados.

8.3.3.3. Acciones unitarias resultantes

8.3.3.3.1. Viento perpendicular al borde horizontal

8.3.3.3.1.1. El diagrama de la Figura 31 da, en función de α (comprendido entre 0° y 60°), el valor de " c " en el borde de ataque **A**, en la arista **B** y en el borde de fuga **C**; " c " varía linealmente entre estos puntos.

8.3.3.3.1.2. Cuando $\lambda < 0,20$, estos coeficientes " c " se multiplican por el coeficiente γ dado por la escala funcional en función de λ (ver Figura 31), cualquiera sea el ángulo α .

8.3.3.3.1.3. En el caso en que fuera necesario descomponer la acción resultante entre las dos caras, se procede como se indica a continuación:

8.3.3.3.1.3.1. Caso de $\gamma = 1$

- a) Caras situadas en el exterior del ángulo diedro (lado convexo).

Los coeficientes c_1 , a tomar en cuenta tienen valores constantes desde el borde de ataque **A** a la arista **B** (cara a barlovento) y de la arista **B** al borde de fuga **C** (cara a sotavento). Sus valores son:

Para las caras a barlovento (**AB**)

$$0^\circ \leq \alpha \leq 10^\circ \quad c_1 = 0$$

$$10^\circ < \alpha < 30^\circ$$

$$c_1 = + 0,8 \cdot \frac{\alpha - 10}{20}$$

$$\alpha \geq 30^\circ$$

$$c_1 = + 0,8$$

Para las caras a sotavento (**BC**)

$$0^\circ \leq \alpha < 10^\circ$$

$$c_1 = - 0,5 \cdot \frac{\alpha}{10}$$

$$\alpha \geq 10^\circ$$

$$c_1 = - 0,5$$

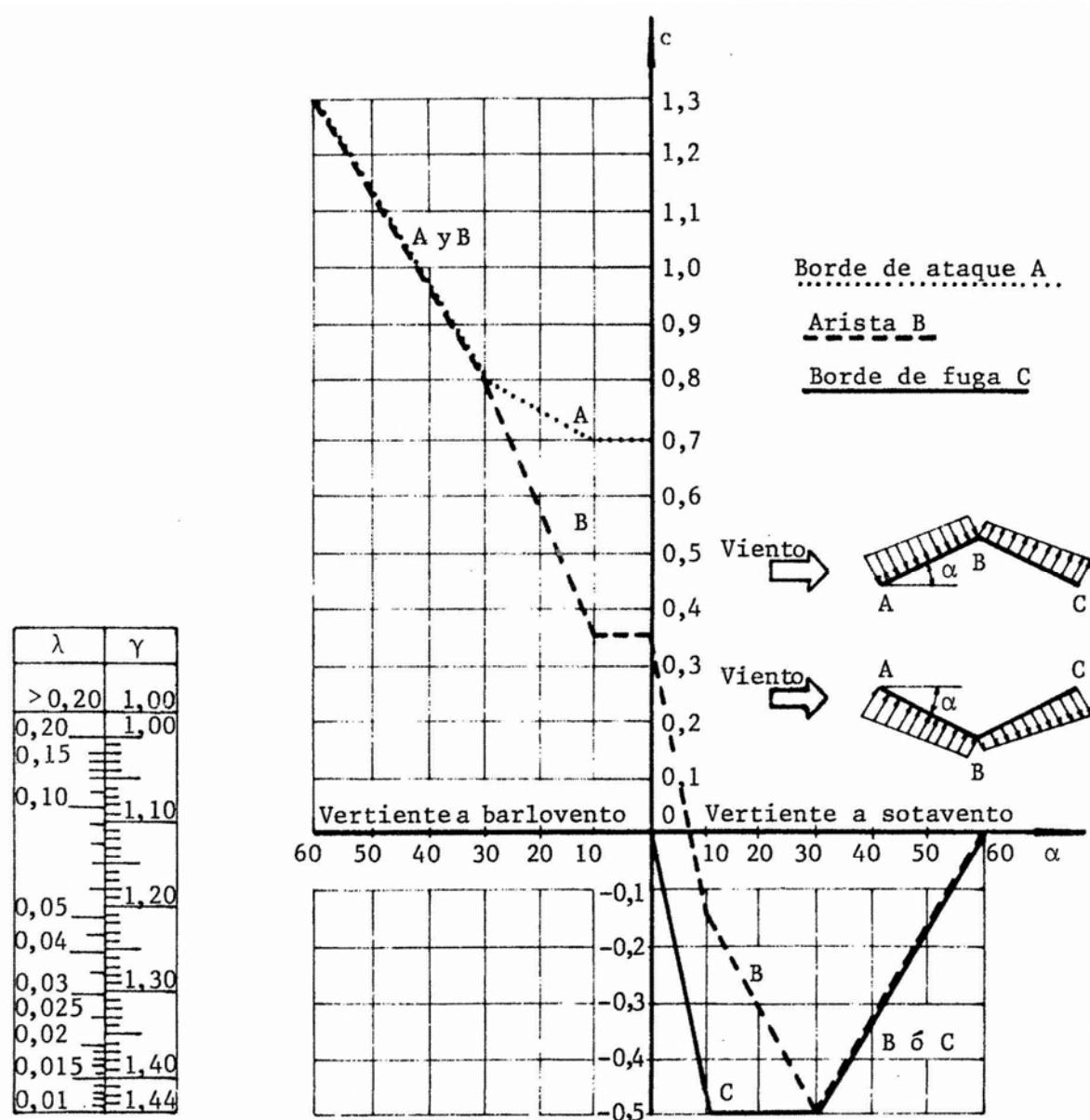


Figura 31. Valor del coeficiente de presión c , para cubiertas aisladas con dos vertientes, y viento normal al borde horizontal, en función del ángulo α y valor del coeficiente γ en función de la relación de dimensiones λ .

b) Caras situadas en el interior del ángulo diedro (lado cóncavo)

El coeficiente c_2 ($c_2 = c_1 - c$) a tomar en cuenta, varía linealmente de **A** a **B** y de **B** a **C**. Su valor se obtiene como diferencia entre el coeficiente c_1 sobre las caras exteriores y el coeficiente resultante dado por el diagrama de la Figura 31.

8.3.3.3.1.3.2. Caso de $\gamma \neq 1$

Los coeficientes determinados según el método indicado en el artículo anterior se multiplicarán por γ .

