

TORMENTAS INTENSAS Y SEGURIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES: REFLEXIONES Y ENSEÑANZAS

Balbastro, Gustavo; Natalini, Bruno; Morel, Claudia A.
Dr. Ing. Civil; Ing. Mec. Ph.D.; Msc. Ing. Construcciones
UTN-FRP; UNNE; UNNE

gbalbastro@frp.utn.edu.ar; bruno.natalini@ing.unne.edu.ar; cmorel@ing.unne.edu.ar

RESUMEN

Con una frecuencia que parece mayor a la implícita en los reglamentos de estructuras se tienen noticias de tormentas con vientos que producen daños en construcciones de distinto tipo, que llegan en algunos casos a la destrucción total y con el lamentable saldo de lesiones a las personas e incluso pérdidas de vidas.

No forma parte del comentario y la reflexión pública de estos casos la pregunta de por qué se producen o qué se puede hacer para evitarlos, casi dando por sentada una fatalidad inevitable y, en todo caso, la crónica pasa por la respuesta y la ayuda a los afectados, enfatizando actitudes solidarias muy loables.

Partiendo del análisis de algunos eventos en este trabajo se intenta poner de manifiesto algunos aspectos que, desde la ingeniería, deberían servir a evitar o minimizar a la sociedad los efectos negativos de estos eventos.

ABSTRACT

News reports of strong winds and storms that cause damage to different types of buildings, reaching total destruction in some cases, and the unfortunate result of injuries to people and even losses of life seem to have a greater frequency than the one implicit in structural regulations. The question of why they occur or what can be done to avoid them does not appear in the public commentary and reflection on these cases, almost taking for granted an inevitable fate and, in any case, the chronicle highlights the response and aids to those affected, emphasizing laudable attitudes of solidarity. Starting from analysing some events, this work highlights some aspects that, from engineering, should serve to avoid or minimize the negative effects of these events on society.

LA SEGURIDAD EN LAS CONSTRUCCIONES

Las construcciones son una parte esencial del desenvolvimiento de la vida en la
Organiza:

sociedad, en ellas las personas pasamos gran parte de nuestro tiempo trabajando, descansando, estudiando, curándonos, comerciando o divirtiéndonos. Las usamos también para guardar bienes, protegerlos de las inclemencias climáticas, etc.

Tenemos incorporado que es en las construcciones donde podemos encontrar refugio y protección. Es por eso que la falla, el colapso, de una construcción representa un hecho singularmente traumático para quienes son afectados.

De los múltiples aspectos que pueden afectar la seguridad en las construcciones nos ocupan los asociados a las fallas en las estructuras o elementos de cerramiento.

Para evitar las fallas que provocan el colapso de las estructuras, o al menos reducir a niveles razonablemente aceptables su probabilidad de ocurrencia, la ingeniería estructural ha ido acumulando un bagaje de conocimientos sobre el comportamiento de los materiales, las acciones sobre las estructuras, los métodos de análisis, las tecnologías constructivas, que pueden considerarse recopilados en las distintas normas y reglamentos del tema. En particular, en la República Argentina esta función la cumple el cuerpo de los reglamentos CIRSOC, cuya primera generación se gestó hacia finales de los años '70 del siglo pasado, en un primer intento de contar con un cuerpo sistemático de alcance nacional. La segunda generación se gestó a principios de este siglo y actualmente asistimos al surgimiento de la tercera.

Para evaluar de manera racional las cargas debidas al viento que se deben considerar en el diseño de una construcción actualmente rige el reglamento 102 (CIRSOC 2005). Este se debe emplear en conjunto con los demás reglamentos CIRSOC para cada acción así como los referidos a las especificaciones de diseño y construcción de cada material, complementados en varios casos con normas IRAM específicas.

En manos de un profesional competente este conjunto, al igual que otros cuerpos normativos de los distintos países, apunta a producir construcciones con una probabilidad de falla y de daños a las personas que resulte muy inferior a la asociada a otros eventos potencialmente traumáticos (Melchers 2002).

