

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CONDICIONES DE CARGA AERODINÁMICA EN UN EDIFICIO DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES

Wittwer, Adrián R.¹; Marighetti, Jorge O.¹; De Bortoli, Mario E.²; Adotti, Marcelo I.³; Udrizar Lezcano, Sandra¹

¹Ingeniero Mecánico; ²Ingeniero Civil; ³Ingeniero Electromecánico
Laboratorio de Aerodinámica, Facultad de Ingeniería, UNNE.
a_wittwer@yahoo.es

RESUMEN

En la actualidad, se están construyendo edificios de ciertas dimensiones que presentan grandes superficies vidriadas y de formas poco convencionales. Resulta difícil la evaluación de las cargas aerodinámicas a través del Reglamento Argentino CIRSOC 102 para este tipo de edificación y, en algunas situaciones, es conveniente realizar estudios en túnel de viento con modelos a escala. Este es el caso del Proyecto Torre IPLyC Costanera, actualmente en construcción en la ciudad de Posadas, Misiones, que además incluye una estructura vidriada en el basamento, que la hacen sensible a las acciones del viento. Por este motivo, fue realizado un trabajo experimental en el Túnel de Viento de la UNNE. Los ensayos fueron realizados con una simulación de viento natural en correspondencia con el tipo de terreno circundante. Las mediciones de presiones locales sobre la torre, se realizaron considerando el efecto de vecindad provocado por el entorno. El modelo rígido utilizado fue construido en escala 1:250, reproduciéndose los detalles de relevancia aerodinámica.

ABSTRACT

Currently, buildings of certain dimensions are being constructed with large glazed surfaces and unconventional shapes. It is difficult to evaluate the aerodynamic loads through the Argentinean Code CIRSOC 102 for this type of building, and it is convenient to carry out wind tunnel studies using scale models. This is the case of the IPLyC Costanera Tower Project, currently under construction in the city of Posadas, Misiones, which, in addition to its particular characteristics such as the triangular shape of its shaft, includes a glazed structure in the base, which makes it sensitive to the actions of the wind. For this reason, an experimental work was carried out in the Wind Tunnel of the UNNE. The tests were carried out with a simulation of natural wind in correspondence with the type of surrounding terrain. The measurements of local pressures on the tower were performed considering the neighbourhood effect caused by the surroundings. The rigid model used was built at a scale of 1:250, reproducing the aerodynamically relevant details.

Organiza:

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Posadas, Misiones, se está construyendo el edificio Torre Costanera, un proyecto de características arquitectónicas muy particulares, cuya ubicación es 27°23'10.6" S 55°53'18.5" W. Este edificio tiene una altura significativa y su configuración geométrica plantea desafíos importantes en términos de la aerodinámica de las construcciones. De esta forma, resulta conveniente profundizar el análisis de resistencia y seguridad frente a las cargas de viento.

El reglamento argentino CIRSOC 102 [1] establece los requisitos y procedimientos para el diseño estructural de edificaciones bajo cargas de viento. Sin embargo, ciertas edificaciones de características particulares, como es el caso de la Torre Costanera, no se encuentran contempladas por este reglamento. En estos casos, la evaluación de las cargas de viento mediante estudios en túneles de viento es recomendable para garantizar un diseño seguro y eficiente.

La Torre Costanera, por su altura y diseño, requiere una evaluación detallada de los efectos del viento, ya que estos pueden influir significativamente en la integridad estructural y el confort de los ocupantes. Las cargas de viento no solo afectan la estructura primaria del edificio, sino también sus componentes secundarios y elementos arquitectónicos. Para llevar a cabo un estudio experimental, se deben aplicar los criterios de semejanza comúnmente utilizados para ensayos estructurales en túnel de viento, ya que permiten replicar las condiciones de viento y las características del flujo turbulento que el edificio enfrentará en su entorno real. Para tal fin, se ha construido un modelo a escala 1:250 del edificio Torre Costanera sobre el que se determinaron los coeficientes de presión que luego se usarán para verificar la estructura y asegurar su comportamiento seguro frente a eventos de viento extremos. Esto ha requerido una serie de ensayos en el túnel de viento de capa límite "Jacek P. Gorecki" de la Universidad Nacional del Nordeste, UNNE [2], incluyendo 24 direcciones de viento incidente, con el objeto de evaluar los efectos de viento en condiciones extremas que el edificio enfrentará en su ubicación real.

CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO TORRE IPLYC COSTANERA

El edificio IPLYC Costanera Posadas, se sitúa sobre la Avenida Costanera en el Acceso Sur de la ciudad. El entorno que rodea a la edificación es de configuración topográfica plana. No posee edificios linderos inmediatos de gran porte que afecten sensiblemente la distribución de velocidad de viento incidente en ninguna de las direcciones. Sin embargo, existen una serie de edificaciones vecinas que son contempladas en el modelo. Estas son el edificio Sol del Este y el Hospital Escuela. Una particularidad, es que al norte se encuentra el puente de la Avda. Domingo Cabred que posee una altura similar al basamento del edificio. Hacia el Este se encuentra la costa del Río Paraná y las defensas para el mismo. Al Sur y Oeste se desarrolla el entramado urbano de la ciudad donde la línea de horizonte es baja.

Organiza:

El edificio es una estructura con dimensiones regulares que alcanza una altura máxima de 76 metros. El basamento, se extiende hasta los 18 metros de altura tiene una dimensión transversal mayor y está compuesta por una planta baja y dos pisos adicionales, cada uno con un entrepiso. A partir del quinto piso, se inicia el fuste situado a 24 metros de altura, en su desarrollo vertical la sección transversal de la torre disminuye uniformemente.