8.3.3.3.2. Viento oblicuo respecto al borde horizontal

Se agrega a los valores resultantes del caso indicado en el artículo 8.3.3.3.1. una sobrepresión uniforme sobre la cara interior del ángulo diedro con $c = +0,5$, ya sea en una extremidad o bien en la otra en el sentido longitudinal sobre una longitud igual, como máximo, a la altura h_α de la vertiente (ver Figura 32).

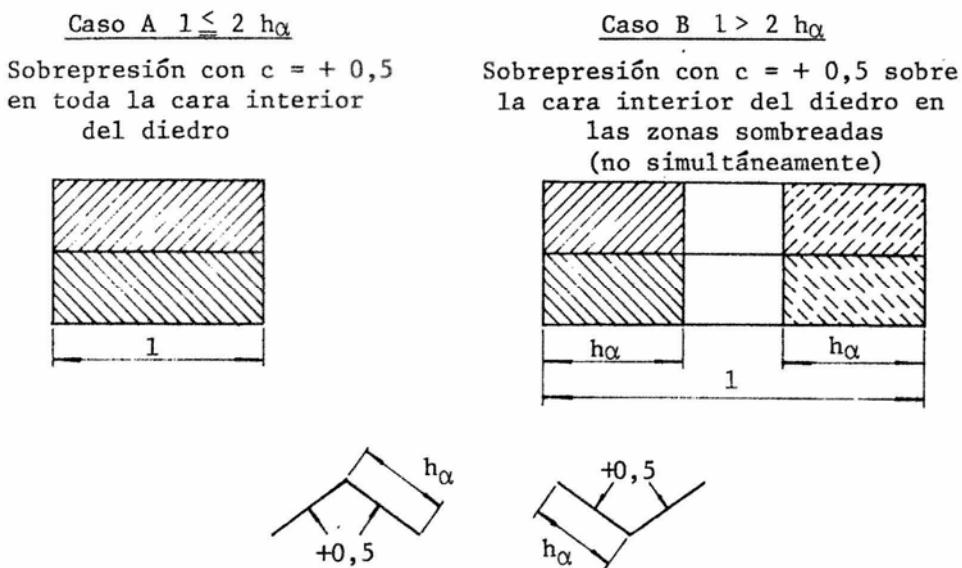


Figura 32.

8.3.3.3.3. Si se diera el caso, sería necesario verificar las cubiertas aisladas que se encuentran provisoriamente en condiciones aerodinámicas diferentes de las precisadas más arriba.

8.3.3.4. Acciones de conjunto

8.3.3.4.1. Viento perpendicular al borde horizontal

Se aplican a las dos vertientes de la cubierta las resultantes de las acciones unitarias determinadas según el artículo 8.3.3.3.1.

8.3.3.4.2. Viento oblicuo respecto del borde horizontal

Se aplican a las dos vertientes de la cubierta las resultantes de las acciones unitarias determinadas según el artículo 8.3.3.3.2. La sobrepresión de **+ 0,5** sobre la cara interior del ángulo diedro, no se aplica más que a un solo extremo a la vez.

8.3.3.4.3. Viento paralelo al borde horizontal, es decir cuando la cubierta se encuentra en la dirección del viento, la acción de conjunto se asimila a una fuerza horizontal de empuje cuyo valor unitario está fijado en el artículo 8.2.5.2.

8.3.4. Cubiertas simétricas múltiples

Se distinguen:

- a) los techados múltiples con vertientes planas;
- b) los techados múltiples con vertientes en forma de bóveda, cuyo rebaje sea menor o igual a **1/7**; en este caso se reemplazará cada bóveda por la vertiente plana formada por la cuerda;
- c) los techados múltiples de bóvedas simétricas con la concavidad dirigida hacia el suelo, de rebaje menor o igual a **1/4**; en este caso se reemplaza cada bóveda por las dos vertientes planas formadas por las semicuerdas.

8.3.4.1. Acciones unitarias resultantes.

8.3.4.1.1. Viento perpendicular al borde horizontal

Los coeficientes "**c**" a tomar en cuenta son los siguientes:

- a) para el primer techado a barlovento y último techado a sotavento: coeficientes "**c**" correspondientes a los de un techado único;
- b) para los techados intermedios: en las superficies protegidas (*), coeficientes "**c**" reducidos en un **25%**.

* Las superficies protegidas son aquellas situadas por debajo de la superficie descripta por una generatriz de pendiente igual al **20%** hacia el suelo y que apoya sobre el contorno aparente de las construcciones protectoras.

8.3.4.1.2. Viento oblicuo respecto al borde horizontal

En caso de que ninguna construcción permanente impida la acción del viento, se deberá tener en cuenta una sobrepresión de **+0,5** sobre la cara interior de las vertientes (ver artículo 8.3.3.3.2.).

8.3.4.2. Acciones de conjunto

8.3.4.2.1. Viento perpendicular al borde horizontal

Se aplican simultáneamente a la primera y a la última vertiente los esfuerzos determinados (según artículo 8.3.3.3.) y a la superficie proyectada en planta de todas las otras partes del techo, a media altura de las vertientes, una fuerza horizontal de empuje, que se obtendrá aplicando fuerzas unitarias iguales a:

$$(0,001 \alpha + 0,02) q_{zh}$$

para los techados con vertientes planas que forman un ángulo α con respecto a la horizontal, con un máximo de **0,10 q_{zh}** y un mínimo de **0,03 q_{zh}** ;

$$0,02 q_{zh}$$

para los techados en bóveda.

siendo:

q_{zh} la presión dinámica de cálculo al nivel del coronamiento de la cubierta.

8.3.4.2.2. Viento paralelo al borde horizontal

Es decir cuando el techo se encuentra en la dirección del viento, la acción de conjunto se asimila a una fuerza de empuje cuyo valor unitario se indica en el artículo 8.2.5.2.

CAPITULO 9. CONSTRUCCIONES CON ABERTURAS Y CONSTRUCCIONES DE RETICULADO

9.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

9.1.1. Presión dinámica de cálculo (q_z)

Se determina según lo establecido en el artículo 5.2.4.

9.1.2. Clasificación de las construcciones con aberturas y construcciones de reticulado

Para la determinación de los coeficientes " c " a utilizar en el cálculo, se agrupan las construcciones en:

- a) Elementos lineales
Barras: vigas, columnas aisladas, barras de reticulado, etc., según el artículo 9.2.
- b) Elementos planos
Construcciones planas con aberturas y construcciones planas de reticulado, no revestidas, según el artículo 9.3.
- c) Elementos espaciales
Construcciones tridimensionales de reticulado, no revestidas, según el artículo 9.4.

9.2. ELEMENTOS LINEALES

9.2.1. Características

9.2.1.1. Se considera como elementos lineales a las barras. Una barra está caracterizada por una de sus dimensiones transversales " a " y su longitud " l ", y se presume de sección constante.