TORMENTAS INTENSAS Y VIENTOS EXTREMOS

Uno de los posibles agentes a los que debe hacer frente una construcción son las presiones debidas al viento. En el uso cotidiano de una construcción la distribución de diferentes presiones debidas al viento en cada pared y la cubierta puede favorecer a la ventilación y el confort de los ocupantes. No obstante, durante eventos meteorológicos severos la velocidad del viento puede alcanzar valores importantes. Dado que las presiones que produce el viento están asociadas al cuadrado de la velocidad (1) (CIRSOC 2024), estas crecen muy rápidamente, así como los efectos de carga que se producen sobre la edificación.

$$q_z = 0,613 K_z K_{zt} K_d K_e V^2 \quad (1)$$

Organiza:

En la ecuación (1) se proporciona la presión dinámica q_z , que depende de la velocidad de ráfaga V y está afectada por los coeficientes K_i , que modelan ciertos parámetros tales como el terreno a barlovento, la topografía, direccionalidad e influencia de la altitud en la presión atmosférica.

Existen distintos fenómenos meteorológicos capaces de producir vientos intensos que son de interés. Algunos también pueden producir otros efectos potencialmente serios tales como lluvias copiosas, granizo, marejadas, inundaciones, no obstante nos ocuparemos en este trabajo sólo del viento.

El tamaño del área afectada, la duración del evento y las características del campo de velocidades, incluidos los valores máximos, dependen del tipo de fenómeno que le da origen.

Las áreas afectadas pueden ir desde frentes de cientos de kilómetros y varias horas de duración como en el caso de los ciclones tropicales -conocidos como huracanes, tifones o ciclones en distintas partes del mundo-, algunos kilómetros cuadrados en las tormentas eléctricas y alrededor de media hora de duración -bastante frecuentes en gran parte de nuestro país- o franjas del orden de un centenar de metros de ancho por unos pocos kilómetros de largo, en el caso de los tornados, con duraciones de unos minutos.

Los campos de velocidades son también muy diferentes, con una alta rotación y hasta unos 400 km/h durante los tornados, esencialmente horizontales de hasta unos 250 km/h en los ciclones tropicales y con ráfagas de hasta unos 180 o 200 km/h, con componentes verticales significativas y direcciones divergentes, en las tormentas eléctricas con corrientes descendentes.

UNA CUESTIÓN DE PROBABILIDADES

Si bien queda mucho campo abierto a la investigación, los reglamentos contienen valores de velocidad para cada ubicación que están basados en el estudio de series temporales ajustadas con alguna distribución de probabilidad de valores extremos, que en la práctica son una buena representación de a lo que razonablemente una estructura podrá estar expuesta.

El actual reglamento CIRSOC 102, por ejemplo, contiene un mapa de velocidades de ráfaga (V) con una recurrencia media de 50 años.

Esto significa que una construcción con una vida útil de 50 años tiene una probabilidad excedencia de la velocidad básica correspondiente a su ubicación del 64% (CIRSOC 2005b).

Puede verse entonces que es más probable que esta velocidad sea superada o excedida durante la vida útil de que no lo sea. Por tal motivo, a los fines del diseño, los distintos reglamentos CIRSOC multiplican las presiones debidas a esta velocidad por un factor de mayoración de 1,5 o 1,6 para obtener el estado límite último (ELU)

Organiza:

cuando el viento es acción principal. Esto equivale a considerar una velocidad de viento con un período de recurrencia medio de ≈ 700 años para construcciones de categoría de riesgo medio, como es el caso de las viviendas, oficinas, etc. (ASCE 2019).

Considerando velocidades con recurrencias de este orden, la probabilidad de ser igualadas o excedidas estas velocidades durante un tiempo de exposición de 50 años baja a un 6,9% (ASCE 2019) mientras que para un tiempo de exposición de 1 año la probabilidad de excedencia es de 0,14%.

Cabe mencionar que el análisis anterior no cambia si se hace tomando el proyecto recientemente puesto en discusión pública, con las correspondientes adaptaciones (CIRSOC 2024).