El basamento posee una configuración de planta triangular, con lados de aproximadamente 90, 50 y 100 metros. El fuste que se extiende desde el quinto hasta el vigésimo piso, es de menores dimensiones transversales que el basamento y presenta fachadas mayormente vidriadas. La fachada del frente (Cara I) tiene una ligera curvatura, mientras que la fachada opuesta (Caras III, IV, VI y VII) presenta líneas quebradas y la fachada Norte (Cara II) es plana. Además, en el basamento se prevé agregar una estructura envolvente vidriada adicional, fijada a la base mediante vínculos puntuales, con una estructura de soporte reticulada y superficies vidriadas planas e irregulares. En la Figura 1 se observa al edificio en vistas generales, su estado de terminación de obra, un modelo arquitectónico y las particularidades estructurales proyectadas en imagen renderizada.

METODOLOGÍA

Mediante la simulación se busca recrear las condiciones de viento reales en las que se encontrará sometida la estructura analizada. Para ello es necesario recrear la capa límite atmosférica. Controlando el flujo turbulento y sus escalas dentro de la cámara de ensayo del túnel de viento. El espesor de esta capa y los niveles de intensidad de turbulencia son controlados por el uso de dispositivos generadores de vorticidad (Couninhan) y una determinada longitud de rugosidad superficial [3-5]. El flujo atmosférico simulado responde a dos categorías de terreno de acuerdo al ángulo de incidencia de viento, es decir, terreno sub-urbano y campo abierto para aquellas direcciones que abarcan el margen este donde se ubica el Río Paraná.

El flujo turbulento es simulado dentro de la cámara de ensayo del Túnel de Viento “Jacek P. Gorecki” de la UNNE, que es un túnel del tipo Eiffel [6, 7]. Su sección es de 4,32 m² y el desarrollo de la cámara de ensayo de aproximadamente 23 m. La velocidad máxima de flujo en vacío capaz de desarrollar es de 25 m/s.

El ensayo fue realizado sobre un modelo rígido a escala reducida reproduciendo las condiciones más significativas del entorno lindero a la estructura, en un rango de 200 m de radio desde la localización de la torre, incluyendo detalles del relieve topográfico local Figura 2. El modelo se construyó en una escala de 1:250, acorde a la escala de viento atmosférico simulado, produciendo un flujo turbulento en el modelo con un número Reynolds medio de $3,813 \times 10^5$.

Los edificios del entorno lindero fueron construidos en madera y no instrumentados. El relieve fue construido en capas de poliestireno expandido respetando la escala adoptada en sus distintos niveles. En la Figura 3, se muestra el emplazamiento del modelo en la mesa de la cámara de ensayos. Además, es posible observar la

Organiza:

topografía simulada, los edificios linderos, y sobre el fondo, los dispositivos de simulación de capa límite. La tecnología de impresión 3D fue utilizada para construir el modelo del edificio, asegurando reproducir en su resolución detalles de relevancia aerodinámica. En la Figura 4, se observan los detalles del modelo y las conexiones neumáticas de presión.

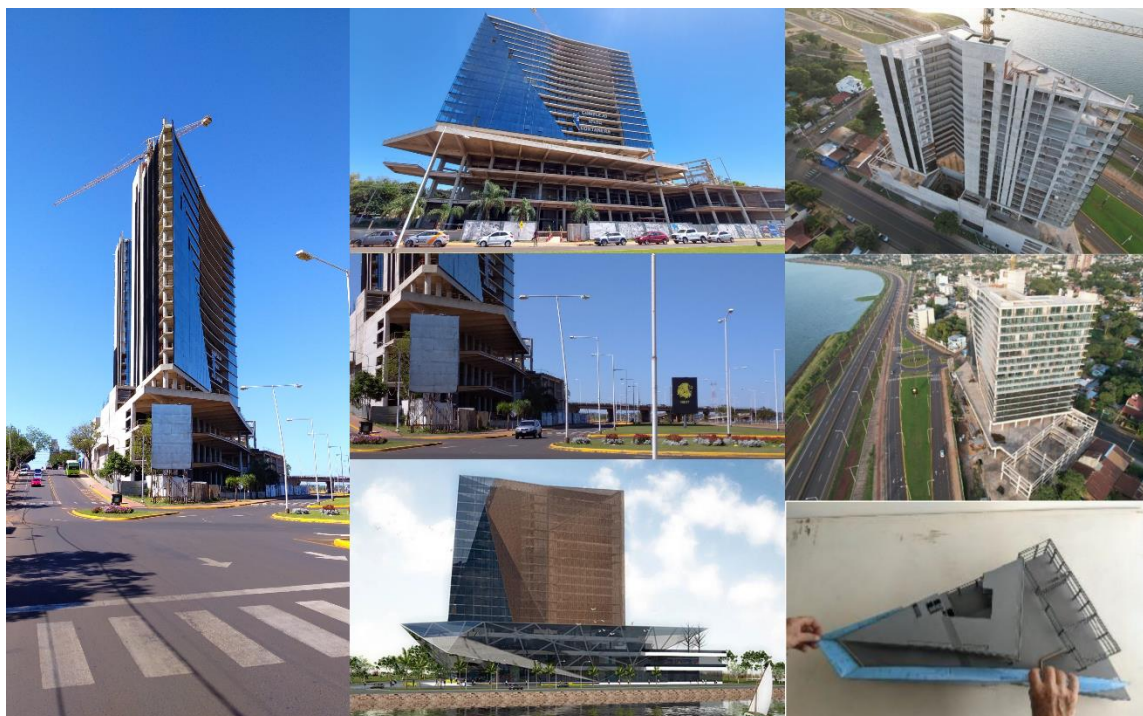


Figura 1. Vista general de edificio Torre Costanera. Vistas desde el Norte y Sur. Vista frontal y posterior. Modelo reducido e imagen renderizada.

