

PROYECTO DE RELEVAMIENTO DE DAÑOS CAUSADOS POR EL VIENTO EN LA PROVINCIA DEL CHACO

Dr. Bruno Natalini / Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste / Resistencia, Argentina.

Desde 1993 trabaja en la Facultad de Ingeniería de la UNNE, donde ingresó como becario de posgrado. Actualmente es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva. Trabaja en programas de investigación y actividades de consultoría de ingeniería de viento.

Dr. Mario Bruno Natalini / Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste / Resistencia, Argentina.

Ejerció como Agrimensor desde 1950 a 1959, y como Ingeniero Civil desde 1954 hasta el presente. Es profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNNE desde 1959. Trabaja en investigación y consultoría en el área de estructuras. Es director del Instituto de Estabilidad y es Par Evaluador de la CONEAU.

Dr. Adrián Roberto Wittwer / Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste / Resistencia, Argentina.

Desde 1991 trabaja en la Facultad de Ingeniería de la UNNE, donde ingresó como becario de posgrado. Actualmente es Profesor Adjunto con dedicación exclusiva. Trabaja en programas de investigación y actividades de consultoría de ingeniería de viento. Es Par Evaluador de la CONEAU.

RESUMEN

A nivel global, los daños producidos por la acción del viento sobre estructuras civiles, evaluados en periodos de tiempo relativamente largos, son similares o mayores a los que se producen por acción sísmica. Respecto a la situación en nuestro país, no es posible cuantificar la gravedad del fenómeno dada la falta de información exhaustiva sobre el mismo. Existe una valiosa fuente de datos que es el registro de eventos que lleva desde 1971 el Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA; desafortunadamente la información está centrada en los aspectos meteorológicos y no permite evaluar claramente el origen de los daños y por lo tanto, si éstos son evitables o al menos mitigables.

En la Provincia del Chaco, se encuentra en ejecución un proyecto de tres años para estudiar los daños causados por el viento. El objetivo general del mismo es generar información útil para la implementación de políticas públicas sobre mitigación de daños causados por la acción del viento y que sea adecuada para guiar la formulación de planes de investigación. En este trabajo se presenta el proyecto y se hace una revisión de los antecedentes y aspectos metodológicos a tener en cuenta.

ABSTRACT

At a global level, the damage caused by wind action on civil structures, when evaluated on relatively long periods of time, is similar or even bigger (depending on the source) to the ones caused by seismic action. Regarding the situation in our country, it is not possible to quantify the significance of the phenomenon due to lack of exhaustive information on the subject. There is a valuable data source, which is the survey of incidents that the Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA keeps since 1971. Unfortunately, the information is mainly concerned with meteorological aspects and hence, it is not useful for identification of the origin of the damages, and consequently whether they can be avoided or at least mitigated.

In the Chaco Province, a three years project to study the damage caused by the wind is being carried out. The objective is to produce information useful for implementing public policies about mitigation of wind damage while being adequate for guiding the formulation of research plans. In this work the project is presented and a review on antecedents and methodological aspects is made.

1. INTRODUCCIÓN

Los daños producidos por la acción del viento, evaluados en periodos de tiempo relativamente largos, dependiendo de la fuente, son similares o mayores a los que se producen por acción sísmica. Por ejemplo, de acuerdo a registros de las compañías aseguradoras a nivel mundial, que comprenden el período entre 1970 y 1999, las tormentas de viento son responsables del 70 % de las pérdidas materiales¹. Teniendo en cuenta que es menos frecuente asegurar las propiedades en los países subdesarrollados, estos datos son más representativos de lo que ocurre en las economías ricas.

Por otra parte, de acuerdo a un estudio comisionado por la National Science Foundation², en USA el viento es el fenómeno natural que causa las mayores pérdidas económicas, superando terremotos, volcanes, suelo expansivo e inundaciones fluviales. También se demostró que los vientos fuertes matan más personas (en USA) que cualquier otro desastre natural, promediando 350 personas por año.

