

EVALUACIÓN DE CÓDIGO POR VIENTO

(Original: ingles)

PANAMÁ

Evaluación llevada a cabo por Jorge Gutiérrez

NOMBRE DEL DOCUMENTO: “Reglamento de Diseño Estructural para la República de Panamá” REP-2003 Capítulo 3 – Cargas de Viento.

AÑO: 2003 (año esperado de aprobación).

COMENTARIOS GENERALES: El primer Código panameño fue aprobado en 1984 y la versión actual data de 1994 (REP-94). Un nuevo Código (REP-2003) ha sido redactado y está en proceso de aprobación final por la “Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura”. Se espera su puesta en marcha en algún momento de este año (fuente: Ernesto Ng, Ingeniero Estructural panameño, comunicación personal por correo electrónico). Bajo el Título de “Cargas de Viento”, el Capítulo 3 de esta nueva versión presenta regulaciones específicas para definición de cargas, análisis y diseño por viento. Este es el documento que fue evaluado.

TEMAS ESPECÍFICOS:

NOTA: Los números entre corchetes se refieren a capítulos o artículos específicos del Código: [3.2].

También hay referencias entre corchetes a los Capítulos correspondientes de ASCE-7-98, Cargas de Diseño Mínimas para Edificaciones y Otras Estructuras, el cual es la referencia principal para viento en el REP-2003.

Los números entre paréntesis se refieren a temas de este documento: (ver 1.1).

1. ALCANCE

1.1 Conceptos Explícitos. [3.1.1; 3.1.5]

El Código se aplica a edificaciones, incluyendo su sistema estructural principal así como componentes y revestimientos. También se aplica a anuncios comerciales.

Una presión mínima de viento de 0.48 kN/m^2 debe siempre ser considerada.

No se permite reducción en la presión de viento debido a la protección de la edificación por estructuras cercanas y por condiciones del terreno.

1.2 Objetivos del Desempeño.

No han sido definidos explícitamente.

2. RIESGO POR VIENTO

2.1 Velocidad Básica del Viento. [3.2; 3.4.2]

La velocidad básica del viento se define como la velocidad máxima de ráfaga de viento durante tres segundos a 10m sobre el nivel de terreno en la Categoría de Exposición C (ver 2.4), correspondiente a un Período de Retorno de 50 años. Los valores de diseño para la Velocidad Básica del Viento son 115 km/h para el Pacífico y 140 km/h para el Caribe [Tabla 3-2].

2.2 Topografía. [3.3.7]

Los efectos del viento debido a cambios topográficos repentinos producidos por taludes, colinas o crestas deben ser considerados en el diseño. Estos efectos son cuantificados por el Factor de Topografía K_{zt} dado por la siguiente ecuación:

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

Los valores para K_1 , K_2 , K_3 se dan en una figura [Fig.3-1, idéntica a la Fig. 6.2 de ASCE 7-98]

2.3 Altura sobre el nivel del Terreno (Específica de Caso). [3.3.6.2]

Este efecto es definido por el Coeficiente de Exposición de la Presión de Velocidad K_z (o K_h) el cual es una función de la Categoría de Exposición (ver 2.4) como se define en la siguiente Tabla [idéntica a la Tabla 6.5 de ASCE 7-98]:

Coefficientes de la Presión de Velocidad K_h y K_z [Tabla 3.5]

Altura por encima del nivel del terreno, z		Categorías de Exposición (ver 2.4)					
		A		B		C	D
m	(pies)	Caso 1	Caso 2	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2	Casos 1 y 2
0 – 4.6	(0 – 15)	0.68	0.32	0.70	0.57	0.85	1.03
6.1	(20)	0.68	0.36	0.70	0.62	0.90	1.08
7.6	(25)	0.68	0.39	0.70	0.66	0.94	1.12
9.1	(30)	0.68	0.42	0.70	0.70	0.98	1.16
12.2	(40)	0.68	0.47	0.76	0.76	1.04	1.22

15.2	(50)	0.68	0.52	0.81	0.81	1.09	1.27
18.0	(60)	0.68	0.55	0.85	0.85	1.13	1.31
21.3	(70)	0.68	0.59	0.89	0.89	1.17	1.34
24.4	(80)	0.68	0.62	0.93	0.93	1.21	1.38
27.4	(90)	0.68	0.65	0.96	0.96	1.24	1.40
30.5	(100)	0.68	0.68	0.99	0.99	1.26	1.43
36.6	(120)	0.73	0.73	1.04	1.04	1.31	1.48
42.7	(140)	0.78	0.78	1.09	1.09	1.36	1.52
48.8	(160)	0.82	0.82	1.13	1.13	1.39	1.55
54.9	(180)	0.86	0.86	1.17	1.17	1.43	1.58
61.0	(200)	0.90	0.90	1.20	1.20	1.46	1.61
76.2	(250)	0.98	0.98	1.28	1.28	1.53	1.68
91.4	(300)	1.05	1.05	1.35	1.35	1.59	1.73
106.7	(350)	1.12	1.12	1.41	1.41	1.64	1.78
121.9	(400)	1.18	1.18	1.47	1.47	1.69	1.82
137.2	(450)	1.24	1.24	1.52	1.52	1.73	1.86
152.4	(500)	1.29	1.29	1.56	1.56	1.77	1.89