Definición de direcciones de viento incidente y ejes baricéntricos de la estructura

La medición de la presión estática sobre la superficie del modelo, a través de los 360°, se configura en 24 direcciones de viento incidente cada 15° grados en sentido anti-horario. Para una evaluación ordenada, se definen y etiquetan en números romanos las caras del edificio, como se observa en la Figura 5. Además, se indica la orientación de los ejes de referencia, los ejes baricéntricos y la posición del centro de gravedad (CG) $X_G=30,73$ m, $Y_G=8,07$ m, respecto del origen (0,0).

Organiza:

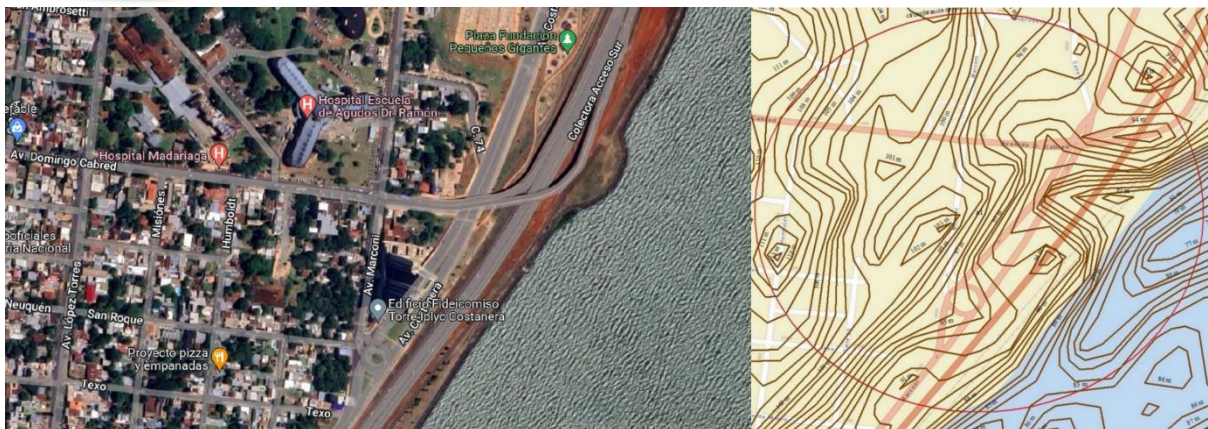


Figura 2. Imagen obtenida de Google Maps y relieve topográfico de la zona de localización de la Torre costanera (27°23'10.6" S 55°53'18.5" W).



Figura 3. Emplazamiento del modelo y reproducción del entorno inmediato en la cámara de ensayos del túnel de viento.

Como anteriormente se mencionó el flujo atmosférico simulado responde a dos categorías de terreno diferentes. La primera a un campo abierto y se utiliza para las direcciones de viento correspondientes al rango de viento incidente entre 60° a 330°. Las restantes direcciones de viento incidente son consideradas dentro de la categoría correspondiente a terreno suburbano. En ambos casos, las simulaciones de viento son de espesor total. El factor de escala de estas simulaciones es compatible con la escala del modelo de la estructura.

Organiza:

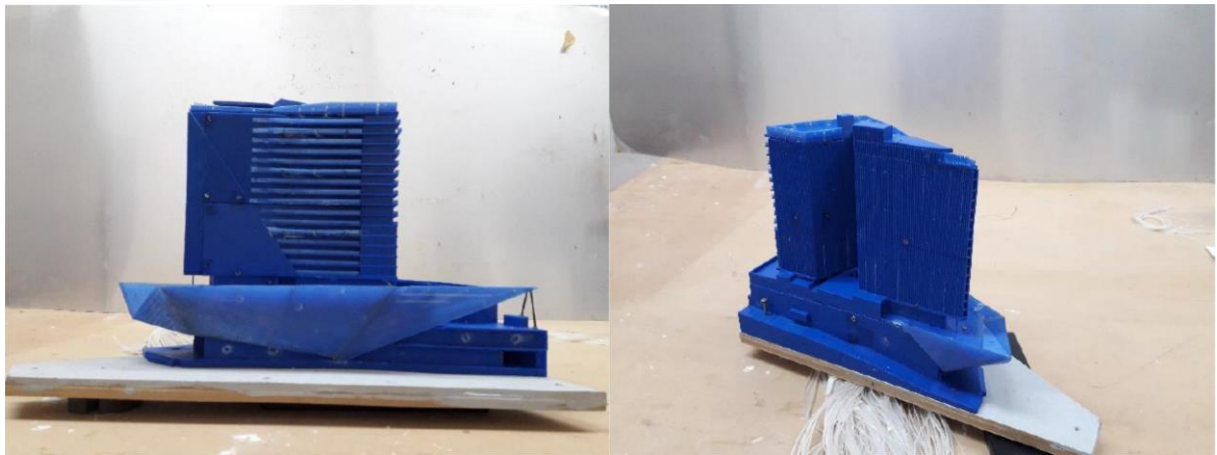


Figura 4. Detalles del modelo reducido y conexiones neumáticas.