9.2.1.2. Se analiza el comportamiento de una barra aislada, aún cuando esté vinculada a otra barra o cualquier elemento de sostén.

9.2.2. Relación de dimensiones λ

La relación de dimensiones de una barra (ver Figura 33) es:

$$\lambda = \frac{l}{e_\alpha}$$

siendo:

- λ la relación de dimensiones de una barra;
- l la longitud de la barra, expresada en metros;
- e_α la dimensión de la barra normal a la dirección del viento, expresada en metros.

9.2.3. Clasificación de las barras

Se clasifican las barras en:

- a) barras con aristas vivas o poco redondeadas, según el artículo 9.2.4.;
- b) barras de contorno circular (macizas o huecas), según el artículo 9.2.5.

9.2.4. Barras con aristas vivas o poco redondeadas

9.2.4.1. Acción del viento sobre una barra

La fuerza F que actúa sobre una barra, debida a la acción del viento, se calculará como resultante de sus componentes en dos direcciones normales entre ellas, que pueden ser:

- a) F_x y F_y dirigidas según la dirección del viento y la normal a esa dirección ó
- b) F_N y F_T paralelas a las direcciones de referencia, según la Figura 33.

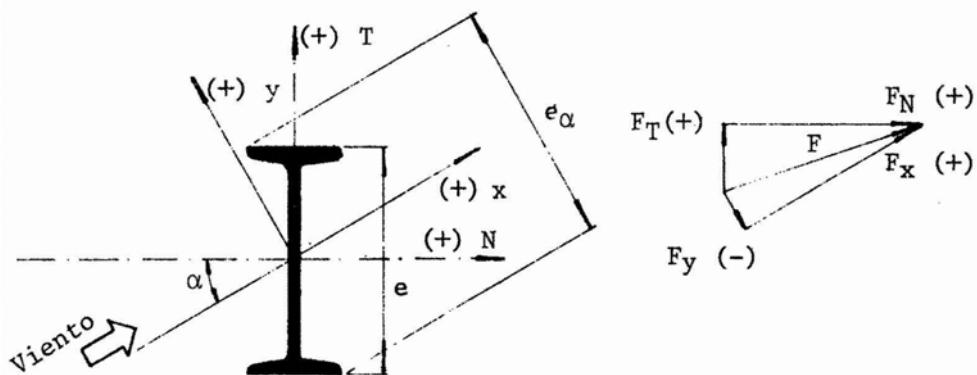


Figura 33.

9.2.4.2. Cálculo de las componentes de la acción del viento F

Las fuerzas F_x , F_y , F_N y F_T se calculan con la fórmula:

$$F_i = c_i \cdot \delta \cdot q_z \cdot I \cdot e$$

siendo:

- F_i** la fuerza componente de la acción del viento (F_x , F_y , F_N ó F_T), expresada en kilonewton (1 kN \cong 100 kgf);
- c_i** un coeficiente de presión según la fuerza a calcular, se adoptará, c_x ; c_y ; c_N ó c_T , dados en la Tabla 17;
- δ** un coeficiente adimensional de mayoración (para $\lambda > 5$), según la Tabla 18;
- q_z** la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado (1 kN/m² \cong 100 kgf/m²);
- I** la longitud de la barra, expresada en metros;
- e** la dimensión transversal de la barra a considerar, expresada en metros.

9.2.4.2.1. Coeficientes de presión c_x ; c_y ; c_N y c_T

Los coeficientes c_x ; c_y ; c_N y c_T se establecen en la Tabla 17 para distintos tipos de barras, en función del ángulo α , de incidencia del viento, para $\lambda \leq 5$.

Tabla 17. Coeficientes de presión (c_x , c_y , c_N , c_T) para barras de aristas vivas o poco redondeadas ($\lambda \leq 5$).

α								
	c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N
0°	+ 1,49	0,00	+ 1,05	+ 1,05	+ 1,20	0,00	0,00	+ 1,20
45°	+ 1,08	- 1,29	+ 1,08	+ 1,29	+ 1,02	- 0,51	+ 0,36	+ 1,08
90°	+ 1,02	+ 0,42	+ 0,42	- 1,02	+ 0,36	0,00	+ 0,36	0,00
135°	+ 1,14	- 0,12	+ 0,12	- 1,14	+ 0,85	+ 0,51	+ 0,24	- 0,96
180°	+ 1,11	0,00	- 0,78	- 0,78	+ 1,08	0,00	0,00	- 1,08

α								
	c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N
0°	+ 1,20	+ 0,60	+ 0,60	+ 1,20	+ 0,90	0,00	0,00	+ 0,90
45°	+ 1,10	+ 0,42	+ 0,48	+ 1,80	+ 0,68	- 0,55	+ 0,09	+ 0,87
90°	+ 0,48	- 1,20	+ 0,48	+ 1,20	+ 0,55	+ 0,43	+ 0,55	- 0,43
135°	+ 1,00	+ 0,32	+ 0,48	- 0,93	+ 0,55	- 0,34	+ 0,63	- 0,15
180°	+ 1,20	- 0,06	+ 0,06	- 1,20	+ 0,87	0,00	0,00	- 0,87

(Continúa)

Tabla 17. (Continuación).

α								
c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N	
0°	+ 0,96	0,00	0,00	+ 0,96	+ 1,08	0,00	0,00	+ 1,08
45°	+ 1,42	+ 0,49	+ 1,35	+ 0,66	+ 0,76	0,00	+ 0,54	+ 0,54
90°	+ 1,29	- 0,81	+ 1,29	+ 0,81	+ 1,08	0,00	+ 1,08	0,00
135°	+ 0,81	+ 0,21	+ 0,42	- 0,72	+ 0,55	0,00	+ 0,39	- 0,39
180°	+ 1,20	0,00	0,00	- 1,20	+ 1,08	0,00	0,00	- 1,08
α								
c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N	
0°	+ 1,20	0,00	0,00	+ 1,20	+ 0,93	0,00	0,00	+ 0,93
45°	+ 1,02	- 0,51	+ 0,36	+ 1,08	+ 1,31	- 0,13	+ 0,84	+ 1,02
90°	+ 0,51	0,00	+ 0,51	0,00	+ 1,14	0,00	+ 1,14	0,00
α								
c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N	
0°	+ 1,26	0,00	0,00	+ 1,26	+ 0,75	0,00	0,00	+ 0,75
45°	+ 0,89	- 0,30	+ 0,42	+ 0,84	+ 1,23	- 0,13	+ 0,78	+ 0,96
90°	+ 0,45	0,00	+ 0,45	0,00	+ 0,78	0,00	+ 0,78	0,00
α								
c_x	c_y	c_T	c_N	c_x	c_y	c_T	c_N	
0°	+ 1,20	0,00	0,00	+ 1,20	+ 1,14	0,00	0,00	+ 1,14
45°	+ 0,81	- 0,72	+ 0,06	+ 1,08	+ 1,27	0,00	+ 0,90	+ 0,90
90°	+ 0,06	0,00	+ 0,06	0,00	+ 1,14	0,00	+ 1,14	0,00

9.2.4.2.2. Coeficientes de mayoración δ

Para barras de esbeltez $\lambda > 5$, el coeficiente de mayoración se indica en la Tabla 18.