Notas:

1. **Caso 1:** Todos los componentes y revestimiento.
Caso 2: Todos los sistemas primarios para edificaciones y otras estructuras.
2. Se permite la interpolación lineal para valores de z intermedios.

Los valores K_z de la Tabla anterior pueden ser calculados mediante las siguientes ecuaciones:

$$K_z = 2.01 (4.6 / z_g)^{2/\alpha} \quad \text{para } z < 4.6 \text{ m}$$

$$K_z = 2.01 (z / z_g)^{2/\alpha} \quad \text{para } 4.6 \text{ m} < z < z_g$$

Con α y z_g definidos por la siguiente Tabla [Tabla 3.6]:

Exposición	α	z_g (m)
A	5.0	457
B	7.0	366
C	9.5	274
D	11.5	213

2.4 Escabrosidad del Terreno (Número de Categorías de Exposición). [3.3.6.1; 3.4.2]

Se definen cuatro Categorías de Exposición (A, B, C y D) [los mismos de ASCE-7-98, artículo 6.5.6.1].

Exposición A. Grandes centros urbanos con al menos 50% de las edificaciones con alturas mayores a 21m (el Código especifica que esta categoría no se aplica en Panamá).

Exposición B. Áreas urbanas y suburbanas, áreas boscosas, otros terrenos con varias obstrucciones espaciadas cercanamente que tienen el tamaño de viviendas familiares individuales o más grandes.

Exposición C. Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas que tienen alturas menores de 9m.

Exposición D. Áreas planas sin obstrucciones expuestas al flujo del viento desde el océano abierto a una distancia de 1.6 km. Se extiende 460m tierra adentro.

3. ACCIONES DE DISEÑO POR VIENTO

3.1 Factores de Importancia. [3.1.2]

De acuerdo a su importancia y uso, las edificaciones están clasificadas en cuatro categorías (I, II, III y IV) como sigue:

Categoría I: Edificaciones y estructuras relacionadas cuya falla implica bajo riesgo para la vida humana incluyendo pero no limitado a facilidades rurales, de almacenaje o temporales.

Categoría II: Edificaciones de ocupación normal públicas o privadas (no incluidas en las categorías I, III o IV).

Categoría III: Facilidades de alto riesgo o edificaciones de alta ocupación públicas o privadas.

Categoría IV: Facilidades esenciales.

Se asigna un Factor de Importancia I a cada categoría como sigue [Tabla 3.4]:

Categoría de Uso	Factor de Importancia I
I	0.87
II	1.00
III	1.15
IV	1.15

3.2 Efectos de Escala.

No se ha considerado.

3.3 Presión (Interna y Externa). [3.1.5; 3.3.9; 3.3.10, 3.3.11]

La presión mínima neta del viento será 0.48 kN/m^2 . La presión neta es la suma algebraica de las presiones actuando sobre lados opuestos de la edificación.

Para estimar los coeficientes de presión interna, las edificaciones son clasificadas como Encerradas, Parcialmente Encerradas o Abiertas [3.3.9; Idéntico a 6.2 de ASCE-7-98].

La presión de velocidad del viento q_z (en kN/m^2) a altura z (en m) se da mediante la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.0473 K_z K_{zt} K_d V^2 I$$

Donde:

K_z = Coeficiente de exposición de la presión de velocidad (ver 2.3)

K_{zt} = Factor de Topografía (ver 2.2)

K_d = Factor de Direccionalidad (ver 3.5)

V = Velocidad Básica de Viento en km/h (ver 2.1)

I = Factor de Importancia (ver 3.1)

Para techos, la correspondiente presión de velocidad del viento q_h es q_z para $z = h$, la altura media del techo.

El Coeficiente de Presión Interna GC_{pi} es una función de las condiciones de cercamiento según la Tabla Siguiente:

Tipo de Cercamiento	GC_{pi}
Abierto	0.00
Parcialmente Encerrado	± 0.55
Encerrado	± 0.18

El Coeficiente de Presión Externa C_p para sistemas primarios (es decir, los elementos y componentes estructurales del sistema de resistencia a fuerza lateral) se presenta en una Figura [Fig. 3-2, idéntica a la Fig. 6.3 de ASCE-7-98]. Se comenta sobre los Coeficientes de Presión Externa de componentes y revestimiento GC_p en otra parte (ver 6.2).

