

EVALUACIÓN DE CÓDIGO POR VIENTO

Islas del Caribe (CARICOM)

Evaluación llevada a cabo por Winston H.E. Suite

NOMBRE DEL DOCUMENTO: Código Uniforme de Construcción del Caribe (CUBiC) Parte 2, Sección 2

AÑO: 1985

COMENTARIOS GENERALES:

Requisitos de Diseño Estructural. Carga de Viento. Ha sido adaptado de un documento preparado por la Organización Internacional de Normas (ISO). Comité Técnico 98. Grupo de Trabajo 2 sobre Cargas de Viento.

Esta sección del CUBiC consiste de un documento básico y cinco apéndices técnicos.

“El documento básico abarca las diferentes acciones del viento que deberían ser consideradas y los requisitos generales de la Norma” [Prólogo]. Los apéndices están catalogados como sigue:

- Apéndice 1 - Procedimiento Simplificado de Diseño
- Apéndices - Requisito del Diseño Estructural
- Apéndice 2 - Presión de Velocidad del viento de Referencia, q_{ref}
- Apéndice 3 - Factor de Exposición, C_{exp}
- Apéndice 4 - Factor de Forma Aerodinámica, C_{shp}
- Apéndice 5 - Factor de Respuesta Dinámica, C_{dyn}

El clima del viento ha sido evaluado a partir de un estudio extensivo de los huracanes en el Caribe y llevado a cabo por A.G. Davenport, P.N. Georgiou y D. Surry, *Un Estudio de Riesgo por Vientos Huracanados para el Caribe Oriental, Jamaica y Belice con especial consideración a la influencia de la Topografía*. Proyecto de Reporte Pan-Caribeño para la Prevención y Preparación de Desastres (PCDPPP), 1985.

1. ALCANCE [2.201]

1.1 Conceptos y Limitaciones Explícitos

“Este documento describe la acción del viento sobre estructuras y métodos para calcular los valores característicos de cargas de viento para uso en el diseño de edificaciones, torres, chimeneas, puentes y otras estructuras así

como sus componentes y añadiduras. Estas cargas serán apropiadas para uso en conjunto con otras Normas de Carga ISO y con ISO 2394 – Principios Generales sobre Confiabilidad para Estructuras”.

“Las estructuras de una naturaleza, tamaño o complejidad inusuales pueden requerir un estudio especial de ingeniería”.

1.2 Objetivos del Funcionamiento

El conocimiento del viento y sus efectos sobre las estructuras es necesario para garantizar estructuras seguras y, al mismo tiempo, económicas.

Ningún objetivo de funcionamiento adicional está expresamente listado pero los objetivos principales son proteger la vida humana y reducir las pérdidas económicas causadas por la acción del viento (tormentas tropicales y huracanes). Aunque las estructuras que sean dañadas seriamente por la acción del viento no deberían colapsar, poniendo en peligro la vida de los ocupantes.

2. RIESGO POR VIENTO

2.1 Velocidad Básica del Viento

Esta ecuación describe la fuerza sobre una estructura como resultado de la acción del viento [2.203.1].

$$W = (q_{ref}) (C_{exp}) (C_{shp}) (C_{dyn})$$

Presión de Velocidad del viento de Referencia: [2.204]

q_{ref}	=	presión de velocidad del viento de referencia
C_{exp}	=	factor de exposición
C_{shp}	=	factor de forma aerodinámica
C_{dyn}	=	factor de respuesta dinámica
w	=	fuerza de viento por unidad de área normal a la superficie de la estructura

[2.204.1]

Presión de Velocidad del Viento $q = \frac{1}{2} \rho V^2$

ρ = densidad de aire
 V = velocidad del viento

C_{exp} – Factor de exposición que representa la variabilidad de la presión de la velocidad del viento en el sitio de la estructura debido a:

- (a) La altura por encima del nivel del terreno.
- (b) La rugosidad del terreno y
- (c) En terreno ondulado, la forma y pendiente de los contornos del terreno.