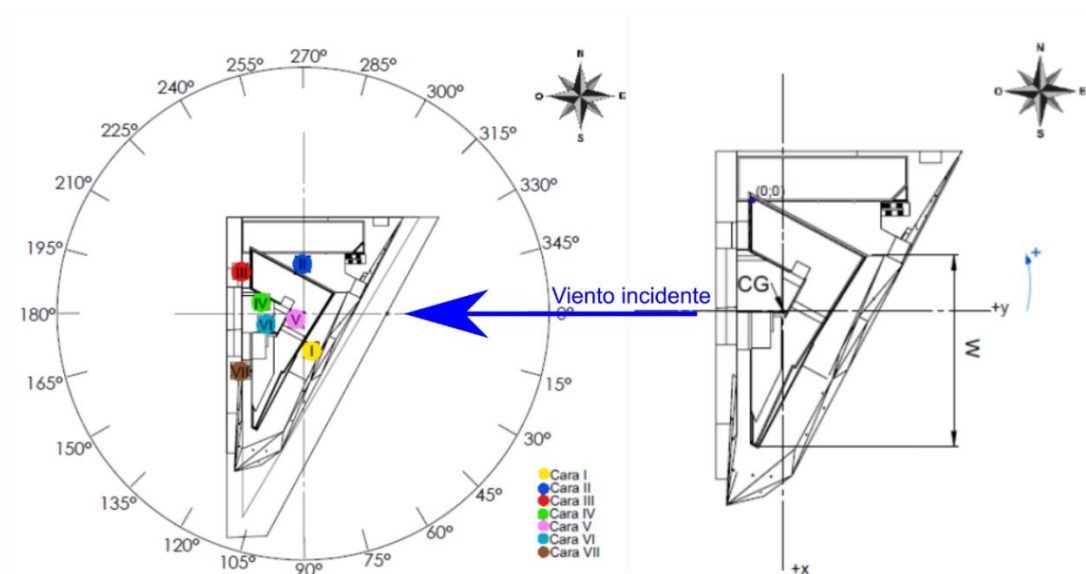


Figura 5. Ubicación de las fachadas y caras de la torre. Ubicación de los ejes y baricentro.

Instrumental utilizado y distribución de tomas sobre el modelo

La medición del perfil de velocidades medio correspondiente a la capa límite atmosférica simulada dentro de la cámara de ensayo se realizó mediante tubo de Pitot-Prandtl y micromanómetro, tipo Betz. Para la medición de presiones medias y fluctuantes se utilizó un sistema Scanivalve de 96 canales y transductores electrónicos Honeywell PC 163. La adquisición de datos se realizó mediante una placa PCIM-

Organiza:

DAS1602/16 Measurement Computing y el software SciLab GNU.

La presión dinámica q es medida para las 24 direcciones de viento simuladas mediante un tubo de Pitot-Prandtl. Este tubo fue ubicado a barlovento sobre un lateral de la cámara de ensayo a una altura similar a la máxima del modelo.

La distribución de tomas de presión sobre el modelo fue realizada contemplando las particularidades geométricas del diseño de la estructura que generen efectos aerodinámicos globales y locales importantes de evaluar. Se definieron dos grupos, uno de tomas externas y otro de tomas internas. Se ha contemplado un factor de densidad de tomas sobre las superficies de mayor relevancia aerodinámica. Estas tomas se distribuyen sobre las fachadas, en este estudio denominadas caras I, II, III, IV, V, VI y VII (Figura 5).

El primer conjunto de tomas está asociado con el análisis de cargas globales provocada por el viento sobre la estructura y se caracteriza porque las tomas se ubican en las áreas expuestas directamente a la acción del viento, como se observa en Figura 6, que muestra las tomas de presión sobre la Cara I. El segundo grupo, corresponde a la zona de balcones, terraza y azotea, las que se instrumentaron con tomas de presión estática internas y externas, con tomas de presión en lugares aerodinámicamente localizados.

Coeficientes de presión local

Los coeficientes de presión local se determinaron en 279 puntos distribuidos sobre las superficies exteriores y, en menor medida, en superficies internas (balcones) de la torre. Conceptualmente, los coeficientes son cargas adimensionalizadas mediante parámetros de referencia. Conforme a la literatura especializada, se dan las siguientes definiciones que son compatibles con las que indica el reglamento CIRSOC 102 [1]. El coeficiente de presión local exterior medio $\overline{C_p}$ está definido por la Ecuación (1).

$$\overline{C_p} = q^{-1} T^{-1} \int_0^T \Delta p(t) dt \quad (1)$$

Donde, Δp es la diferencia de presión estática entre el punto de medición (toma de presión sobre la superficie) y la presión estática de referencia (toma estática del tubo Pitot-Prandtl ubicado en la posición de referencia). La altura donde se midió la presión dinámica de referencia con el Tubo Pitot-Prandtl es de 0,35 m medida a partir del piso de la cámara de ensayo. q es la presión dinámica medida a la altura de referencia. En este ensayo se correspondió con la máxima altura de la terraza. T : Intervalo de tiempo de adquisición (20 segundos). Valores positivos de los coeficientes de presión local corresponden a acciones dirigidas hacia la superficie.