En la República Argentina hay alrededor de 1300 municipios. En una aproximación grosera se podría tomar este número como representativos de la cantidad de núcleos urbanos, donde se concentra la mayor parte de los 17,8 millones de viviendas que hay en el país (INDEC 2023).

Cada uno de estos núcleos experimentará una vez al año una velocidad de viento máxima observable. En una nueva aproximación podría considerarse que cada una de estas observaciones corresponden a eventos independientes, por lo que pueden tomarse como realizaciones de la variable aleatoria "velocidad de viento máxima anual".

Para colocarse del lado de la seguridad podría aceptarse que en los grandes municipios, dada su extensión geográfica, podrían observarse más de una realización independiente; como si se trataran de varios núcleos urbanos diferentes.

Con esta suposición, siendo conservadores se podría estimar que en Argentina el número de realizaciones independientes observables de la variable "velocidad de viento máxima anual" no supera las 1500. Si la probabilidad de excedencia anual de esa variable es del 0,14%, como se mostró antes, este porcentaje aplicado a las 1500 realizaciones independientes de la variable aleatoria es igual a 2,1. Es decir que, en promedio, cada año deberían observarse velocidades por encima de las de diseño en no más de dos núcleos urbanos en todo el territorio nacional; ergo, en un año cualquiera, deberían reportarse daños en no más de dos núcleos urbanos. El resto de los eventos deberían ocurrir en zonas aisladas, donde es mucho menos probable que impacten en una construcción.

Lo anterior es sin tomar en cuenta que la excedencia de la velocidad de diseño no debería implicar inmediatamente la falla, ya que justamente dicha velocidad es la que define uno de los ELU, que son requisitos que debe cumplir el diseño estructural.

Un análisis detallado de probabilidad condicional excede los límites de este trabajo, sin embargo, puede tenerse un panorama rápido considerando que para las construcciones tipo vivienda la probabilidad de falla anual objetivo -la que se busca

Organiza:

alcanzar con el conjunto del sistema reglamentario- es de $p_f = 7E-7$, como muestra la Tabla 1.13-1 de ASCE (2019), si se consideran las fallas súbitas y daño generalizado. Por lo tanto, en el parque de viviendas argentino de 17,8 millones podrían esperarse, en promedio, $17,8E6 \cdot 7E-7 \approx 12$ casos de colapsos debidos a vientos, si fuera este el único agente que amenace la integridad de las construcciones. Dado que la mencionada probabilidad cubre la totalidad de acciones, el número real de colapsos por causa exclusiva del viento debería ser incluso menor. Si se consideran también las fallas que no producen daño generalizado la probabilidad anual objetivo es de $p_f = 3E-5$, lo que implicaría unos 530 casos por año de daños de menor cuantía.

LO QUE MUESTRA LA PRÁCTICA

Distintos estudios de fallas de construcciones debidas al viento, realizados mediante inspecciones pos-tormenta de casos concretos (Balbastro y Sonzogni, 2008; Natalini et al. 2012) que incluyeron metaanálisis de fuentes secundarias muestran que las fallas generalmente se han producido a valores de velocidad de viento bastante menores a las asociadas al reglamento, incluso del orden de la mitad de la velocidad básica del reglamento.

Una revisión de notas periodísticas en la provincia de Entre Ríos, entre 2007 y 2013, estimó más de 900 construcciones de categoría viviendas con daños de distinto alcance debidos al viento, con cinco personas fallecidas, en 108 eventos. La máxima velocidad que se pudo identificar en estos eventos fue de 111 km/h (30,8 m/s), y se registraron daños con velocidades de incluso 80 km/h (22 m/s). Esto equivale, aproximadamente, a velocidades entre el 45% y el 60% de V , lo que representa presiones de viento de, a lo sumo, un 25% de las correspondientes al ELU. El análisis preliminar de eventos más recientes da relaciones similares (Balbastro 2024).