El valor del factor de exposición puede variar con la dirección del viento.

$\sqrt{\gamma_w} V_{ref}$ donde γ_w = el factor de carga normal

2.1.1 Altura por encima del Terreno

[A100] Esta está catalogada como menos de 15 m por encima del terreno ver tabla [A103.1]

2.1.2 Condiciones del Terreno

[A100] Las estructuras no deberían estar situadas cerca de una cresta o cima de colina.

- La desviación bajo carga de viento debe ser siempre menor que 1/500 de la altura de la estructura.

2.1.3 Período Promedio

[A201] Este está basado en una presión media de la velocidad del viento de 10 minutos.

2.1.4 Período de Recurrencia

[A201] Este está dado como una vez en 50 años.
Definición de q_{ref} (presión de velocidad del viento de referencia)

2.1.5 Calidad de los Datos

La calidad de los datos es considerada muy confiable basados en un estudio extensivo por A.F. Davenport y otros.

2.2 Topografía

Factor de Exposición C_{exp}

Este factor representa la variabilidad de la presión de la velocidad del viento en el sitio de la estructura debido a lo siguiente:

- (a) altura sobre el nivel del terreno
- (b) rugosidad del terreno y
- (c) en un terreno ondulado, la forma y pendiente de los contornos del terreno.

Los valores recomendados del factor de exposición están dados en [Apéndice 3]. Tabla [A301.1].

$$C_{exp}(z) = A \{ \ln(z/z_o) \}^2$$

donde A es para diferentes longitudes de rugosidad z_o y el terreno está dado en la Tabla [A301.1].

$$C_{exp}(z) = B(z/10)^{2\alpha}$$

donde α y B dependen de la rugosidad del terreno dada en la Tabla [A301.1].

2.2.1 Taludes

Este aspecto es discutido bajo el sector que abarca el factor de incremento de velocidad. Ver [A303], [Tabla A303.1]

2.2.2 Crestas

[ver Tabla A303.1]

2.2.3 Colinas Axial Simétricas

[ver Tabla A303.1]

2.2.4 Valles

No está discutido específicamente.

2.3 Altura por encima del Terreno

Esto está contenido en [2.2] anteriormente.

2.4 Rugosidad del Terreno

(A301) Esta está aerodinámicamente descrita en términos de una longitud de rugosidad z_o que caracteriza el tamaño y distribución de los obstáculos que están alrededor y sobre los cuales el viento debe soplar.

[A400 General] Tres Categorías de factores de forma aerodinámica son discutidos.

- (i) Coeficiente de Presión del Factor de forma Aerodinámica, actuando normal a la superficie.

- (ii) Factor aerodinámico (coeficiente de fuerza) actuando en la dirección de la fuerza resultante.
- (iii) Factor de forma aerodinámica que define la acción resultante de orden superior de la presión tales como movimiento y torques.

3. ACCIONES DEL DISEÑO POR VIENTO

Las acciones del viento que serán consideradas en el diseño de estructuras pueden producir cualquiera de los efectos siguientes [2.202]:

- (a) Fuerza o inestabilidad excesivas.
- (b) Desviación excesiva.
- (c) Fuerzas dinámicas repetidas que causan fatiga.
- (d) Inestabilidad aeroelástica.

3.1 Factores de Importancia

- (i) Se asume que la fuerza del viento por unidad de área actúa estáticamente en una dirección normal a la superficie de la estructura o elemento excepto donde otras fueron especificadas, ejemplo, con fuerzas friccionales tangenciales. [2203.2]
- (ii) Las fuerzas internas y externas serán consideradas [2.203.2] y [tabla A104.1].
- (iii) La resonancia puede amplificar las respuestas a las fuerzas sobre ciertas estructuras sensibles al viento. Tales estructuras están caracterizadas por su ligereza, flexibilidad y bajo nivel de amortiguamiento estructural (ver apéndice 5), [2.207.3].

