



CÓDIGO DE VIENTO PARA COSTA RICA

Daniel Johanning Cordero, Asistente de Ingeniería
Rolando Castillo Barahona, Coordinador

Programa de Ingeniería Estructural



INTRODUCCIÓN

A la hora de realizar el diseño de una estructura, el ingeniero estructural debe asegurarse de que ésta tenga la capacidad suficiente para resistir el efecto de fuerzas externas. Algunos ejemplos de fuerzas que pueden provocar serios daños a estructuras son las fuerzas por sismo, por viento y por flujo de agua, originadas durante eventos naturales extremos como terremotos, huracanes/tormentas e inundaciones.

El autor John Holmes (2001) menciona en su libro *Wind Loading Structures* que las fuerzas de sismo y de viento generadas durante eventos extremos generalmente compiten entre sí como las fuerzas más importantes a considerar en el diseño de estructuras, debido al daño que éstas han provocado a lo largo de la historia en diferentes partes del mundo.

En el caso de Costa Rica, las fuerzas inducidas por sismos son las que, en la mayoría de los casos, rigen el diseño estructural. Esto se debe a que los terremotos son los eventos que históricamente han provocado mayores perjuicios en cuanto a daños materiales y pérdidas humanas. En contraste, los daños materiales generados por fuertes vientos han sido leves y localizados, y las pérdidas humanas asociadas son prácticamente nulas. Esta situación ha provocado que exista una falta de conocimiento sobre cómo estimar las fuerzas de viento que pueden afectar una estructura, cómo éstas deben aplicarse sobre los distintos tipos de estructuras, y cuál es el comportamiento general de estructuras sujetas a vientos fuertes. Esta realidad también se manifiesta en el hecho de que la normativa disponible en Costa Rica para la estimación y aplicación de las fuerzas de viento se encuentra desactualizada e incompleta.

Costa Rica, sin embargo, no es inmune a las fuerzas generadas por el viento. Los vientos en ciertas zonas del país son capaces de desarrollar la fuerza suficiente para generar daños a estructuras, por lo que la estimación y el análisis del efecto de dichas fuerzas no se deben despreciar.

Ya se han dado casos en nuestro país en los que los fuertes vientos han derribado postes y rótulos, y han provocado el desprendimiento de techos de viviendas cuando éstos no son diseñados con la resistencia suficiente. A manera de ejemplo, a continuación se describen 3 situaciones relacionadas con daños a estructuras producto de fuertes vientos que ocurrieron a principios del 2015 en un intervalo de apenas dos meses.

Los primeros dos percances ocurrieron el 6 de enero del 2015, ambos en el cantón de Tibás. Los fuertes vientos de ese



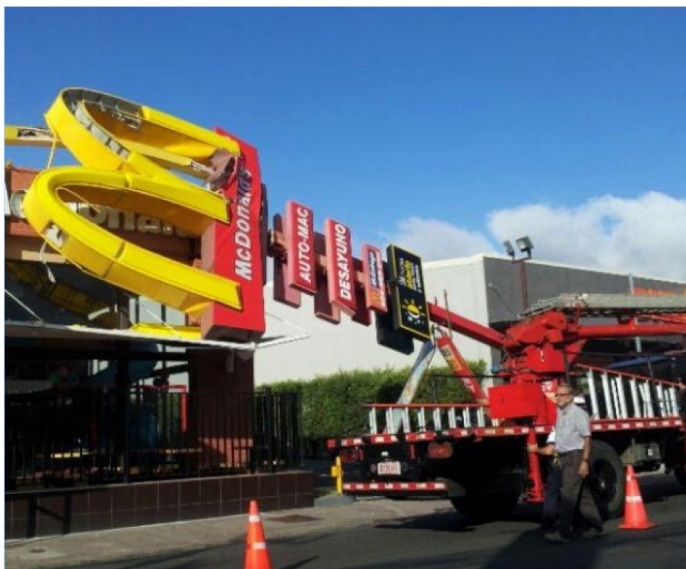
Figura 2. Desprendimiento de láminas de techo en Cañas el 7 de marzo de 2015
Fuente: La Nación, 2015

día dejaron como saldo la caída del rótulo del restaurante McDonald's, así como el desprendimiento de la fachada del local Expresso Tibás (ver Figura 1). El tercer hecho ocurrió el 7 de marzo de ese mismo año en el pueblo guanacasteco de Cañas, donde las láminas de techo de varias viviendas se desprendieron a causa del viento y cayeron sobre la vía pública (ver Figura 2). Dichosamente, ninguno de estos eventos repercutió en personas heridas ni en la pérdida de vidas humanas. No obstante, dadas otras circunstancias, esto pudo haber sido diferente.