Para estructuras que no son edificaciones los Factores de Fuerza C_f correspondientes se dan en Tablas [Tablas 3.8 a 3.11, idénticas a las Tablas 6.9 a 6.12 de ASCE-7-98]

3.4 Efectos Dinámicos y Aeroelásticos (Efectos de Ráfaga). [3.3.8]

Para edificaciones regulares las fuerzas de diseño incluyen efectos de magnificación de ráfagas de viento sobre estructuras flexibles (ver 1.1).

Para estructuras rígidas (período natural $T \leq 1\text{s}$) el Factor de Efecto de Ráfaga de Viento G será 0.85 a menos que sea calculado siguiendo un procedimiento específico [ecuaciones 3-2 a 3-5, equivalente a las ecuaciones 6-2 a 6-5 de ASCE-7-98 con dimensiones en metros en vez

de pies]. Para estructuras flexibles (período natural $T > 1$ s), o para estructuras sensibles al viento, el Factor de Efecto de Ráfaga de Viento G G_f también es calculado siguiendo un procedimiento específico [ecuaciones 3-6 a 3-12, equivalente a las ecuaciones 6-6 a 6-12 de ASCE-7-98 modificadas para usar dimensiones en metros en vez de pies].

En sustitución de los procedimientos previos, se permite determinar los Factores de Efecto de Ráfaga de Viento por medio de cualquier análisis racional definido en la literatura reconocida.

3.5 Efectos de Direccionalidad. [3.3.4]

El viento debería ser considerado proveniente de cualquier dirección. El Factor de Direccionalidad de Viento K_d (ver 3.3) varía de 0.85 a 0.95 y será determinado a partir de una Tabla [Tabla 3-3, idéntica a la Tabla 6-6 de ASCE-7-98]. Este factor debería ser aplicado cuando se usa junto con combinaciones de carga dadas por ASCE-7-98 [Secciones 2.3 y 2.4 de ASCE-7-98]; de lo contrario $K_d = 1$.

4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

4.1 Procedimiento Simplificado. [3.4]

El Procedimiento Simplificado en REP-2003 es como un código dentro del Código. Contiene sus propias definiciones, clasificación de tipos estructurales, presiones de viento, límites de deriva, etc. Éste parte del Procedimiento Simplificado de ASCE-7-98 [6.4 de ASCE-7-98] y no define cuándo puede ser aplicado como una alternativa más simple al Procedimiento Analítico (ver 4.2).

Tres Tipos Estructurales se definen para este procedimiento:

Tipo 1. Viviendas familiares individuales de uno y dos pisos; cualquier estructura encerrada con menos de 18 m de altura.

Tipo 2. Todas las edificaciones cuya estructura no es dinámicamente sensible al viento.

Tipo 3. Todas las edificaciones cuya estructura es dinámicamente sensible al viento.

Las Presiones de Viento para cada Tipo Estructural están tabuladas según la altura y la Categoría de Exposición [Tabla 3-12 para el Tipo Estructural 1, Tablas 3-13 a 3-16 para los Tipos Estructurales 2 y 3]. Para el Tipo Estructural 3 estos son valores mínimos y se requiere un análisis detallado siguiendo ASCE-7-98

Se definen límites de deriva en la siguiente Tabla:

Material Estructural	Límite de Deriva ($\Delta/\Delta h$)
Acero	0.00200 (1/500)
Hormigón Reforzado	0.00278 (1/360)

Para parapetos, anuncios comerciales, revestimiento y componentes no estructurales se utilizan los métodos definidos en el Procedimiento Analítico (ver 4.2) (ver 6.2).

4.2 Procedimiento Analítico. [3.3]

Este método se aplica a edificaciones regulares (es decir aquellas sin geometría inusual) así como otros tipos de estructuras regulares.

Este método no se aplica a edificaciones cuyas características pueden inducir efectos complejos (efectos de vórtice, inestabilidad) que requieren análisis especiales.

Para edificaciones regulares las fuerzas de diseño incluyen efectos de magnificación de ráfaga de viento sobre estructuras flexibles. Para estructuras inusuales estos efectos deben ser considerados por medio de teorías refinadas o pruebas de viento (ver 4.3).