Tabla 18. Valores del coeficiente de mayoración δ , para barras de aristas vivas o poco redondeadas, en función de λ

λ	≤ 5	10	15	20	30	40	50	100	∞
δ	1,000	1,085	1,205	1,290	1,385	1,436	1,475	1,560	1,665

9.2.5. Barras de contorno circular (macizas o huecas)

9.2.5.1. La fuerza perpendicular al eje debida a la acción del viento sobre una barra de contorno circular está dada por la expresión:

$$F = c \cdot \delta \cdot q_z \cdot l \cdot d$$

siendo:

- F** la fuerza actuante sobre la barra, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- c** el coeficiente de presión según la Tabla 19;
- δ** el coeficiente de mayoración, según la Tabla 20;
- q_z** la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- l** la longitud de la barra, expresada en metros;
- d** el diámetro de la barra, expresado en metros.

9.2.5.2. Coeficiente de presión c

El coeficiente de presión " c " se establece en la Tabla 19, según el régimen de flujo del viento, en función de la expresión $10 d \sqrt{q_z}$.

Tabla 19. Valores del coeficiente de presión para barras de contorno circular (macizas o huecas), en función de la expresión $10 d \sqrt{q_z}$, para $\lambda \leq 5$

Régimen de flujo		Coeficiente c
Subcrítico	$10 d \sqrt{q_z} < 1,5$ $R_e < 4,1 \cdot 10^5$	0,74
	$1,5 \leq 10 d \sqrt{q_z} < 3,0$ $4,1 \cdot 10^5 \leq R_e < 8,2 \cdot 10^5$	0,48
Supercrítico	$3,0 \leq 10 d \sqrt{q_z} < 8,25$ $8,2 \cdot 10^5 \leq R_e < 22,6 \cdot 10^5$	0,56
	$10 d \sqrt{q_z} \geq 8,25$ $R_e \geq 22,6 \cdot 10^5$	0,64

9.2.5.3. Coeficientes de mayoración δ

Para barras de esbeltez $\lambda > 5$ el coeficiente de mayoración se establece en la Tabla 20.

9.3. ELEMENTOS PLANOS

9.3.1. Características

9.3.1.1. Se considera dentro de los elementos planos, a los paneles con aberturas y reticulados no revestidos.

Tabla 20. Valores del coeficiente de mayoración δ , para barras de contorno circular (macizas o huecas), en función de la esbeltez λ

λ		≤ 5	10	15	20	30	40	50	100	∞
δ	Flujo subcrítico	1,000	1,103	1,152	1,200	1,265	1,330	1,410	1,590	1,620
	Flujo supercrítico	1,000	1,025	1,075	1,125	1,175	1,225	1,238	1,250	1,250

9.3.1.2. Los elementos planos están caracterizados por su relación de solidez, que es el valor:

$$\varphi = \frac{A_e}{A}$$

siendo:

φ la relación de solidez;

A_e el área efectiva del reticulado o panel normal a la dirección del viento, descontando huecos, expresada en metros cuadrados;

A el área encerrada dentro del perímetro exterior del reticulado o panel, incluyendo huecos, expresada en metros cuadrados.

9.3.1.3. Clasificación

Se clasifica a los elementos planos en:

- a) elementos planos únicos, según el artículo 9.3.2.;
- b) elementos planos múltiples, según el artículo 9.3.3.

9.3.1.4. El cálculo de la acción del viento que actúa perpendicularmente al plano medio de una viga de reticulado, además del método global definido en este capítulo, puede efectuarse sumando, las fuerzas aplicadas a todas y cada una de las barras, determinadas de acuerdo con el artículo 9.2.

9.3.2. Elementos planos únicos

9.3.2.1. La acción de conjunto, estará dada por la expresión:

$$W = c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

siendo:

W la acción de conjunto, expresada en kilonewton, ($1 \text{ kN} \equiv 100 \text{ kgf}$);

c_E el coeficiente global de empuje, según la Tabla 21;

$q_{z,m}$ el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

A_e el área efectiva del reticulado o panel normal a la dirección del viento, descontando huecos, expresada en metros cuadrados.

Tabla 21. Coeficiente global de empuje para paneles con aberturas o reticulados no revestidos.

Relación de solidez φ	<i>Piezas de aristas vivas, o poco redondeadas</i>	Coeficiente c_e	
		<i>Piezas de contorno circular</i>	
		<i>Flujo subcrítico</i>	<i>Flujo supercrítico</i>
0,10	1,90	1,20	0,70
0,20	1,80	1,20	0,80
0,30	1,70	1,20	0,80
0,40	1,70	1,10	0,80
0,50	1,60	1,10	0,80
0,75	1,60	1,50	1,40
1,00	2,00	2,00	2,00

9.3.2.2. En caso de que el elemento presente sectores caracterizados por valores de φ netamente diferentes, será necesario calcular la acción del viento sobre cada sector y sumar los efectos. La relación de dimensiones a considerar será la que corresponda al elemento total.

9.3.2.3. La acción del viento, actuando perpendicularmente al elemento plano, también se puede obtener efectuando la suma de los esfuerzos aplicados a todas las barras que lo componen:

$$W = \sum c_i \cdot \delta_i \cdot q_{z,m} \cdot l_i \cdot a_i$$

siendo:

W la acción de conjunto, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);

c_i el coeficiente de presión, según las Tablas 17 y 19;

δ_i el coeficiente de mayoración, según las Tablas 18 y 20;

$q_{z,m}$ el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

l_i la longitud de la barra, expresada en metros;

a_i la menor dimensión de la pieza, en dirección normal a la del viento, expresada en metros.

9.3.3. Elementos planos múltiples

9.3.3.1. Se refiere al caso de 2 o más piezas colocadas paralelamente y a una distancia e entre ellas. La pieza colocada a barlovento protegerá a las de sotavento.