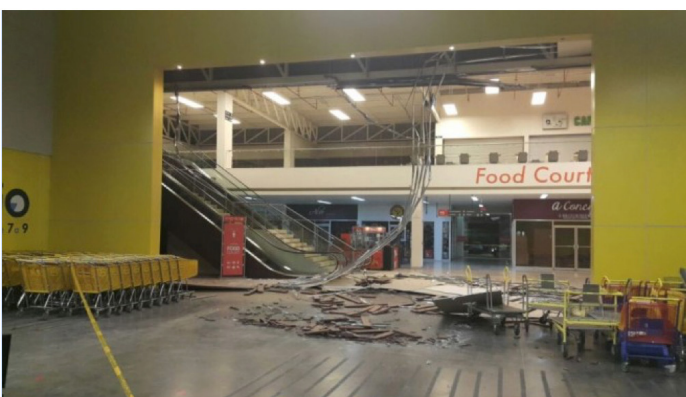
Los ejemplos descritos previamente son una muestra de la necesidad de generar una mayor conciencia acerca del efecto de las fuerzas de viento sobre las estructuras. El presente boletín, con el fin de contribuir a este propósito, se enfoca primeramente a describir los diferentes tipos de viento que afectan al país, después se describe la normativa existente en el país para el cálculo de las fuerzas por viento y los problemas que ésta presenta, y finalmente se dan algunas recomendaciones para la elaboración de un código de viento completo y actualizado.

¿POR QUÉ SE PRODUCE EL VIENTO?

Según Holmes (2007), el viento es el movimiento del aire relativo a la tierra generado principalmente por las diferencias de presión en la atmósfera, que a su vez se producen porque la radiación solar no presenta la misma magnitud en todas las partes de la superficie terrestre. Estos diferenciales de presión provocan que el aire se desplace desde las zonas de alta presión



a) Caída del rótulo de McDonald's.



(b) Caída de fachada en Expresso Tibás

Figura 1. Daños por viento en Tibás el 6 de enero de 2015
Fuente: www.crhoy.com. 2015

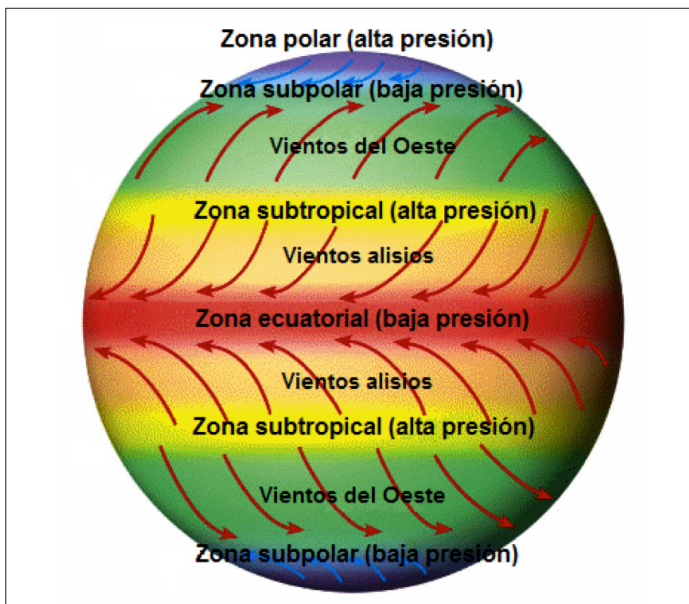


Figura 3. Sistemas de circulación de viento en la Tierra debido a diferencias de presión
Fuente: www.teluguaspirant.com

hacia las zonas de baja presión, lo cual, junto con los efectos de rotación de la tierra, genera los sistemas de circulación de viento en la atmósfera (ver Figura 3). Los vientos generados pueden presentar velocidades variadas con orientaciones tanto horizontales como verticales.

VIENTOS GENERADOS POR HURACANES

Existen casos en los que el viento puede alcanzar una velocidad significativa al punto que puede llegar a afectar negativamente a la población. Los sistemas de baja presión, conocidos también como ciclones tropicales, son un ejemplo de especial atención. Según el Departamento de Desarrollo Regional de Estados Unidos (1991), los ciclones se originan por la liberación de calor y humedad en la superficie de los océanos. La masa de aire calentada por la superficie del agua asciende y se encuentra con aire más caliente cargado por los vientos provenientes desde el Este. El choque de estas masas genera una reducción en la presión atmosférica que, junto con la rotación de la Tierra, impulsa a los vientos a moverse en forma de espiral.