Se observan dos características, la primera es que las fallas registradas se producen para valores de velocidad de viento muy por debajo de los que están asociados al cuerpo reglamentario, la segunda es que la cantidad de fallas registradas, incluso considerando el limitado alcance geográfico de los estudios disponibles, es muy superior a les que se podrían esperar de cumplirse los objetivos de probabilidad de falla.

El análisis detallado de las fallas muestra muchas causas comunes que pueden atribuirse, en general, a informalidad y falta de controles competentes, incluso subestimación de los efectos del viento o no observación de los reglamentos (GAEMA 2011).

Blessmann (1986) clasifica las causas de las fallas de las construcciones debidas al viento en estructurales y aerodinámicas. Estas causas pueden ser interpretadas directamente desde la ingeniería estructural, y a su prevención están dedicados los reglamentos.

Sin embargo en los casos que se pudo estudiar se encontró, en general, falta control
Organiza:

de los organismos competentes, falta de intervención del ingeniero o participación irregular de este en el proceso de diseño y construcción, distorsión de la competencia que presiona la ética de los participantes y desconocimiento por parte de los comitentes. Por este último aspecto este recurre a quienes supuestamente saben, y no siempre es así.

Todo esto configura una verdadera causa sistémica, que dificulta el sano desempeño de la profesión de la ingeniería estructural, con un impacto social negativo, que se mide en pérdidas de vidas, daños materiales, disrupción de las actividades normales, necesidad de asistencia del Estado, etc., que sería evitable si se aplicaran correctamente las reglas compiladas en los reglamentos.

CONCLUSIONES

Resulta necesario un trabajo desde las universidades y las entidades profesionales para difundir la situación, esclarecer y advertir a los comitentes sobre la necesidad de la completa participación del ingeniero estructural en la materia de su competencia. A su vez desde el estado ejercer los controles pertinentes.

Es evidente que se van a seguir realizando obras por autoconstrucción, por lo cual la elaboración y difusión de guías de buenas prácticas, detalles constructivos simples para los casos más habituales -por ejemplo, los anclajes de las correas para cubiertas de chapa- que puedan ser adoptados por los albañiles y constructores improvisados aun sin la participación de profesionales, redundarán en la reducción de estas situaciones lamentables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCE (2022). ASCE/SEI 7-22 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers.

Balbastro, G., Sonzogni, V. (2008). Colapso de estructuras de galpones durante tormentas severas Rev. Int. Desastres Naturales e Infraestructura Civil Vol. 8, No 1, pp. 37-56.

Balbastro, G., Dorella, J. (2017). PID ECOTIPA0004960TC (reporte). UTN.

CIRSOC (2005). Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones CIRSOC 102. INTI.

CIRSOC (2005b). Comentarios al Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones CIRSOC 102. INTI.

CIRSOC (2024). Reglamento argentino de acción del viento sobre las construcciones CIRSOC 102. Proyecto en discusión pública nacional. INTI.

Balbastro, G. (2024/04/01). Tormentas severas y seguridad en las construcciones: reflexiones y enseñanzas. [Seminario]. Asociación de Ingenieros Estructurales.

GAEMA (2011). Colapso do edifício Real Class sito à travessa 3 de Maio, 1134,1138

Organiza:



e 1146. [Laudo pericial]. UFPA.

INDEC (2023) Censo nacional de población, hogares y viviendas 2022: resultados provisionales (1a ed.). Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Melchers, R (2002). Structural reliability analysis and prediction (2nd ed.). Wiley.

Natalini, B., Lassig, J., Natalini, M.B., Palese, C. (2012) Damaging wind storms in North Eastern Argentina: seven case studies. Wind And Structures 15(2). DOI: 10.12989/was.2012.15.2.147.

Organiza:



Tel/Fax: [+54] 11 5252.8838 | Whatsapp: [+54 9] 11 3180.3746 | Hipólito Yrigoyen 1144 Piso 1° - Of. 2 | Buenos Aires
Horario de atención: de lunes a viernes de 13:00 a 18:00 hs. | Mail: info@jornadasaie.org.ar - www.jornadasaie.org.ar