A partir del 1987 se percibe un aumento significativo de los daños llegándose a niveles de 25 mil millones de dólares en la década del '90. Si en los países desarrollados el viento origina problemas de tal magnitud, cabe interrogarse porqué no ocurre esto mismo en Argentina, o si ocurre porque no existe una planificación para mitigarlos.

En Argentina, existen registros de eventos (daños causados por el viento) realizados por el Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Este grupo, liderado por Maria L. A. de Schwarzkopf y L. Rosso, trabajó durante un período de aproximadamente 30 años, comenzando en 1971, en la recopilación de datos de campo y fuentes secundarias sobre tormentas severas en la Argentina y en la formulación de modelos para predecir la ocurrencia de tornados. Esto llevó a que Argentina sea uno de los pocos países que cuenta con un modelo de predicción de ocurrencia de tornados³. Estos registros son una valiosa fuente, pero se caracterizan por centrarse en los aspectos

meteorológicos, es decir, la información que se presenta no permite evaluar claramente el origen de los daños y por lo tanto, si éstos son evitables o al menos mitigables.

La falta de información disponible sobre los daños causados por el viento origina problemas en la esfera de las políticas públicas y en el área académica. En lo que respecta a la prevención de accidentes causados por el viento, Argentina cuenta con un reglamento para obras civiles, el CIRSOC 102⁴, de una agencia del INTI, que no es de aplicación obligatoria fuera de las obras públicas nacionales. Asimismo, para líneas de transmisión, el reglamento más usado para el diseño de líneas de alta tensión es la norma DIN VDE 0210/12.85⁵, que, además de cierta obsolescencia, se usa con un criterio cuestionable⁶. Se intentó subsanar esta falencia mediante el reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina⁷, que es aún más cuestionable que el DIN-VDE 0210/12.85. Por otra parte, la situación es todavía más crítica si se mira lo que ocurre con las construcciones en la que no se aplicó ninguna normativa, categoría que comprende a la mayoría e incluye a las viviendas precarias. Es en este grupo donde, en países donde existen estudios pertinentes, se observa la mayor cantidad de accidentes, y hacia el cual nuestro país no tiene ninguna política de prevención.

Todas estas consideraciones reflejan cierta prescindencia por parte del estado con respecto a esta problemática, que lleva a pensar que los daños causados por el viento no son considerados un problema, pese a que la información recolectada por Schwarzkopf⁸, indica claramente lo contrario.

En la esfera académica, sería deseable disponer de información que vaya más allá de los aspectos meteorológicos para guiar la investigación en Ingeniería de Viento y en particular en Aerodinámica de Estructuras. Existen razones para creer que líneas de investigación centradas en el comportamiento aerodinámico de estructuras durante un tornado, tecnologías constructivas en edificios que han sido diseñados sin criterios reglamentarios y tipologías estructurales propias de nuestra zona, pueden ser relevantes para la mitigación de daños causados por el viento en nuestra región.

Esta situación llevó a formular un proyecto de tres años denominado "Relevamiento de daños causados por el viento en la Provincia del Chaco". A través de la implementación del proyecto se pretende discernir si las conjeturas mencionadas en el párrafo anterior tienen fundamento y obtener herramientas para permitir una apropiada intervención del estado por medio de la formulación de políticas públicas. Además, en un horizonte de más largo plazo, se busca orientar nuevos proyectos y, finalmente, ampliar el campo de aplicación del Laboratorio de Aerodinámica de la Facultad de Ingeniería de la UNNE en sus aspectos vinculados a la generación e intercambio de conocimientos científicos, transferencia de servicio y desarrollo tecnológico al medio, y aportes a la comunidad académica y científica.

2. ANTECEDENTES DE ESTUDIOS DE ACCIDENTES

Existen numerosos antecedentes de programas similares, sobre los cuales el presente plan de trabajo se basa. En Brasil, el Prof. Blessmann, publicó en 1971 un minucioso trabajo de recopilación de accidentes causados por el viento en Brasil (especialmente en el estado de Rio Grande Do-Sul) y en el mundo, con una fuerte impronta del área de Ingeniería Estructural. Además de la recopilación de

accidentes, Blessmann estudió las causas aerodinámicas y estructurales de los accidentes. Este trabajo ha sido actualizado y su última edición es de 2001⁹.