Los factores de importancia están relacionados a:

Factor de Exposición, C_{exp}

Factor de Forma Aerodinámica, C_{shp} y

Factor de Respuesta Dinámica, C_{dyn}

Estos son discutidos muy detalladamente en los Apéndices 2, 3, 4 y 5.

3.2 Efectos de Escala

3.3 Presión

Presión de Velocidad del viento $q = \frac{1}{2} \rho V^2$

ρ = densidad de aire

V = velocidad del viento

La presión de la velocidad del viento de referencia es normalmente el valor específico de la presión de la velocidad del viento para el área geográfica en la que la estructura está ubicada. Esta se refiere a la exposición estándar (rugosidad, altura y topografía) ver Tabla A201.1 para presiones de velocidad del viento de referencia para las diferentes islas en el Caribe. El factor de forma aerodinámica se refiere normalmente al valor medio de la presión.

La estructura cerrada estará sujeta a presiones internas determinadas por el tamaño y distribución de las aberturas y por cualquier presurización. Estas se deberían tener en cuenta mediante la combinación de los factores de forma aerodinámica para las presiones externas con los de las presiones internas (la resultante).

La carga de viento combinada sobre superficies externas e internas debería estar basada en los factores combinados como sigue:

$$(C_{shp} C_{dyn})_{combined} = (C_{shp} C_{dyn})_{external} - (C_{shp} C_{dyn})_{internal}$$

3.4 Factor de Respuesta Dinámica, C_{dyn}

2.207.1 El factor de respuesta Dinámica representa las presiones fluctuantes.

La resonancia puede amplificar las respuestas a estas fuerzas en ciertas estructuras sensibles al viento.

Para el desempeño por inestabilidad aeroelástica puede ser aceptable la velocidad del viento

$$= \sqrt{\gamma_w} V_{ref}$$

donde γ_w = factor de carga normal y V_{ref} = velocidades de viento de diseño de referencia correspondiente a q_{ref} [2.204].

3.5 Efectos de Direccionalidad

“El factor de forma C_{shp} es un coeficiente aerodinámico sin dimensión que expresa la presión aerodinámica inducida sobre la estructura y sus elementos como una razón de la presión de la velocidad del viento (normalmente $q_{ref} C_{exp}$) en el flujo entrante. Normalmente el factor de pendiente se refiere a presiones medias pero en alguna aplicación especial – para presiones transferidas al flujo.

4. MÉTODO DE ANÁLISIS

4.1 Procedimiento Simplificado [Apéndice 1]

$$\text{Fuerza de Viento por unidad de área} = (q_{\text{ref}})(C_{\text{exp}})(C_{\text{shp}})(C_{\text{dyn}})$$

[A100. Criterios]

Este método puede ser utilizado para el diseño del sistema estructural principal si

- (a) la estructura es menor de 15 m en altura por encima del suelo
- (b) la estructura no está usualmente expuesta para cualquier dirección del viento, es decir, no está ubicada cerca de una cresta o cima de colina
- (c) la estructura es relativamente rígida. La desviación bajo carga de viento es menor que $1/500H$, donde H = altura de la estructura.

4.1.1 Alcance

Este método simplificado (procedimiento) está propuesto para el diseño del revestimiento de la mayor parte de las estructuras normales.

4.1.2 Limitación

Ver (a), (b), (c) anteriores, para las condiciones de aplicabilidad.

4.1.3 Procedimientos de Diseño

$$W = (q_{\text{ref}})(C_{\text{exp}}) [(C_{\text{shp}}) (C_{\text{dyn}})]$$

($q = \frac{1}{2} \rho V^2$) referencia de presión de velocidad del viento [Tabla 103.1] [Tabla 104.1]

4.2 Procedimiento Analítico (Método Detallado) [209.3]

1.1.1 Alcance

[Apéndices 3, 4, 5]

1.1.2 Limitación

Este método es principalmente de ayuda para evaluar la respuesta dinámica de la estructura, la influencia de exposición inusual y las características de formas aerodinámicas más complejas [2.209.3].