Los coeficientes de presión local se determinaron a partir de las presiones fluctuantes medidas en cada toma, de forma tal que fue posible obtener el coeficiente local medio, el valor eficaz, mínimo y máximo, respectivamente para cada ángulo de incidencia del viento (Figura 5).

Organiza:

El coeficiente de presión local eficaz $\widetilde{C}_p$ está definido por la Ecuación (2).

$$\widetilde{C}_p = q^{-1} \sqrt{T^{-1} \int_0^T (p(t) - \bar{p})^2 dt} \quad (2)$$

Donde, $p(t)$ es la señal de presión temporal, $\bar{p}$ es la presión media, q la presión dinámica y T el tiempo de integración. A partir de este coeficiente se pueden definir los coeficientes de presión máxima $\widehat{C}_p$ y mínima $\widetilde{C}_p$, Ecuaciones (3 y 4).

$$\widehat{C}_p = p_{max} q \quad (3)$$

$$\widetilde{C}_p = p_{min} q \quad (4)$$

Donde, p_{max} es el valor máximo de presión de la serie temporal medida, p_{min} es la presión mínima de la serie temporal evaluada. A su vez, $\widehat{C}_p$ y $\widetilde{C}_p$ son los coeficientes de presión locales máximos y mínimos.

RESULTADOS

Los resultados principales del estudio son presentados a continuación como distribuciones de los coeficientes de presión sobre las fachadas o caras definidas anteriormente. Si bien fueron evaluados los resultados obtenidos para las 24 direcciones de viento incidente, aquí solamente se presentan aquellas los valores obtenidos en aquellas direcciones que provocan las situaciones más críticas de sobrepresiones o de succiones. Asimismo, se hace mayor hincapié en los valores obtenidos en las tomas de presión externa que luego permiten el análisis de cargas globales sobre el edificio.

Coeficientes de presión sobre la cara I

En las Figuras 6, 7 y 8 se presentan las distribuciones de los valores de C_p obtenidos para las direcciones de viento de 45°, 135° y 300°. Con viento a 45°, la cara I se encuentra en posición frontal a la acción del viento y en la zona central se produce el estancamiento con valores máximos de sobrepresiones de +0.85 (Figura 6). En la estructura ubicada en la parte inferior los valores de sobrepresión son un poco menores. En la parte superior, la terraza presenta barandas que requieren medir los valores del lado externo y del lado interno (arriba a la derecha). Para las direcciones de 30° y 60° se producen valores semejantes con leves desplazamientos laterales de la zona de estancamiento.

Para la dirección de 135° (Figura 7), que incide lateralmente a la cara I, se producen succiones del orden de -1.2 en la parte superior. También se registran valores localizados que alcanzan -1.5 en la estructura vidriada inferior para esta dirección de viento. Aunque aquí no se representa, a 120° se produce el valor de máxima succión localizada de -1.6 en la parte superior ubicada bien a barlovento que constituye la zona de desprendimiento.

Organiza:

Con viento a 300° (Figura 8), dirección prácticamente opuesta a la anterior, se producen succiones máximas del orden de -1.4 en la parte superior. A 270° se registra un mínimo local de -1.45 en el borde de barlovento de la estructura inferior que debe ser considerado en la verificación de la misma. Entre estas dos direcciones, desde 135° a 270° , en general predominan las succiones que no alcanzan a superar el valor -1.0 ni siquiera localmente.

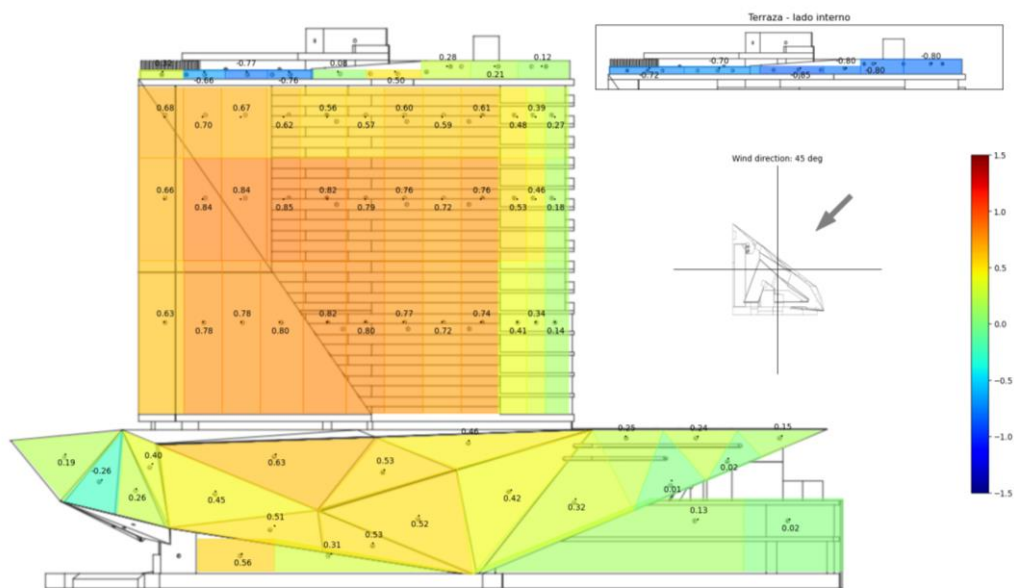


Figura 6. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara I – Viento incidente a 45° .