Los ciclones tropicales son sistemas de baja presión que se categorizan dependiendo de la velocidad del viento que desarrollan. El sistema se clasifica como depresión tropical si la velocidad del viento no sobrepasa los 63 km/h^1 , como

tormenta tropical si el viento alcanza velocidades entre los 63 y los 119 km/h , y como huracán² si la velocidad del viento excede los 119 km/h .

Los huracanes a su vez se clasifican en distintas categorías de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson según la velocidad del viento (ver Cuadro 1). Estos fenómenos naturales, además de generar vientos de alta velocidad, se caracterizan por producir fuertes lluvias, tormentas eléctricas y aumentos en el nivel del mar.

Cuadro 1. Escala Saffir-Simpson para la clasificación de huracanes según la velocidad del viento³

Fuente: National Hurricane Center (NHC), 2014

Categoría	Velocidad (km/h)
1	119-153
2	154-177
3	178-209
4	210-249
5	250 o más

El Mar Caribe tiene la particularidad de ser afectado en forma directa por huracanes todos los años. Según datos del Centro Nacional de Huracanes (NHC) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), en la zona Atlántica se generan, en promedio, 6 huracanes por temporada, de los cuales 2 son de categoría 3 o mayor. Estos huracanes no afectan únicamente las islas caribeñas, sino que son capaces de alcanzar tierras del istmo y tierras aledañas al Golfo de México, así como la costa este de Estados Unidos (ver Figura 4). Debido a esta situación, las fuerzas de viento generalmente rigen el diseño estructural en estas zonas.

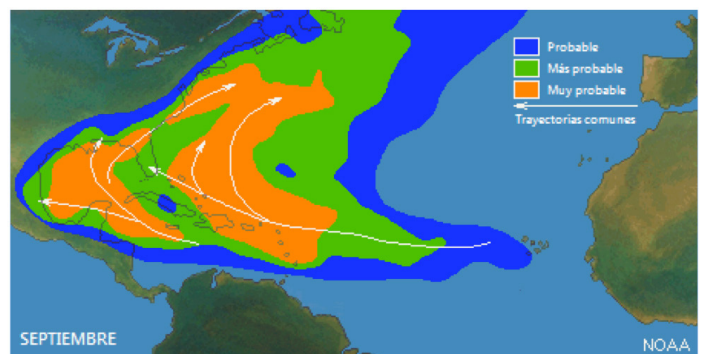


Figura 4. Zonas más propensas a huracanes en el mes de septiembre
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2014

1 Las velocidades corresponden a velocidades promedio máximas de 1 minuto medidas a 10m de altura sobre la superficie.

2 La palabra "huracán" corresponde al nombre que se utiliza en la Región Atlántica para describir a un ciclón tropical de alta magnitud. Este mismo tipo de tormentas se conocen como "tifones" si ocurren en el Pacífico Norte y como "ciclones tropicales" si ocurren en el Pacífico Sur.

3 La escala de Saffir-Simpson se basa en la velocidad del viento promedio máxima de 1 minuto medida a 10m de altura sobre la superficie, por lo que solo aplica a velocidades del viento en estos términos.

HURACANES EN COSTA RICA

El mapa de NOAA (2014) de la Figura 4 muestra que Costa Rica no se encuentra dentro de las zonas propensas a huracanes. Luis Alvarado y Erick Alfaro (2003), indican que la probabilidad de incidencia directa de un huracán en Costa Rica es muy baja, menor al 5%. Esto se debe a que los huracanes formados en la zona Atlántica por lo general se desplazan del sureste al noroeste, es decir, en dirección paralela a la costa Caribe del país. La Comisión Nacional de Emergencias (2013) afirma que el territorio costarricense nunca ha recibido el impacto directo de un huracán.

A pesar de ello, es un hecho que varios huracanes han pasado muy cerca de la costa de Limón afectando al país de manera indirecta producto de las intensas lluvias e inundaciones que generan. Sin embargo, los fuertes vientos de un huracán no han llegado a afectar al país directamente. El Cuadro 2 muestra un listado de huracanes que pasaron a menos de 230 km de la costa de Limón durante el siglo XX. Se puede observar que el huracán Bret de 1993 fue el que se acercó más a Costa Rica, pasando a tan solo 125 km de la costa caribeña.