9.3.3.2. Sobre la pieza a barlovento actuará una fuerza calculada según el artículo 9.3.2.

9.3.3.3. Las piezas subsiguientes, si están igualmente espaciadas recibirán una fuerza igual a la anterior, multiplicada por un coeficiente de protección $\eta < 1$, que se establece en la Tabla 23, en función de la relación de separación R_s y de la relación de solidez aerodinámica R_a .

9.3.3.4. La relación de separación R_s es el valor:

$$R_s = \frac{e}{a}$$

siendo:

R_s la relación de separación;

e la distancia entre ejes de las piezas, expresada en metros;

a la menor dimensión de la pieza, en dirección normal a la del viento expresada en metros.

9.3.3.5. La relación de solidez aerodinámica R_a es el valor:

$$R_a = \varphi \cdot k$$

siendo:

R_a la relación de solidez aerodinámica;

φ la relación de solidez;

k una constante, establecida según la Tabla 22.

Tabla 22. Valor de la constante k , en función del tipo de barra y el régimen de flujo.

Tipo de barra	Régimen de flujo	k
De aristas vivas o poco redondeadas	cualquiera	1,6
De contorno circular (y barras de aristas vivas o poco redondeadas combinadas con ellas)	subrítico	1,2
	supercrítico	0,5

9.3.3.6. El valor del coeficiente de protección η se indica en la Tabla 23 en función de la relación de separación R_s y de la relación de solidez aerodinámica R_a .

Tabla 23. Valores del coeficiente de protección η en función de la relación de separación R_s y de la relación de solidez aerodinámica R_a .

Relación de separación R_s	Valores de η para una relación de solidez aerodinámica R_a de:							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8 y más
hasta 1,0	1,0	0,96	0,90	0,80	0,68	0,54	0,44	0,37
2,0	1,0	0,97	0,91	0,82	0,71	0,58	0,49	0,43
3,0	1,0	0,97	0,92	0,84	0,74	0,63	0,54	0,48
4,0	1,0	0,98	0,93	0,86	0,77	0,67	0,59	0,54
5,0	1,0	0,98	0,94	0,88	0,80	0,71	0,64	0,60
6,0 o más	1,0	0,99	0,95	0,90	0,83	0,75	0,69	0,66

9.4. ELEMENTOS ESPACIALES

9.4.1. Características

Se consideran como elementos espaciales a las torres reticuladas en todas sus caras, de sección transversal constante o aproximadamente constante, sin revestir. La sección transversal puede adoptar la forma de rectángulo, cuadrado o triángulo, y las barras de cada plano vertical serán simples o gemelas, de igual forma y sección.

9.4.2. Clasificación

Se agrupa a los elementos espaciales en:

- a) Torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas, según el artículo 9.4.3.
- b) Torres formadas por barras de contorno circular, macizas o huecas, según el artículo 9.4.4.

9.4.3. Torres formadas por barras de aristas vivas o poco redondeadas

Se distinguen:

- a) Torres de sección cuadrada (método global $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$), según el artículo 9.4.3.1.
- b) Torres de sección en forma de triángulo equilátero (método global $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$), según el artículo 9.4.3.2.

- c) Torres de sección cuadrada o rectangular (método por adición), según el artículo 9.4.3.3.

9.4.3.1. Torres de sección cuadrada (método global $0,08 \leq \varphi \leq 0,35$)

La acción de conjunto dependerá de la dirección del viento y se calculará de la manera siguiente:

9.4.3.1.1. Incidencia normal a una cara:

$$W = c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

siendo:

W la acción de conjunto, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);

c_E el coeficiente global de empuje, según la Tabla 24;

$q_{z,m}$ el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

A_e el área efectiva del reticulado o panel normal a la dirección del viento, descontando huecos, expresado en metros cuadrados.

Tabla 24. Valores del coeficiente global de empuje c_E , en función de la relación de solidez φ , para torres formadas por aristas vivas o poco redondeadas e incidencia del viento normal a una cara.

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
$c_E = 3,20 - 2\varphi$	3,04	3,00	2,90	2,80	2,70	2,60	2,50

9.4.3.1.2. Incidencia según una diagonal

Cuando se considera al viento actuando según la dirección de la diagonal, el coeficiente global de empuje **c_E** a utilizar, se indica en la Tabla 25. Los valores dados en dicha tabla, resultan de multiplicar los establecidos para el caso de incidencia normal a una cara por un coeficiente **x** , que es función de la naturaleza de la estructura, y que como complemento se menciona en la Tabla 26.

9.4.3.1.3. Descomposición de la acción de conjunto

En los casos en que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento **W**

por los valores de los coeficientes n ó t , que figuran en la Tabla 27, obteniéndose:

$$W_n = n \cdot c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

$$W_t = t \cdot c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

siendo:

- W_n la componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- W_t la componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- n el coeficiente para obtener la componente W_n ;
- t el coeficiente para obtener la componente W_t ;
- c_E el coeficiente global de empuje;
- $q_{z,m}$ el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)
- A_e el área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, expresado en metros cuadrados.

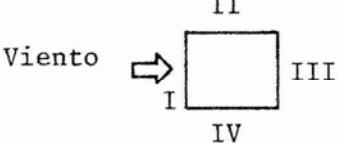
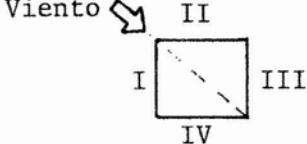
Tabla 25. Valores del coeficiente global de empuje c_E , en función de la relación de solidez φ , para torres formadas por aristas vivas o poco redondeadas e incidencia del viento según la dirección de la diagonal.

φ	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Barras simples							
Metálica	3,19	3,18	3,16	3,14	3,11	3,07	3,03
Hormigón y madera	3,65	3,60	3,48	3,36	3,24	3,12	3,00
Barras dobles (gemelas)							
Metálica y hormigón	3,65	3,60	3,48	3,36	3,24	3,12	3,00
Madera	3,95	3,90	3,77	3,64	3,51	3,38	3,25

Tabla 26. Valores del coeficiente x para distintos tipos de estructuras.

Naturaleza de la estructura	Coeficiente x	
	Barras simples	Barras dobles (gemelas)
Cabriada metálica	$1 + 0,6 \varphi$	1,2
Cabriada de hormigón armado	1,2	1,2
Cabriada de madera	1,2	1,3

Tabla 27. Valores de los coeficientes *n* y *t* para las distintas caras de la torre.