En el contexto internacional, se pueden encontrar planes más amplios y ambiciosos que apuntan directamente a la prevención y mitigación de los daños causados por el viento. Estos planes incluyen el mejoramiento de las técnicas constructivas de viviendas y de los códigos, además de incentivar la calidad constructiva a través de los seguros, educación pública, transferencia de tecnologías y fondos adecuados para investigación en mitigación de daños por viento. Por ejemplo, en Gran Bretaña el relevamiento de daños causado por el viento iniciado en 1962 por el Building Research Establishment (BRE)¹⁰, se destaca por su magnitud y rigor metodológico en una época en que aún no existía la Ingeniería de Viento como tal (el término Ingeniería de Viento fue introducido por J. Cermack a principios de los '70¹¹). Existen otros estudios contemporáneos a éste, pero que se refieren a casos particulares que por su singularidad e importancia concentraron la atención de los especialistas, tal como el colapso de las torres de enfriamiento de Ferrybridge¹²; o se refieren a determinadas tormentas, tal como la que azotó Yorkshire en febrero de 1962¹³. A diferencia de éstos, el trabajo del BRE cubre todas las tormentas en toda Gran Bretaña entre 1962 a 1976.

En USA, a principios de los '70 un equipo de investigadores del departamento de Ingeniería Civil de Texas Tech unió fuerzas con un comité especial del National Research Council de Estados Unidos para documentar daño y destrucción en edificios ocasionados por tornados, dando origen al Institute for Disaster Research (IDR). El IDR organizó y coordinó los primeros programas de mitigación de riesgos por tornados, proveyendo de información al National Weather Service, la Nuclear Regulatory Commission, y a la población. Con el apoyo financiero del National Science Foundation (NSF), la Defense Civil Preparedness Agency (actualmente FEMA), el National Severe Storms Laboratory (NSSL) y el estado de Texas, el instituto publicó artículos, reportes e instrucciones para la protección de ocupantes de edificios. En 1980 el IDR cambió su nombre a Wind Science and Engineering (WISE) Research Center, y expandió su programa hacia un enfoque multidisciplinario.

En 1985, la American Society of Civil Engineering (ASCE) convocó a un comité de tareas en mitigación de daños por vientos severos que culminó en 1988 con la publicación de un reporte publicado en nueve artículos en el Journal of Aerospace Engineering¹⁴. Se propusieron planes de prevención y mitigación que abarcaban políticas en educación pública, mejora de los códigos de construcción, mejora en la aplicación de los códigos, cambio en las políticas de las compañías de seguro, orientación de la investigación, transferencia de los hallazgos de la investigación a la práctica profesional, mejora de los pronósticos y sistemas de alerta meteorológicos, y cooperación internacional en la implementación de estas políticas.

En esta misma línea, el 11 de diciembre de 1987, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró la década del '90 "Década internacional de reducción de desastres naturales". Los objetivos establecidos para todas las naciones por NU para el año 2000 fueron: a) Llegar a contar con valoraciones exhaustivas de riesgo por fenómenos naturales que estuviesen incluidas en los planes de desarrollo, b) contar con planes de mitigación a nivel local y nacional incluyendo planes de preparación y prevención de largo plazo y concientización de la comunidad, y c) acceso rápido a sistemas de alerta local, regional, nacional y global y amplia diseminación de alertas. Si bien el programa no tuvo la efectividad de planes de

escala nacional como los de Gran Bretaña o USA, generó un amplio debate en los ámbitos académicos que impulsó la investigación en el área.

Ya en la presente década, Japón lanzó un programa de mitigación en toda el área Pacífico, el 21st COE Program Wind Effects on Buildings and Urban Environment¹⁵, que combina el esfuerzo académico y el gubernamental con un abordaje multidisciplinario, y una escala regional.

3. ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA

El proyecto propone abordar la problemática de mitigación de daños causados por el viento con un enfoque meteorológico y estructural. Por primera vez se plantea en nuestro país el abordaje de esta problemática a través de un proyecto que combina ambos puntos de vista, y se comienza con un grupo reducido de investigadores (tres especialistas en ingeniería de viento y uno en física de la atmósfera) en un área geográfica limitada (la provincia del Chaco y zonas aledañas), con la idea de progresar en un mediano plazo hacia la constitución de grupos multidisciplinarios más numerosos que trabajen a escala regional o nacional.

El objetivo general del proyecto es generar información útil para la implementación de políticas públicas sobre mitigación de daños causados por la acción del viento y que sea adecuada para guiar la formulación de planes de investigación en el área académica.

El objetivo particular es establecer una clasificación crítica de los causados por el viento en la provincia del Chaco y zonas aledañas, basado en el análisis detallado de los aspectos meteorológicos y estructurales.

La fuente primaria de datos sobre daños son las auditorías de campo realizados por personal del grupo de investigación inmediatamente después de ocurridos eventos. Ya se han realizado dos auditorías, una en Romang, Provincia de Santa Fe, y otra en Lavalle, Corrientes. En estas auditorías se registran testimonios de la gente que presenció el accidente, detalles de los daños y características de las estructuras dañadas, y toda información tendiente a determinar no sólo que daños ocurrieron sino la causa y los mecanismos de falla. Las fuentes secundarias de datos son los boletines de ref. [8], artículos de diarios locales, registros de empresas proveedoras de energía eléctrica, compañías de seguros y Defensa Civil.

Todo esto se complementa con información meteorológica. Por una parte se cuenta con registros de estaciones meteorológicas de las redes del Servicio Meteorológico Nacional y del INTA, y por otra parte con el modelado de alta resolución de las condiciones meteorológicas durante las jornadas en que ocurrieron los daños.

Desde el punto de vista metodológico, cabe señalar que hay marcadas diferencias entre la información de daños, dependiendo de su procedencia. La proveniente de fuentes primarias está limitada a la duración del proyecto, que es un período corto para alcanzar conclusiones significativas desde el punto de vista estadístico, y tiene un nivel de detalle y confiabilidad que permite establecer los mecanismos de falla en cada caso. La información de fuentes secundarias en cambio permite analizar períodos de tiempo largos pero es incompleta. Aún siendo incompleta, el gran volumen información que aportan las fuentes secundarias permite establecer tendencias respecto a variables de interés. Por ejemplo, ésta se podría clasificar, en primera instancia, de la siguiente manera:

Clasificación por daños

- i) Por tipo estructural: comprendería edificaciones con alto factor de ocupación humana (viviendas, edificios comerciales, iglesias, escuelas, y fábricas), edificios auxiliares (pequeños depósitos, garajes), estructuras (invernaderos, silos, antenas, líneas de transmisión eléctrica, etc.). A su vez, de cada categoría se debe diferenciar el comportamiento de los distintos componentes, tales como ventanas, techos, chimeneas, etc.
- ii) Por severidad: de acuerdo a si el daño requiere la reconstrucción completa de la estructura dañada o si puede ser reparada.
- iii) Por extensión: permite establecer si los daños reportados corresponden a eventos localizados, los que se ha demostrado están relacionados a las máximas velocidades de viento registradas y a la dirección en que ocurrieron, o si corresponden a daños extendidos, que con frecuencia ocurren a velocidades menores que las máximas registradas, durante estadíos más tempranos de la tormenta y en direcciones diferentes.
- iv) Por mecanismo de falla: voladura de techos por deficiente anclaje, colapso de columnas en cubiertas aisladas, rotura de tensores en torres reticuladas, inestabilidad aerodinámica.

Clasificación por su dependencia de las condiciones meteorológicas

- I) Por escala de daño: comprende los daños asociados a tormentas no extremas que afectan principalmente a estructuras antiguas y deterioradas (daño de background), daños causados por tormentas severas asociadas a sistemas de presión extendidos, y daños producidos por tornados.
- II) Por su distribución en las diferentes estaciones
- III) Por dirección de viento
- IV) Por velocidad de viento

Esta clasificación se basa en los trabajos de Menzies¹⁶ y Buller¹⁷, pero debe ser cuidadosamente revisada para adaptarla a las características de la arquitectura local.