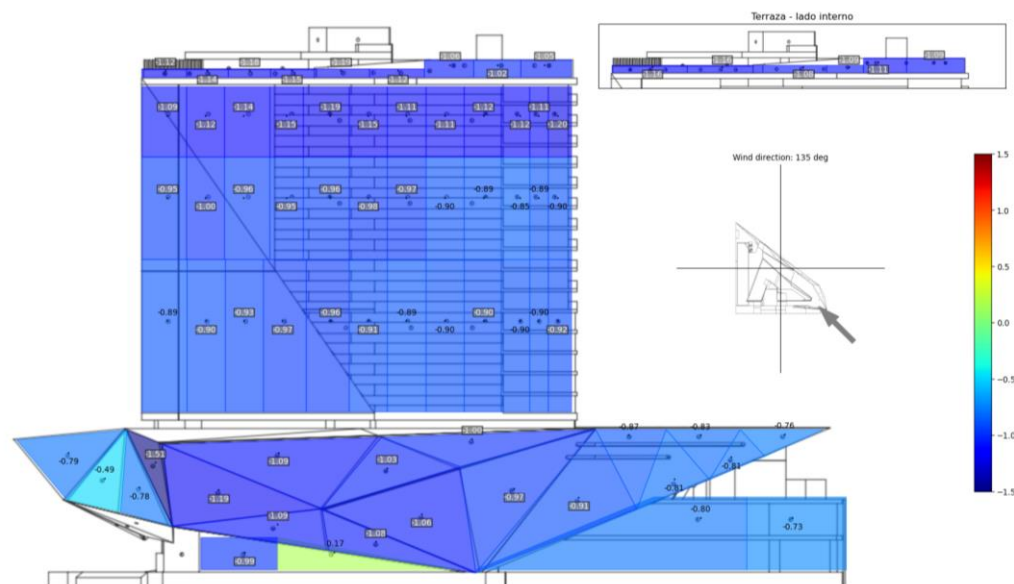


Figura 7. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara I – Viento incidente a 135° .

Organiza:

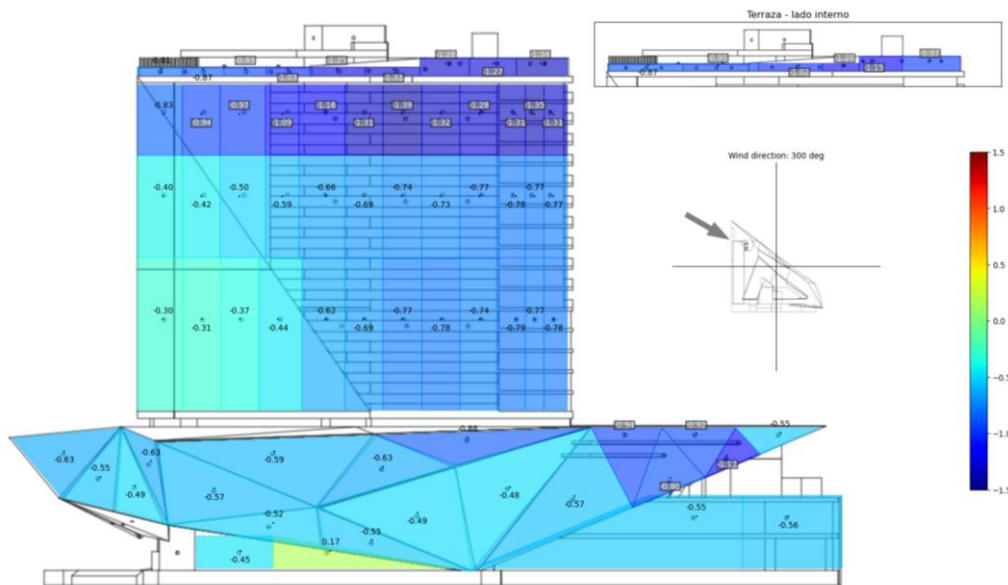


Figura 8. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara I – Viento incidente a 300° .

Coeficientes de presión sobre la cara II

Las distribuciones de los valores de C_p obtenidos sobre la cara II se presentan en las Figuras 9, 10 y 11 que corresponden a las direcciones de viento de 15° , 195° y 285° , respectivamente. Para la dirección de 15° (Figura 9), lateral a la cara II, se producen succiones del orden de -1.4 en borde de desprendimiento ubicado en la zona de barlovento de esta fachada. Si bien esta distribución no se representa en el trabajo, para la dirección de 30° se producen valores localizados que alcanzan -1.2 en la estructura vidriada inferior.

Con viento a 195° (Figura 10), la dirección de incidencia es prácticamente opuesta a la anterior, se producen succiones máximas distribuidas del orden de -1.0 con valores localizados en la estructura inferior de -1.35. A. Aunque no se presentan, para la dirección 180° se registran valores similares, mientras que para 210° , las succiones locales en el borde barlovento indican valores de -1.25. Entre las dos direcciones que van de 15° a 180° , en general predominan las succiones que no alcanzan a superar el valor -1.0.

Para la dirección de viento de 285° (Figura 11), la cara II se encuentra en posición frontal al viento y se produce el estancamiento en la zona central con valores máximos de sobrepresiones de +0.85. En la estructura ubicada en la parte inferior los valores de sobrepresión son un poco menores. Para las direcciones de 270° y 300° , adyacentes a 285° , se producen valores semejantes con leves desplazamientos hacia izquierda y derecha de la zona de estancamiento.