El Procedimiento de Diseño sigue 10 pasos [3.3.3 y 6.5.3 de ASCE-7-98]:

- Se determinarán La Velocidad Básica del Viento V (ver 2.1) y el Factor de Direccionalidad del Viento K_d (ver 3.5).
- Se determinará El Factor de Importancia I (ver 3.1).
- Para cada dirección del viento se determinará una Categoría de Exposición y un Coeficiente de Exposición de la Presión de Velocidad K_z o K_h (ver 2.3 y 2.4).
- Se determinará un Factor Topográfico K_{zt} (ver 2.2).
- Se determinará un Factor de Efecto de Ráfaga de Viento G o G_f (ver 3.4).
- Se determinará una Clasificación de Cercamiento (ver 3.3).
- Se determinarán los Coeficientes de Presión Interna GC_{pi} (ver 3.3).
- Se determinarán los Coeficientes de Presión Externa C_p o GC_{pf} (ver 3.3).
- Se determinará la Presión de Velocidad q_z o q_h (ver 3.3).
- Se determinará la Carga de Viento del Diseño P o F (ver 3.3).

Para parapetos, anuncios comerciales, revestimientos y componentes no estructurales el método definido es el mismo que para el Procedimiento Simplificado (ver 6.2).

4.3 Procedimiento Experimental. [3.3.2]

Un breve párrafo establece que para estructuras inusuales y flexibles los efectos de magnificación de ráfaga de viento deben ser considerados ya sea vía teorías refinadas o pruebas de viento (ver 4.2).

5. EFECTOS INDUCIDOS

5.1 Impacto de Objetos Volantes.

No se ha considerado.

5.2 Lluvia Impulsada por Viento

No se ha considerado.

6. VERIFICACIONES DE SEGURIDAD

6.1 Estructura.

El Código no contiene requisitos específicos para verificaciones de seguridad. Sin embargo, es evidente que las cargas de Viento W se consideran cargas finales y deben ser combinadas con las cargas Muertas D y Vivas L para determinar la Carga Final. Todos los elementos estructurales deben ser dimensionados y detallados según la teoría de diseño de resistencia. Los límites de deriva se definen solamente para el Procedimiento Simplificado (ver 4.1) pero deberían ser aplicados a todos los procedimientos analíticos.

6.2 Revestimientos y Elementos no Estructurales. [3.3.11.2.2; 3.3.12.4]

Para ambos Procedimientos, el Simplificado y el Analítico (ver 4.1 y 4.2) la presión de viento p para revestimientos y elementos no estructurales se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{Edificaciones con } h \leq 18\text{m:} \quad p = q_h [(GC_p) - (GC_{pi})]$$

$$\text{Edificaciones con } h > 18\text{m:} \quad p = q (GC_p) - q_i (GC_{pi})$$

Donde:

q_h = Presión de velocidad evaluada a la altura media del techo h .

$q = q_z$ para muros de barlovento (contra el viento) calculado a altura z por encima del terreno

$q = q_h$ para muros de sotavento (a favor del viento), muros laterales y techos, evaluado a altura h .

$q_i = q_h$ para muros de barlovento (contra el viento), muros laterales, muros de sotavento (a favor del viento) y techos.

$G =$ Factor de Ráfaga de Viento (ver 3.4).

$C_p =$ Coeficiente de Presión Externa.

$(GC_{pi}) =$ Coeficiente de Presión Interna (ver 3.3).

Se dan combinaciones del Factor de Ráfaga de Viento G y coeficientes de presión externa C_p (ver 3.3) para componentes y revestimiento (GC_p) en figuras específicas [Fig. 3-3 a 3-5 para $h \leq 18\text{m}$ o Fig. 3-6 para $h > 18\text{m}$; iguales que las Figs. 6-5 a 6-7 y 6-8 respectivamente de ASCE-7-98]. No se separarán los valores de los coeficientes de presión y el factor de ráfaga de viento.

7. EDIFICIOS RESIDENCIALES PEQUEÑOS. [3.4]

No se dan requisitos específicos para Edificios Residenciales Pequeños. Sin embargo, el Procedimiento Simplificado puede aplicarse a unidades familiares individuales de uno y dos pisos clasificadas como Estructuras de Tipo 1 (ver 4.1).

RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL CÓDIGO

El Capítulo 3 del Código REP-2003, Cargas de Viento, es un Código por Viento moderno y sofisticado que sigue muy cercanamente los requisitos de Carga de Viento de ASCE-7-98.

Sin embargo, se presenta un Procedimiento Simplificado (ver 4.1) que no se deriva de ASCE-7-98 y que en la práctica se convierte en un código dentro del Código, con definiciones y conceptos independientes y requisitos que son a veces engañosos, en adición al hecho de que no está claro cuándo puede ser aplicado como alternativa al más avanzado Procedimiento Analítico. Se recomienda por lo tanto que el alcance y requisitos de diseño del Procedimiento Simplificado se modifiquen de acuerdo a las líneas de ASCE-7-98.