Las estructuras sensibles al viento incluyen aquellas que son particularmente flexibles, delgadas, ligeras o altas.

1.1.3 Procedimiento de Diseño

Esto es discutido con algún detalle y hay variación en la presión de la velocidad del viento de referencia con [A300] la altura, terreno, rugosidad y topografía.

$$C_{\text{exp}}(z) = A \left\{ \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right\}^2 \text{ etc.}$$

[Tabla A301.1]

4.3 Procedimiento Experimental

La prueba de túnel de viento se usa principalmente para elaborar factores dinámicos, C_{dyn} .

Esta es recomendada cuando se evalúa la influencia de exposición inusual y las características de formas aerodinámicas más complejas así como estructuras sensibles al viento incluyendo aquellas que son particularmente flexibles, delgadas, ligeras o altas y estructuras de geometría inusual que originan inesperadamente grandes respuestas al viento. Puede ser necesario llevar a cabo estudios complementarios por expertos en el campo. Estas pruebas pueden incluir ensayos en de túnel de viento. Procedimientos de ensayos se dan en el [Apéndice 4].

5. EFECTOS INDUCIDOS

5.1 Impacto de Objetos Llevados por el Viento

No está considerado. Se necesita tratamiento específico.

5.2 Lluvia Impulsada por Viento

No se ha considerado. Se necesita tratamiento específico.

6. VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD

Se pueden permitir métodos de análisis alternos a los recomendados en esta norma bajo el supuesto de que pueda ser demostrado que el nivel de seguridad alcanzado es generalmente equivalente al alcanzado en esta norma. Las consideraciones de seguridad están incluidas en el Apéndice 6.

6.1 Estructura

No se provee ninguna orientación específica.

Se recomienda en la estimación de la carga de viento que la carga especificada sea multiplicada por un factor de carga. Este factor de carga correspondiente a un nivel de riesgo dado puede ser estimado utilizando teoría de confiabilidad si las propiedades estadísticas de las variables son conocidas.

El objetivo es asegurar que la estructura no se vuelva inestable a una velocidad de viento ligeramente mayor que la velocidad de viento de diseño.

6.2 Revestimiento y Elementos no Estructurales

[A500] Comentarios Generales sobre C_{dyn}

Discutiendo notas de acción dinámica, “estas fuerzas actúan sobre las superficies externas de la estructura en su totalidad o sobre componentes de revestimiento ...”

El Código no aborda en gran detalle este tema. Esta es un área que el Código necesita tratar en mayor detalle particularmente debido a la ocurrencia de huracanes en la región.

7. EDIFICIOS RESIDENCIALES PEQUEÑOS

El Código no trata específicamente con este tema y propuso que esto sería tratado en un ejercicio subsiguiente.

[Refiérase al Código de Edificaciones Pequeñas de Trinidad y Tobago <http://www.boett.org/sbc> Junta de Ingeniería de Trinidad y Tobago].

RECOMENDACIÓN PARA MEJORAR EL CÓDIGO

Este Código fue elaborado en 1985 y necesita actualización. Este ejercicio debe ser llevado a cabo, particularmente tomando en cuenta la experiencia de los huracanes y tormentas tropicales de 1988 (Gilbert), 1989 (Hugo), y 1992 (Andrew) en la región del Caribe.