Incidencia	Coeficiente	Cara considerada			
		I	II	III	IV
Normal a una cara Viento 	<i>n</i>	0,63	0,00	0,37	0,00
	<i>t</i>	0,00	0,00	0,00	0,00
Según una diagonal Viento 	<i>n</i>	0,22	0,22	0,13	0,13
	<i>t</i>	0,22	0,22	0,13	0,13

9.4.3.2. Torres de sección en forma de triángulo equilátero (método global $0,08 < \varphi < 0,35$)

9.4.3.2.1. El valor del coeficiente global de empuje c_E se establece en la Tabla 28.

9.4.3.2.2. Descomposición de la acción de conjunto

En los casos en que sea necesario repartir la acción de conjunto según los diferentes planos de los reticulados, se multiplicará el valor de la acción del viento W por los valores de los coeficientes *n* ó *t*, que figuran en la Tabla 29 obteniéndose:

$$W_n = n \cdot c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

$$W_t = t \cdot c_E \cdot q_{z,m} \cdot A_e$$

siendo:

- W_n** la componente de la acción del viento perpendicular a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- W_t** la componente de la acción del viento paralela a la cara considerada, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);
- n*** el coeficiente para obtener la componente W_n ;
- t*** el coeficiente para obtener la componente W_t ;
- c_E** el coeficiente global de empuje;
- $q_{z,m}$** el valor medio de la presión dinámica de cálculo, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)
- A_e** el área efectiva de la cara de la torre, descontando huecos, expresado en metros cuadrados.

Tabla 28. Valor del coeficiente global de empuje c_E , para distintos valores de la relación de solidez φ .

Incidencia	Coeficiente	Relación de solidez (φ)						
		0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Normal a una cara								
	$c_E = (3,2-4\varphi)^*$	2,88	2,80	2,60	2,40	2,20	2,00	2,00
Según la bisectriz								
	$c_E = (2,6-2\varphi)$	2,44	2,40	2,30	2,20	2,10	2,00	1,90
Paralela a una cara								
	$c_x = (2,6-2\varphi)$	2,44	2,40	2,30	2,20	2,10	2,00	1,90
	$c_y = (+ 0,8)$	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

* con un mínimo de 2.

9.4.3.3. Torres de sección cuadrada o rectangular (Método por adición $\varphi \leq 0,60$).

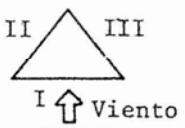
Para incidencia normal en cada cara se determinan los esfuerzos aplicados sobre los dos planos de reticulado según el artículo 9.3.3. y se suman.

9.4.4. Torres formadas por barras de contorno circular (macizas o huecas)

Se establecen los valores del coeficiente global de empuje c_E , para:

- a) Torres de sección cuadrada, según el artículo 9.4.4.1.
- b) Torres de sección triangular equilátera, según el artículo 9.4.4.2.

Tabla 29. Valores de los coeficientes n y t , para las distintas caras de la torre.

Incidencia	Coef.	Cara considerada		
		I	II	III
Normal a una cara 	n	0,63	0,09	0,09
	t	0,00	0,16	0,16
Según la bisectriz 	n	0,16	0,16	0,37
	t	0,27	0,27	0,00
Paralela a una cara 	n	1,67 - 1,09 ϕ	0,00	0,68 - 0,84 ϕ
	t	- 0,38 + 0,63 ϕ	0,00	0,74 - 0,37 ϕ

9.4.4.1. Torres de sección cuadrada

Los valores del coeficiente global de empuje c_E están dados en la Tabla 30.

Tabla 30. Valor del coeficiente global de empuje c_E , para distintos valores de la relación de solidez.

Tipo de flujo	Tipo de incidencia	ϕ					
		0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Subcrítico 		2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,4
		2,5	2,3	2,1	1,9	1,9	1,9
Supercrítico 		1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4
		1,2	1,3	1,6	1,6	1,6	1,6

9.4.4.2. Torres de sección triangular equilátera

Los valores del coeficiente global de empuje c_E , están dados en la Tabla 31.

Tabla 31. Valor del coeficiente global de empuje c_E en función de la relación de solidez ϕ para cualquier dirección del viento para torres de sección triangular equilátera.

Tipo de flujo	ϕ					
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
Subcrítico $10 d \sqrt{q_z} < 1,5 \text{ m}^2/\text{s}$	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
Supercrítico $10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5 \text{ m}^2/\text{s}$	0,8	0,8	1,1	1,1	1,1	1,2

CAPITULO 10. CONSTRUCCIONES DIVERSAS

10.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

10.1.1. Presión dinámica de cálculo (q_z)

Se determina según lo establecido en el artículo 5.2.4.

10.1.2. Aplicación de las reglas generales

A falta de ensayos o de prescripciones especiales dadas en este Capítulo, por lo menos se utilizará, y siempre con un sentido prudente, lo establecido en los Capítulos 5, 6, 7, 8 y 9.

10.1.3. Clasificación

Las construcciones diversas comprenden todas aquellas que no entran estrictamente en los tipos considerados en los Capítulos 5, 6, 7, 8 y 9. Se incluyen especialmente entre ellas:

- a) las construcciones de forma particular, según el artículo 10.2.;
- b) las construcciones provisorias, según el artículo 10.3.;
- c) las construcciones en curso de ejecución, según el artículo 10.4.;
- d) las construcciones no consideradas expresamente en el Reglamento, según el artículo 10.5.

10.2. CONSTRUCCIONES DE FORMA PARTICULAR

Se consideran los tipos de construcciones siguientes:

- a) cubiertas cuya base es un polígono regular o un círculo, según el artículo 10.2.1.
 - Casquetes esféricos, según el artículo 10.2.1.3.;
 - Conos y pirámides, según el artículo 10.2.1.4.;
- b) construcciones en forma de bóveda sin linterna apoyadas directamente sobre el suelo, según el artículo 10.2.2.;
- c) tubos o hilos cilíndricos rugosos y cables trenzados, según el artículo 10.2.3.;
- d) construcciones derivadas a la esfera, según el artículo 10.2.4.;
- e) banderas, según el artículo 10.2.5.

10.2.1. Cubiertas cuya base es un polígono regular o un círculo

10.2.1.1. Dirección del viento

La dirección del viento se supone paralela a la base de la cubierta y perpendicular a una de sus caras, si ella es poligonal.