Cuadro 2. Lista de los huracanes más cercanos a la costa de Limón, Costa Rica durante el siglo XX

Fuente: Alvarado y Alfaro, 2003

Nombre	Fecha del punto más cercano	Distancia (km)
H7_06	9 de octubre, 1906	214
T17_33	28 de setiembre, 1933	217
Martha	25 de noviembre, 1969	205
Irene	18 de setiembre, 1971	145
Joan	22 de octubre, 1988	212
Bret	10 de agosto, 1993	125
Gert	15 de setiembre, 1993	140
César	2 de julio, 1996	228

El caso del huracán Martha de 1969, también mostrado en el Cuadro 2, es un caso particular de especial atención. Según la información de ZIFBoards (2010), este ciclón, aunque pasó a 205 km del país como un huracán de categoría 1, se dirigió hacia el sur y llegó a tocar tierra en Panamá en condición de tormenta tropical, a escasos kilómetros del territorio costarricense (ver Figura 5), con vientos de hasta 110 km/h. La tormenta causó un total de 5 muertes, todas en Costa Rica. Martha se recuerda como el único ciclón tropical en la historia que llegó a tocar tierra en Panamá, que al igual que Costa Rica, presenta una probabilidad muy baja de incidencia de huracanes.



Figura 5. Trayectoria e intensidad del ciclón tropical Martha de 1969

Fuente: Unyisis Weather, 2010

En lo que respecta a daños, los huracanes Juana de 1988, César de 1996 y Mitch de 1998 fueron los huracanes con efectos más destructivos en el país. Sin embargo, los daños producidos por estos huracanes fueron resultado de las intensas lluvias más que de los fuertes vientos.

FUERTES VIENTOS EN COSTA RICA

A pesar de la baja probabilidad de la incidencia de huracanes, el territorio costarricense sí se ve afectado todos los años por fuertes vientos provenientes de otras fuentes. Según Álvaro Brenes y Víctor Saborío (1995), tres tipos de viento afectan al país: vientos alisios, vientos sinópticos del oeste y las brisas.

Como ya se mostró en la Figura 3, los vientos alisios son corrientes de aire que se mueven desde los cinturones subtropicales de altas presiones hasta el cinturón ecuatorial de bajas presiones. En el caso de Costa Rica, tanto los alisios del noreste como los alisios del sureste tienen influencia (ver Figura 6). Los vientos del noreste inciden sobre la vertiente del Caribe y se caracterizan por ser cálidos y muy húmedos, y por lo tanto inestables. Estos vientos alcanzan su mayor intensidad cuando el hemisferio norte está en invierno. Los alisios del sureste, por otro lado, llevan dirección paralela a Costa Rica, pero se desvían hacia el país después de pasar sobre el ecuador debido a efectos de la rotación de la Tierra, por lo que inciden desde el suroeste sobre la vertiente del Pacífico. Estos vientos se caracterizan por tener bajas velocidades.



Figura 6. Vientos alisios que influyen en Costa Rica

Fuente: Brenes y Saborío, 1995

Los vientos sinópticos del oeste, por otro lado, constituyen un efecto indirecto de los sistemas de baja presión en la zona Atlántica descritos en la sección anterior, principalmente las tormentas tropicales y los huracanes. Al originarse estos sistemas, se ponen en movimiento masas de aire desde el suroeste hacia el núcleo de la tormenta, por lo que afectan principalmente la vertiente del Pacífico. Estos vientos se caracterizan por ser de gran espesor y por lo general se detectan en las partes bajas de la atmósfera.

Las brisas, por último, consisten en sistemas de circulación de viento generados por diferencias térmicas a nivel local, y por lo general se detectan a alturas menores a los 100 metros sobre la superficie terrestre. La movilización del aire tiende a ocurrir desde las zonas con menor temperatura hacia zonas con temperaturas mayores.

MAPAS EÓLICOS DE COSTA RICA

Dependiendo del tipo de viento, la ubicación geográfica y la época del año, la velocidad de los vientos que afectan a una determinada zona será distinta. Mapas eólicos que muestren las velocidades de diseño del viento de un país particular resultan ser una herramienta indispensable para estimar las fuerzas de viento.

4 El período de retorno se asocia con la probabilidad de que ocurra un determinado evento (en este caso, que la velocidad del viento exceda una determinada magnitud), y representa el intervalo de tiempo estimado entre dos ocurrencias del evento.

Las velocidades de diseño representan las velocidades máximas del viento medidas a 10 m de altura sobre el terreno, las cuales pueden obtenerse para distintos períodos de retorno⁴. Varios códigos internacionales incluyen mapas de velocidades de diseño asociados a un período de retorno de 50 años para estimar las fuerzas de viento sobre estructuras de importancia normal. Conforme mayor sea el período de retorno, las velocidades de diseño asociadas (y por lo tanto las fuerzas) serán también mayores. Por lo tanto, mapas de velocidades de viento asociados a períodos de retorno mayores a 50 años generalmente también son incluidos para permitir el cálculo de fuerzas de viento para estructuras de mayor importancia.