Organiza:

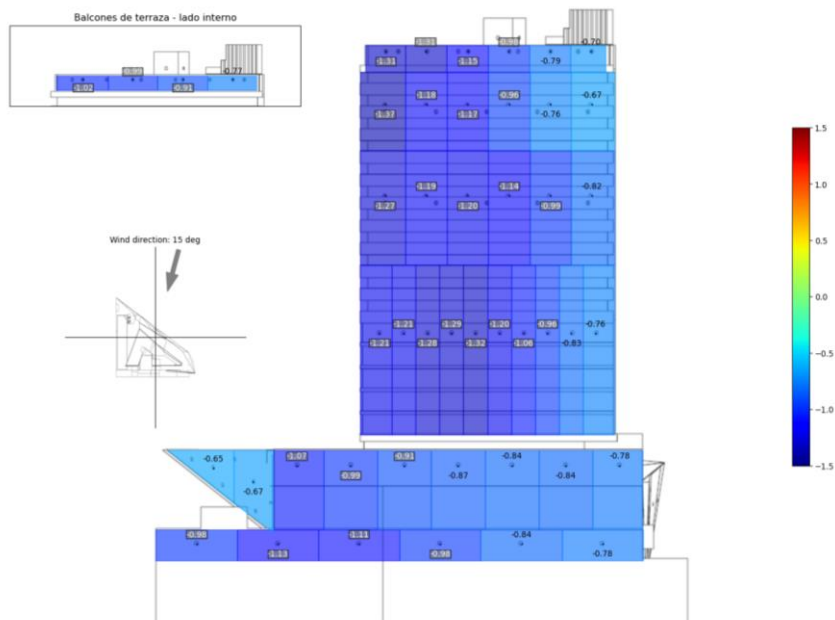


Figura 9. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara II – Viento incidente a 15°.

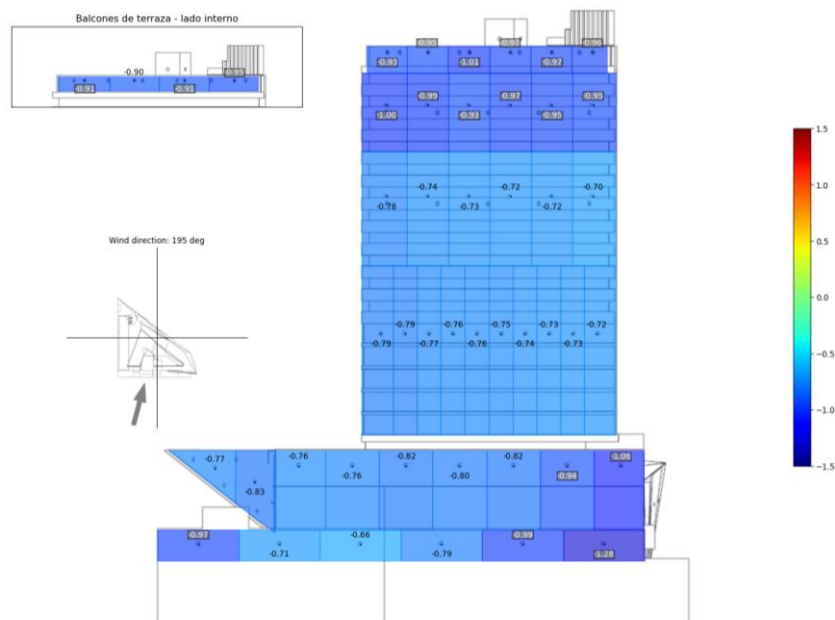


Figura 10. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara II - Viento incidente a 195°.

Organiza:

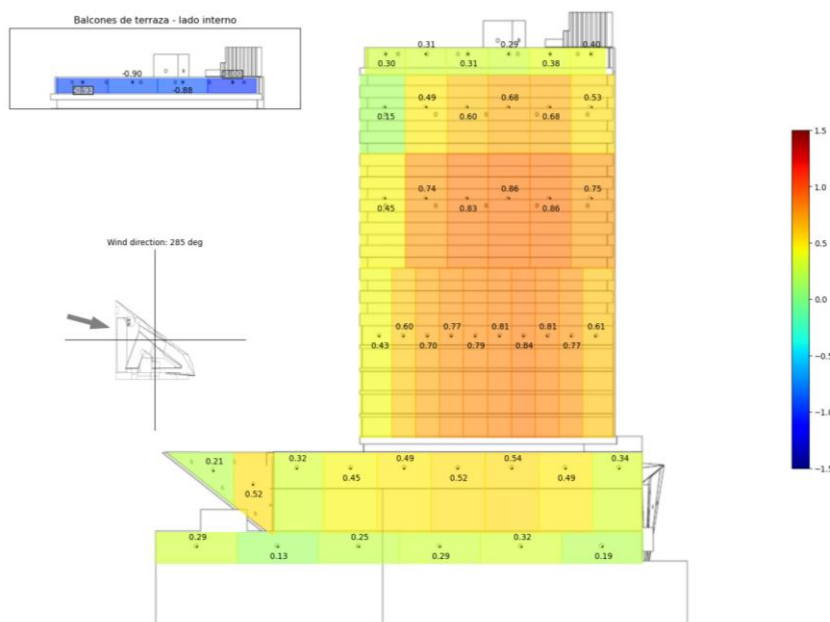


Figura 11. Distribución de los valores de C_p sobre la Cara II – Viento incidente a 285° .