10.2.1.2. Coeficiente global de empuje referido a la superficie de la base

Siendo más fácil el cálculo de la superficie de la base del casquete que el área A de la superficie de referencia, se sustituye el coeficiente global de empuje c_E por un coeficiente c_E' denominado coeficiente global de empuje referido a la superficie de la base, que tiene por valor, siendo d el diámetro de la base del casquete:

$$c_E' = c_E \cdot \frac{A}{\pi \cdot d^2} \cdot \frac{4}{4}$$

10.2.1.3. Casquetes esféricos

Las fuerzas de empuje E y de levantamiento L están dadas por las expresiones siguientes:

$$E = c_E' \cdot q_{zh} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{y} \quad L = c_L \cdot q_{zh} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

siendo:

E la fuerza global de empuje, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

L la fuerza global de levantamiento, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

c_E' y c_L están indicados en la Tabla 32;

q_{zh} la presión dinámica en la parte superior de la construcción, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$)

d diámetro de la base del casquete, expresado en metros.

10.2.1.3.1. Determinación de la recta de acción de la resultante

La recta de acción de la resultante de las fuerzas E y L está determinada por la abscisa x de su punto de intersección con el plano de la base del casquete; esta abscisa está dada por las curvas de la Figura 34.

Tabla 32. Valores de los coeficientes c_E' y c_L para los distintos tipos de casquetes.

Tipo de casquete	c'_E	c_L	
Apoyado en el suelo o sobre una terraza	$c'_E = 0,44 \frac{f}{d}$	$\frac{f}{d} \leq 0,05$	$c_L = - 2,8 \frac{f}{d}$
		$0,05 < \frac{f}{d} < 0,25$	$c_L = - 0,14$
		$\frac{f}{d} \geq 0,25$	$c_L = - 2,8 \frac{f}{d} + 0,56$
Apoyado en un cilindro de altura $(h-f)$ con: $\frac{h-f}{d} \geq 0,5$	$c'_E = 3 \left(\frac{f}{d} \right)^2 - 0,9 \frac{f}{d}$	$\frac{f}{d} \leq 0,3$	$c_L = - 0,6$
		$\frac{f}{d} > 0,3$	$c_L = \pm 0,9 - 5 \frac{f}{d}$
Apoyado en un cilindro de altura $h-f$ con: $0 < \frac{h-f}{d} < 0,5$		Consultar artículo 10.1.2.	

Nota: f es la flecha del casquete, h es la altura total de la construcción, incluido el casquete.

La fuerza L está dirigida siempre hacia arriba (levantamiento). La fuerza E es positiva cuando está dirigida en el sentido del viento y negativa cuando está dirigida en sentido opuesto. La curva **A** es la relativa a los casquetes que apoyan en el suelo o sobre una terraza. La curva **B** es la relativa a los casquetes apoyados sobre un cilindro de altura $(h-f)$, con $\frac{h-f}{d} \geq 0,5$.

10.2.1.4. Conos y pirámides

Para los conos de base circular o las pirámides de base cuadrada apoyadas sobre el suelo o sobre una terraza y donde la altura h verifica respectivamente una de las desigualdades siguientes:

$$1,5 d \leq h \leq 2,5 d$$

$$1,5 a \leq h \leq 2,5 a$$

siendo:

- d** el diámetro de la base del cono;
- a** el lado de la base de la pirámide;
- h** la altura.

Los coeficientes globales de empuje c_E y de levantamiento c_L se tomarán iguales a:

a) para el cono

$$\begin{aligned} c_E &= 0,7 \\ c_L &= -0,3 \end{aligned}$$

b) para la pirámide

$$\begin{aligned} c_E &= 1,2 \\ c_L &= -0,3 \end{aligned}$$

Las fuerzas E de empuje y L de levantamiento están expresadas por:

$$E = c_E \cdot q_{z,m} \cdot A \quad \text{y} \quad L = c_L \cdot q_{z,m} \cdot A_s$$

siendo:

- E** la fuerza global de empuje, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- L** la fuerza global de levantamiento, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- $q_{z,m}$** el valor medio de la presión dinámica, expresado en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);
- A** el área de la superficie maestra, expresada en metros cuadrados;
- A_s** el área de la base, expresada en metros cuadrados.

Para todos los otros casos se deberá aplicar lo indicado en el artículo 10.1.2.

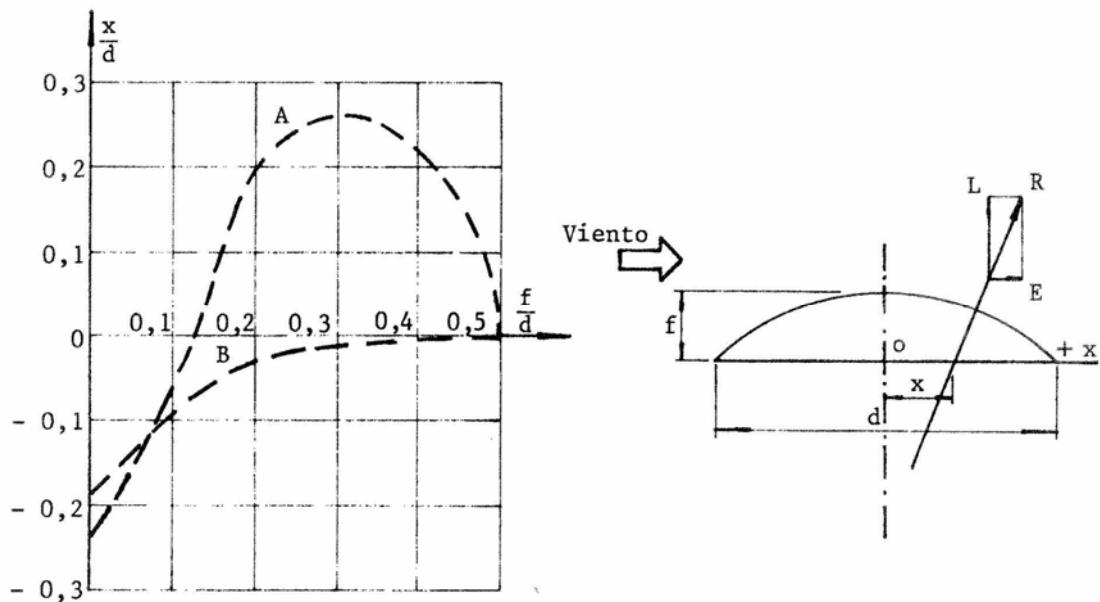


Figura 34. Posición de la recta de acción de la resultante.

10.2.2. Construcciones en forma de bóveda sin linterna apoyadas directamente sobre el suelo

10.2.2.1. Provisionalmente para las construcciones en forma de bóveda cuya flecha relativa está comprendida entre $1/4$ y 1 , se aplican las acciones exteriores siguientes:

10.2.2.2. Bóveda única

10.2.2.2.1. Para un viento normal a las generatrices: las acciones determinadas por los coeficientes c_e dados en la Tabla 11, categoría V para $\gamma = 1$;

10.2.2.2.2. Para un viento paralelo a las generatrices: una succión uniforme $c_e = -0,5$ y una fuerza de empuje, según el artículo 6.4. y la Figura 19.