Los mapas de este tipo generalmente se elaboran mediante isotacas, es decir, líneas que unen puntos donde la velocidad del viento es la misma. Este es el formato utilizado por el código ASCE 7-10, como se ejemplifica en la Figura 7 para la costa este de los Estados Unidos. Otra opción consiste en realizar una zonificación según las velocidades del viento, dividiendo el territorio en regiones que presenten condiciones de viento similares. El Código AS/NZS 1170.2 de Australia y Nueva Zelanda utiliza este formato, tal como se muestra en la Figura 8 para el territorio australiano.

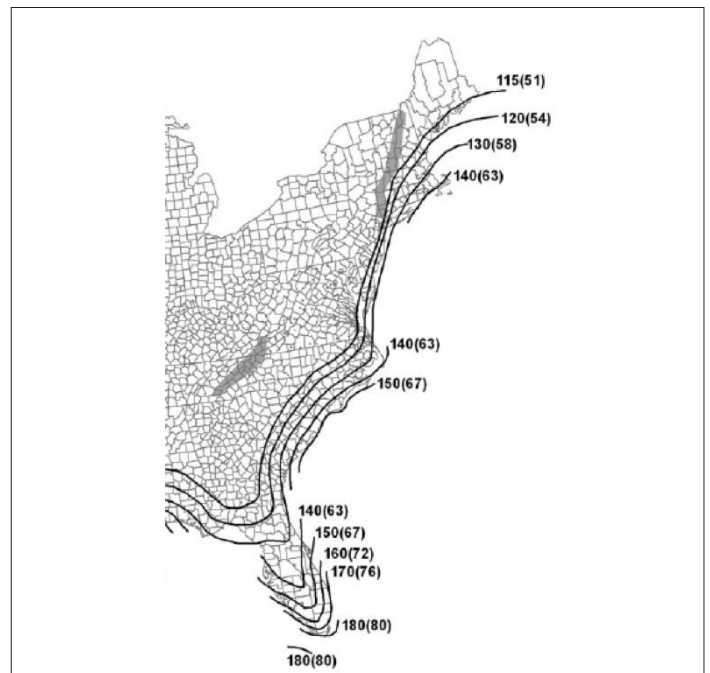


Figura 7. Mapa de isotacas para la costa este de Estados Unidos utilizada en el código ASCE 7-10

Fuente: American Society of Civil Engineers (ASCE), 2010

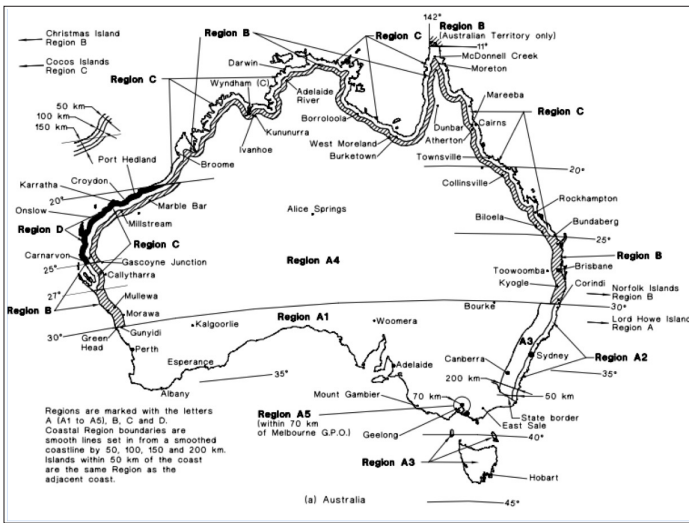


Figura 8. Regiones de viento para el país de Australia utilizadas en el código AS/NZS 1170.2
Fuente: Standards Australia/Standards New Zealand, 2002

A pesar de contar con estaciones de medición de viento en muchas zonas del país, Costa Rica aún no cuenta con mapas eólicos oficiales que permitan conocer la velocidad de diseño del viento en todo su territorio para distintos períodos de retorno, por lo menos no en forma completa y actualizada.