Complementariamente, si bien se espera que en la mayoría de los casos se podrán establecer conclusiones a través de los datos recogidos, en situaciones específicas que originen algún tipo de controversia, es posible que se requiera diseñar experimentos específicos en túnel de viento para obtener los datos necesarios que permitan caracterizar el daño o mecanismo de falla. Esta tipo de situación tiene un precedente en este Laboratorio que es caso del estadio polideportivo Jaime Zapata¹⁸, en el cual para poder determinar el origen del colapso de la estructura fue necesario un estudio en túnel de viento.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó un proyecto de tres años, actualmente en ejecución, sobre relevamientos de daños causados por el viento en la provincia del Chaco. El mismo se basa en experiencias similares realizadas en otros países y se circunscribe a la provincia del Chaco pero con vistas a progresar en una etapa posterior hacia la constitución de grupos multidisciplinarios más numerosos que trabajen a escala regional o nacional.

Referencias

- 1 J. Holmes, *Wind Loading of Structures*, Spon Press, London and New York, 2001.
- 2 Wiggins, J.H., Building Losses from Natural Hazards: Yesterday, Today and Tomorrow, Report prepared for the National Science Foundation under Grant ENV - 77 - 08435, 1977.
- 3 M. Schwarzkopf, L. Rosso, *Riesgo de tornados y corrientes descendentes en la Argentina*, Biblioteca de Apoyo CIRSOC, 1993.
- 4 Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Proyecto de Reglamento CIRSOC 102: Acción del Viento sobre las Construcciones, INTI, Buenos Aires, 2001.
- 5 Reglamento DIN VDE 0210/12.85 (Traducción de la Norma Alemana), 1985.
- 6 Recomendaciones de velocidades de viento a tener en cuenta en proyectos de L. A. T. 132 Kv en la provincia de Corrientes, Informe de consultoría preparado para la DPEC, Instituto de Estabilidad, UNNE, marzo 2005.
- 7 Asociación Electrotécnica Argentina, Reglamentación para la ejecución de líneas aéreas exteriores, 2003.
- 8 Boletines del proyecto "Estudio de los tornados en la República Argentina", Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Facultad de Ciencias Exactas y naturales de la UBA, 1984 a 1993.
- 9 J. Blessmann, *Accidentes causados pelo vento*, Ed. Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- 10 N. J. Cook, *The designer's guide to wind loading of building structures*, Building Research Establishment Report, Part 1, Butterworths, London, 1985.
- 11 Giovanni Solari, The International Association for Wind Engineering (IAWE): Progress and prospects, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* **95** (2007) 813–842.
- 12 Williams, J.J. , Natural Draught Cooling Towers Conference on Ferrybridge and After. Proc. Conf. Instn. Civil Engr, Paper No. 5, pp 37-43 (1967).
- 13 Aanensen, C.J.M., Gales in Yorkshire in February 1962. Meteorological Office, Geophysical Memoirs No. 106, vol. 14, 1964.
- 14 H. Liu, E.J. Turner, Wind damage mitigation strategies for the United States, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* **36** (1-3) pp.: 975-983, 1990.
- 15 <http://www.arch.t-kougei.ac.jp/COE>
- 16 J.B. Menzies, Wind damage to buildings in the United Kingdom 1962-1969, Building, 1971, 221 (6693) 67-76.(también en Building Research Establishment Current Paper CP35/71).
- 17 P.S.J. Buller Menzies, Wind damage to buildings in the United Kingdom 1970-1976, Building, 1978, 235 (7060) 68-70.(también en Building Research Establishment Current Paper CP42/78).

- 18 Marighetti, J.O., Natalini, B., De Bortoli, M.E., Wittwer, A.R., Natalini, M.B., Estudio en tunel de viento de la cubierta del polideportivo Jaime Zapata. *XXXII Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural*, 22-26 maio 2006, Campinas, Brasil, pp. 1744-1753.