10.2.2.3. Bóvedas gemelas

10.2.2.3.1. Para un viento normal a las generatrices: sobre la bóveda a barlovento las acciones de la bóveda única, y sobre la bóveda a sotavento una succión uniforme con $c_e = -0,5$;

10.2.2.3.2. Para un viento paralelo a las generatrices: una succión uniforme con $c_e = -0,5$ y una fuerza de empuje, según el artículo 6.4. y la Figura 19.

10.2.3. Tubos o hilos cilíndricos rugosos y cables trenzados

La acción resultante normal al eje del tubo o hilo, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$W = c_E \cdot q_z \cdot l \cdot d$$

siendo:

W la acción del viento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);

c_E el coeficiente global de empuje;

q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

l la longitud del tubo o hilo, expresada en metros;

d el diámetro del tubo o hilo, expresado en metros.

10.2.3.1. Viento perpendicular al eje del tubo o hilo

Los valores de **c_E** a tomar en cuenta para una relación de dimensiones infinita están dados en la Tabla 33.

Tabla 33. Valor del coeficiente **c_E.**

Tipo	Condición	c _E
Tubos o hilos rugosos	$10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5$	1,00
	$0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5$	$1,135 - 2,7 d \sqrt{q_z}$
	$10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5$	0,73
Cables de hilos finos trenzados	$10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5$	1,20
	$0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5$	$1,40 - 4,0 d \sqrt{q_z}$
	$10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5$	0,80

10.2.3.2. Viento inclinado respecto al eje del tubo o hilo

Siendo α la inclinación, expresada en grados, del eje respecto de la dirección del viento (ver Figura 35), el coeficiente $c_{E\alpha}$ tiene el siguiente valor:

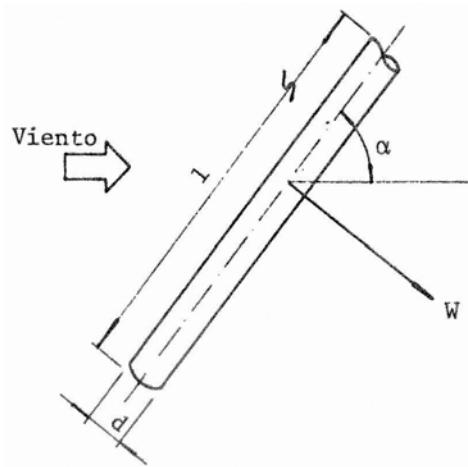


Figura 35.

Para

$$\alpha \leq 15^\circ$$

$$c_{E\alpha} = 0$$

$$15^\circ < \alpha < 75^\circ$$

$$c_{E\alpha} = c_E \left(0,5 \frac{\alpha}{30} - 0,25 \right)$$

$$\alpha \geq 75^\circ$$

$$c_{E\alpha} = c_E$$

La acción total del viento W normal al eje longitudinal es:

$$W = c_{E\alpha} \cdot q_z \cdot l \cdot d$$

siendo:

W la acción del viento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \cong 100 \text{ kgf}$);

$c_{E\alpha}$ el coeficiente global de empuje para la dirección α ;

q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \cong 100 \text{ kgf/m}^2$);

l la longitud del tubo o hilo, expresada en metros;

d el diámetro del tubo o hilo, expresado en metros.

10.2.4. Construcciones derivadas de la esfera

En la Tabla 34 se indican los valores del coeficiente global de empuje c_E para construcciones derivadas de la esfera.

Tabla 34. Valor del coeficiente global de empuje c_E para construcciones derivadas de la esfera.

Construcciones	Coeficiente global de empuje c_E
⇒ D Semiesfera hueca, concavidad a barlovento	1,5
⇒ C Semiesfera hueca o maciza, concavidad a sotavento	0,4
⇒ D Semiesfera maciza y disco circular	1,2
⇒ E Esfera	$10 d \sqrt{q_z} \leq 0,5 \rightarrow 0,48$ $0,5 < 10 d \sqrt{q_z} < 1,5 \rightarrow 0,62 - 2,8 d \sqrt{q_z}$ $10 d \sqrt{q_z} \geq 1,5 \rightarrow 0,20$

10.2.5. Banderas

La acción W que una bandera de tela de altura h y longitud I es susceptible de aplicar a su mástil, está dada por la fórmula:

$$W = h(0,10 + 0,05 I) q_z$$

siendo:

W la acción del viento, expresada en kilonewton ($1 \text{ kN} \approx 100 \text{ kgf}$);

h la altura de la bandera, expresada en metros;

I la longitud de la bandera, expresada en metros;

q_z la presión dinámica de cálculo, expresada en kilonewton por metro cuadrado ($1 \text{ kN/m}^2 \approx 100 \text{ kgf/m}^2$).

La distribución de esta fuerza depende de la forma de sujeción de la bandera a su mástil.

10.3. CONSTRUCCIONES PROVISIONALES

El cálculo de las construcciones provisionales no difiere del correspondiente a las otras construcciones, pero cuando los riesgos de pérdidas materiales son pequeños y, sobre todo, cuando los riesgos de accidentes a las personas son prácticamente nulos, las presiones pueden reducirse a **3/4** de las correspondientes a una construcción definitiva idéntica.

10.4. CONSTRUCCIONES EN CURSO DE EJECUCION

Si se diera el caso, se deberán tomar en cuenta las diversas formas que puede tomar la construcción en el curso de su ejecución, formas que pueden conducir a coeficientes aerodinámicos diferentes de los correspondientes a la construcción definitiva.

10.5. CONSTRUCCIONES NO CONSIDERADAS EXPRESAMENTE EN ESTE REGLAMENTO

10.5.1. Cuando una construcción:

- a) tiene forma inusual
- b) se repite un gran número de veces

se podrán admitir coeficientes aerodinámicos diferentes de los dados si resultan como consecuencia de ensayos en túnel de viento correctamente realizados e interpretados (ver el artículo 1.1.).

10.5.2. La justificación de su estabilidad aerodinámica y de comportamiento, puede dar lugar a problemas que deben ser resueltos por métodos científicos elaborados por ensayos en túnel de viento, que deben cumplir las condiciones mencionadas en el artículo 1.1.

10.5.3. Convendrá, si es necesario, referirse a las publicaciones especiales, que tratan el caso de estas construcciones y adoptar los márgenes de seguridad apropiados al riesgo considerado.



CIRSEOC

Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales
de Seguridad para las Obras Civiles del Sistema INTI