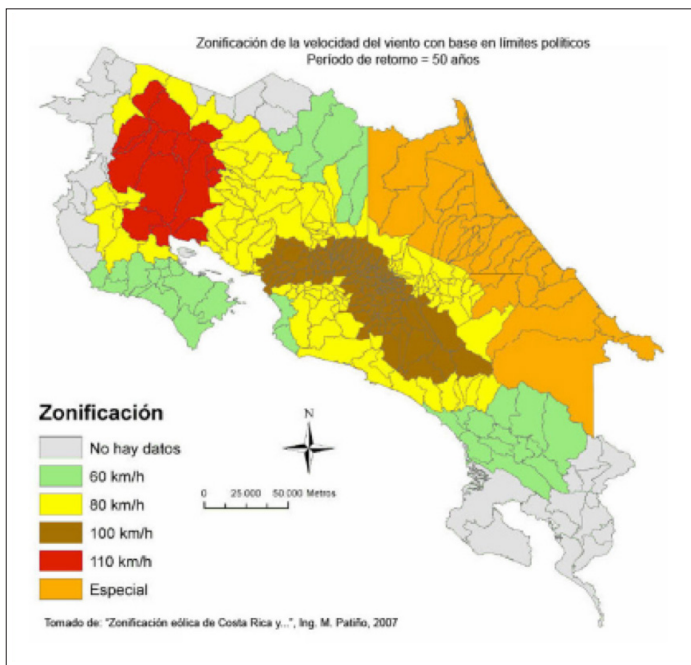


Figura 9. Mapa de velocidades de viento por zonas para Costa Rica con base en límites políticos para un período de retorno de 50 años⁵
Fuente: Patiño, 2007

⁵ Los datos utilizados por Patiño, y por lo tanto las velocidades resultantes del análisis, corresponden a velocidades máximas promedio en un período de 1 hora, medidas a 10m de altura.

⁶ La velocidad de 110 km/h corresponde a la velocidad máxima promedio de 1 hora. Si se realizara una conversión a la velocidad máxima promedio de 1 minuto, formato utilizado en la escala Saffir-Simpson, la magnitud de la velocidad sería aún mayor.

Cabe mencionar que el Ing. Mauricio Patiño elaboró en el año 2007 un mapa de velocidades de viento para Costa Rica como parte de su tesis de grado. Patiño realizó un análisis estadístico de los datos de las estaciones de medición de viento del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) para generar información acerca de las velocidades máximas del viento en casi la totalidad del territorio nacional. La Figura 9 muestra el mapa propuesto de las velocidades del viento por zonas para Costa Rica con base en límites políticos.

Debe aclararse que el análisis de datos de Patiño (2007) contó con varias limitantes, por ejemplo, los registros de las estaciones de medición utilizados no abarcan la totalidad del territorio nacional y en muchos casos presentan pocos años de registro. Esto obligó a realizar varios supuestos a la hora de efectuar el análisis, como asumir una misma distribución de probabilidad para todas las series de datos y suponer que el viento mantendrá un comportamiento similar en años futuros. Consecuentemente, la zonificación por viento obtenida es solamente una aproximación y más estudios son necesarios para elaborar un mapa de viento más preciso.

Las velocidades de viento propuestas por Patiño (2007) se obtuvieron para un período de retorno de 50 años, es decir, es probable que se excedan en promedio solo una vez cada 50 años. Se puede observar que para este período de retorno, zonas de la provincia de Guanacaste pueden llegar a presentar vientos de hasta 110 km/h. Si se refiere nuevamente a la escala Saffir-Simpson, esta velocidad es cercana a la que produce un huracán de Categoría 1⁶. En el caso del Valle Central, que concentra la mayor parte de la población del país, el viento alcanzaría los 100 km/h, por lo que las fuerzas de viento son significativas y podrían regir el diseño estructural en esta zona.

La provincia de Limón es catalogada como especial ya que es la zona más propensa a recibir los efectos de huracanes formados en el Atlántico, hecho que también debe considerarse en el diseño de estructuras. Para esta zona, Patiño (2007) recomienda utilizar una velocidad de diseño de 210 km/h para el cálculo de la fuerza de viento.

LIMITACIONES DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA ESTIMAR LAS FUERZAS DE VIENTO EN COSTA RICA

La situación de nuestro país, donde los fuertes vientos que se desarrollan inducen relativamente pocos daños materiales y pérdidas humanas prácticamente nulas, podría estar fomentando la idea de que el efecto del viento sobre estructuras es despreciable y, por lo tanto, éste no representa una amenaza seria para las estructuras que se construyen en el territorio nacional. La falta de estímulo que surge a raíz de esta situación podría explicar el hecho de que Costa Rica aún no cuente con un código de viento actualizado.

Los requerimientos para estimar las fuerzas de viento sobre estructuras en Costa Rica se incluyen en el Capítulo 20 del Reglamento de Construcciones (1983). Este capítulo presenta un procedimiento básico para calcular las fuerzas de diseño sobre edificaciones cerradas y abiertas, muros aislados, tuberías, chimeneas industriales y estructuras reticuladas. Explícitamente indica que la normativa aplica a toda construcción, excepto puentes, líneas de transmisión y otras estructuras que por su concepción estructural requieren un análisis de vibraciones aeroelásticas. El método toma en cuenta la velocidad del viento en la zona, la altura sobre el terreno, la rugosidad del entorno, la forma de la estructura y sus aberturas, y un coeficiente de uso que está asociado a la importancia de la estructura.