Apéndice 1

FACTOR DE EXPOSICIÓN, C_{exp} (Método Simplificado)

Rangos de aplicabilidad:
Diseño Estructural: 0 – 15m
Diseño de Revestimiento: 0 – 100m

Rango de Altura m	C_{exp}
Menor que 5	0.9
5 – 10	1.0
10 – 15	1.1

15 – 20	1.2
20 – 25	1.3
25 – 35	1.4
35 – 45	1.5
45 – 55	1.6
55 – 65	1.7
65 – 80	1.8
80 – 100	1.9

Apéndice 2

PRESIONES DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO DE REFERENCIA PARA EL CARIBE

Ubicación	q_{ref}^*	Presión del Viento kPa		Velocidad del Viento m/seg
		q_{10}	q_{100}	V_{ref}^\dagger
Guyana	0.20	0.05	0.35	18.0
Trinidad -Sur	0.25	0.05	0.40	20.0
-Norte	0.40	0.10	0.60	25.5
Tobago	0.47	0.15	0.65	28.0
Grenada	0.60	0.25	0.80	31.5
Barbados	0.70	0.30	0.90	34.2
San Vicente	0.73	0.35	0.93	35.0
Santa Lucía	0.76	0.36	0.95	35.5
Dominica	0.85	0.42	1.06	37.5
Montserrat	0.83	0.40	1.07	37.2
Antigua	0.82	0.39	1.05	37.0
San Cristóbal y Nieves	0.83	0.38	1.07	37.2
Jamaica	0.80	0.40	1.00	36.5
Belice-Norte	0.78	0.38	1.00	36.00
-Sur	0.55	0.26	0.70	30.5

* se recomienda que 0.25 kPa. sea tomado como un valor mínimo

† Calculado a partir de $V_{ref} = \sqrt{(2q_{ref}/0.0012)}$

Apéndice 3

RELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO DE REFERENCIA q_{ref} Y LAS VELOCIDADES MÁXIMAS DEL VIENTO SOBRE INTERVALOS CORTOS DE TIEMPO EN TERRENO ABIERTO

(Los Valores Intermedios pueden ser Interpolados)

q_{ref} kPa	Vpico(metros/seg) – 10 metros			
	Tiempo de Promedio			
10 min.	10min.	1 hora	1min. (o “milla más rápida”)	3seg
0.30	22.4	21	27	33
0.40	25.8	25	31	39
0.50	28.9	27	35	43
0.60	31.6	30	38	47
0.70	34.2	32	41	51
0.80	36.5	35	44	55
0.90	38.7	37	47	58
1.00	40.8	39	50	61
1.10	42.8	41	52	64
1.20	44.7	43	54	67
1.30	46.5	44	56	70
1.40	48.3	46	58	73
1.50	50.0	48	61	75

*Asumiendo densidad de aire $\rho_{air} = 1.20\text{kg/m}^3$

Apéndice 4

TERRENOS REPRESENTATIVOS Y SUS PARÁMETROS DE PERFIL DE VELOCIDAD

(perfiles combinados a 30m)

Descripción del Terreno	Logarítmico		Ley de Potencia	
	Longitud de Rugosidad m	Factor de Escala	Índice	Factor de Escala
	z_0	$A(z_0)$	α	$B(z_0)$
1. Mar abierto agitado	0.003	0.021	0.11	1.4
2. Mar abierto	0.03	0.030	0.14	1.0
3. Bosques, Suburbanos	0.3	0.041	0.22	0.5
4. Centro de ciudad	3.0	0.058	0.31	0.16

*Valores recomendados para uso normal

Apéndice 5

PARÁMETROS PARA INCREMENTO MÁXIMO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO SOBRE COLINAS BAJAS

Forma de la Colina	$\Delta S_{\max}^{\dagger}$	a	k	
			x < 0	x > 0
Crestas (o valles con H - negativa) Bi-dimensionales	2 H/L	3	1.5	1.5
Talud Bi-dimensional	0.8 H/L	2.5	1.5	4
Colinas axial simétricas Tri-dimensionales	1.6H/L	4	1.5	1.5

Nota: † para $H/L > 0.5$, asuma $H/L = 0.5$ en la fórmula