Sin embargo, el Ing. Jorge Gutiérrez (2005) calificó el procedimiento recomendado en el Reglamento de Construcciones como “desactualizado e incompleto”. Gutiérrez menciona que el método es muy simplificado y además deja por fuera consideraciones importantes, como son los efectos de las presiones internas, el uso de procedimientos experimentales o alternativos, y el efecto del impacto de objetos volantes, escombros o lluvia impulsada por el viento.

Otra debilidad substancial del Reglamento según Gutiérrez (2005) es la ausencia de mapas eólicos que incluyan las velocidades de diseño para todo el país. Como ya se mencionó, la velocidad de diseño por viento es un parámetro indispensable para estimar la fuerza de diseño, por lo que su inclusión en una normativa nacional para el diseño por viento es obligatoria. El Reglamento de Construcciones, sin embargo, sólo especifica valores generalizados de la presión básica del viento, parámetro que se relaciona con la velocidad de diseño mediante la siguiente expresión:

$$\text{Presión} = 0.005 \cdot (\text{Velocidad})^2 \quad \blacktriangleright \quad \text{Velocidad} = \sqrt{\text{Presión}/0.005}$$

Las presiones de diseño que se muestran en el Cuadro 3 e incluidas en el reglamento de Construcciones (1983) son función de la altura sobre el terreno de la construcción y la rugosidad de la zona, específicamente si la construcción está ubicada en la ciudad o en campo abierto. Dado que los valores aplican por igual a todo el territorio nacional, éstos pueden ser muy conservadores o alejados de la realidad en ciertas zonas del país. Además, este método aplica únicamente para construcciones de hasta 100 m de altura.

Cuadro 3. Velocidad de diseño del Reglamento de Construcciones según la altura sobre el terreno y la rugosidad

Altura sobre el terreno h (m)	Ciudades		Campo abierto	
	Presión básica (kg/m ²)	Velocidad de diseño (km/h)	Presión básica (kg/m ²)	Velocidad de diseño (km/h)
0	55	105	70	118
7	64	113	95	138
10	67	116	105	145
15	75	122	120	155
20	85	130	125	158
30	95	138	135	164
40	105	145	145	170
50	110	148	150	173
75	120	155	165	182
100	130	161	170	184

Fuente: Reglamento de Construcciones (1983)

LA ELABORACIÓN DE UN CÓDIGO DE VIENTO ACTUALIZADO PARA COSTA RICA

Gutiérrez (2005) concluye que la escasa y desactualizada información que contiene el Reglamento de Construcciones sobre el cálculo y la aplicación de las fuerzas de diseño por viento es evidencia suficiente del bajo riesgo con que se consideran los efectos del viento sobre estructuras en Costa Rica. A pesar de ello, tanto Gutiérrez como Patiño coinciden en la necesidad de preparar un código de viento actualizado que permita estimar las fuerzas de viento y que especifique cómo éstas deben ser aplicadas a distintas estructuras dependiendo de su configuración.

Se recomienda considerar la normativa internacional existente para la preparación de un código de viento para Costa Rica. Varios países y organizaciones cuentan con códigos para la



a) ASCE 7-10

b) Código Modelo de Construcción para Cargas de Viento

c) ISO 435

d) AS/NZS 1170.2

Figura 10. Portadas de códigos de viento internacionales

estimación y aplicación de fuerzas de viento. A continuación se mencionan algunos de los documentos más importantes:

- ASCE 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. Este documento de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés) incluye diversos métodos para calcular las cargas mínimas de diseño aplicables a edificios y otras estructuras, incluidas las cargas de viento.
- *Código Modelo de Construcción para Cargas de Viento*, elaborado por la Asociación de Estados Caribeños (AEC). Este documento, basado en el ASCE 7, constituye un modelo base para la elaboración de códigos de viento en países del Caribe, región constantemente afectada por huracanes.
- ISO 4354, *Wind Actions on Structures*. Documento de la Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés), enfocado específicamente en el efecto del viento sobre estructuras.
- AS/NZS 1170.2, *Structural Design Actions*. Documento estándar de Australia y Nueva Zelanda para el diseño de estructuras debido a fuerzas de viento.

Cabe mencionar que en la elaboración del Código Modelo de Construcción para Cargas de Viento de la AEC participaron los ingenieros de la Universidad de Costa Rica Jorge Gutiérrez y Guillermo Santana, lo que demuestra que ya ha habido esfuerzos en el país por implementar este tipo de medidas en el país.

CONCLUSIONES

El poco daño y la pérdida de vidas humanas prácticamente inexistente que han producido los fuertes vientos, así como el hecho de que las fuerzas inducidas por sismo rigen, en la mayoría de los casos, el diseño estructural, son las principales razones que explican por qué en Costa Rica el efecto del viento sobre estructuras no recibe la importancia que realmente merece. Esta situación ha generado un desconocimiento sobre el comportamiento de estructuras sujetas a fuertes vientos y una falta de comprensión de los conceptos detrás del cálculo de las fuerzas de viento y su aplicación a distintas estructuras. Evidencia de esta situación es el hecho de que la última normativa de viento costarricense, además de incompleta, fue publicada en 1983.

Debido a la falta de una publicación oficial actualizada y completa donde se especifique cómo estimar y aplicar las fuerzas de diseño de viento sobre una estructura, se recomienda elaborar un código de viento que sustituya la metodología incluida en el Reglamento de Construcciones. El Programa de Ingeniería Estructural considera conveniente utilizar como base para la elaboración de dicho código, el capítulo 26 del ASCE 7-10, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, adaptando su contenido a la realidad y las necesidades del país.

El nuevo código de viento debe incluir, adicionalmente, mapas de velocidades de viento para diferentes períodos de retorno aplicables según la importancia de la estructura. Dado que en Costa Rica aún no se han elaborado mapas eólicos oficiales, es

necesario realizar estudios de velocidades del viento mediante el análisis de datos registrados en estaciones de medición existentes.

Contar con un código de diseño propio, completo y actualizado puede evitar futuros incidentes producto de vientos fuertes en un país donde los centros urbanos crecen aceleradamente. A pesar de que en Costa Rica sí se han dado casos de daños inducidos por fuertes vientos, al día de hoy no se ha presentado un evento extremo que incentive la preparación de un código de viento actualizado. Sin embargo, en lugar de esperar a que el viento provoque daños materiales significativos, así como la pérdida de vidas humanas, es recomendable que el país tome medidas para prevenir daños por fuertes vientos en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- AEC. (2003). Código modelo de construcción para cargas de viento. Asociación de Estados del Caribe. Puerto España, Trinidad & Tobago.
- Alvarado, L., Alfaro, E. (2003). Frecuencia de ciclones tropicales que afectaron a Costa Rica durante el siglo XX. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos, Vol. 10.
- American Society of Civil Engineers. (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-10. Reston, Virginia, EE.UU.
- Brenes, A., Saborío, V. (1995). Vientos que afectan a Costa Rica. Elementos de climatología: su aplicación didáctica a Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia, p. 77-80.
- Comisión Nacional de Emergencias. (2013). ¿Qué es un huracán? CNE. Tomado de: <http://www.cne.go.cr/index.php/gestireventiva-la-instituci40/36-educacion-y-asesoria/82-huracan>
- Department of Regional Development and Environment Executive Secretariat for Economic and Social Affairs Organization of American States. (1991). Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning. Washington D.C., EE.UU.
- Gutiérrez, J. (2005). Evaluación de código por viento. University of the West Indies, Jamaica.
- Holmes, J. (2007). Wind Loading Structures. Taylor & Francis. Nueva York, EE. UU.
- International Organization for Standardization. (2009). Wind Actions on Structures, ISO 4354-2009.
- National Hurricane Center. (2014). Tropical Cyclone Climatology. NHC. Florida, EE.UU. Tomado de <http://www.nhc.noaa.gov/climo/>
- Patiño, M. (2007). Mapa de velocidades de viento para Costa Rica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Reglamento de construcciones. (1983). Diario oficial La Gaceta, Marzo 22, 1983.
- Segura, J. (7 de marzo de 2015). Fuertes vientos causaron daños en Guanacaste. Diario La Nación.
- Standards Australia/Standards New Zealand. (2002). Structural Design Actions. Part 2: Wind Actions, AS/NZS 1170.2. Sydney, Australia; Wellington, Nueva Zelanda.
- Torres, J. (6 de enero de 2015). Fuertes vientos derriban enorme rótulo en Tibás. www.crhoy.com
- Torres, J. (6 de enero de 2015). Pared y cielorraso colapsan en comercial Expresso Tibás. www.crhoy.com
- Unysis Weather. (2010). 1969 Hurricane/Tropical Data for Atlantic. Unysis Corporation. Tomado de <http://www.weather.unysis.com/>
- ZIFBoards. (2010). 1969 Atlantic Archives: Hurricane Martha. Tomado de <http://z7.invisionfree.com/TWW3/ar/t395.htm>