Coeficientes de presión sobre las caras III y VII

En las Figuras 12, 13 y 14 se presentan las distribuciones de los valores de C_p obtenidos sobre las caras III y VII que corresponden a las direcciones de viento de 75° , 180° y 270° , respectivamente. Para la dirección de 75° (Figura 12), lateral a la cara II, se producen succiones del orden de -1.25 en borde de desprendimiento ubicado en la zona de barlovento de la cara VII. En el trabajo no se representa la distribución correspondiente a la dirección de 60° , sin embargo, es importante mencionar que para esta dirección se producen valores localizados de succión que alcanzan -1.65 en la estructura vidriada inferior.

Para la dirección de 180° , las caras III y VII se encuentran ubicadas frontalmente al viento y se produce el estancamiento en la zona central de la fachada que corresponde a la cara VII, donde los valores máximos de sobrepresiones son de +0.85 (Figura 13). En la estructura ubicada en la parte inferior los valores de sobrepresión son un poco menores. Para la dirección de 165° , se producen valores semejantes a los anteriores con un leve desplazamiento lateral de la zona de estancamiento.

Con viento a 270° , la dirección de incidencia es prácticamente opuesta a la de 75° , y en este caso se producen succiones máximas en la parte superior del orden de -1.25, específicamente en el borde de barlovento de la cara III donde se produce el desprendimiento (Figura 14). En la estructura inferior se verifican valores localizados de -1.2 también en la zona de desprendimiento. Asimismo, entre las direcciones que van desde 0° a 75° y desde 270° a 345° , predominan las succiones que no alcanzan

Organiza:

a superar el valor -1.0.

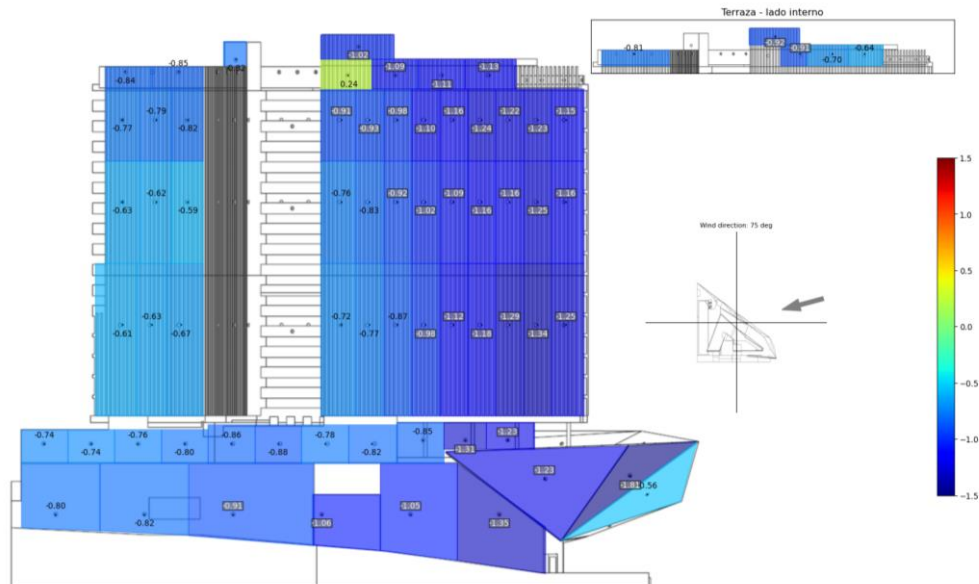


Figura 12. Distribución de los valores de C_p sobre las Caras III y VII – Viento incidente a 75°.

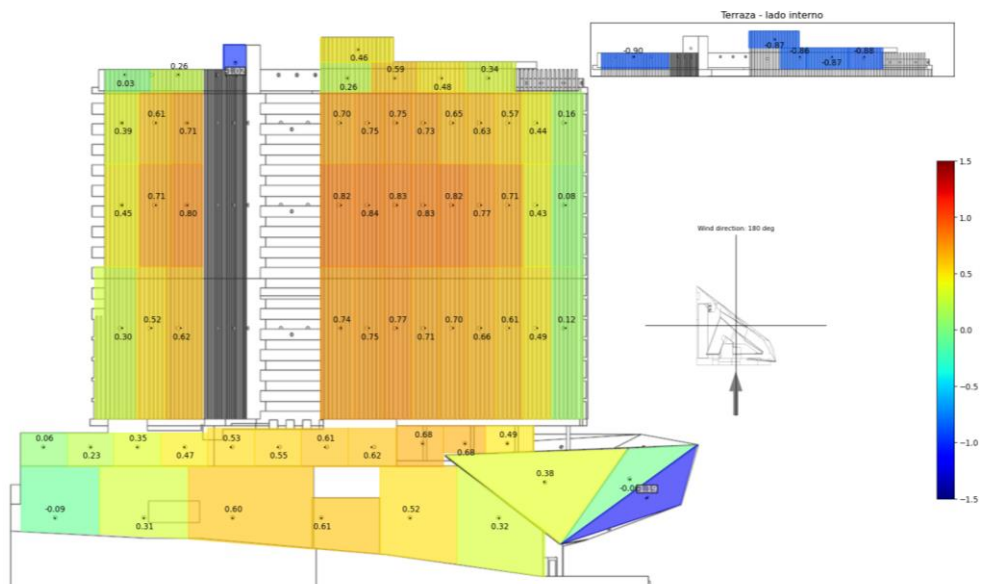


Figura 13. Distribución de los valores de C_p sobre las Caras III y VII – Viento incidente a 180°.

Organiza:

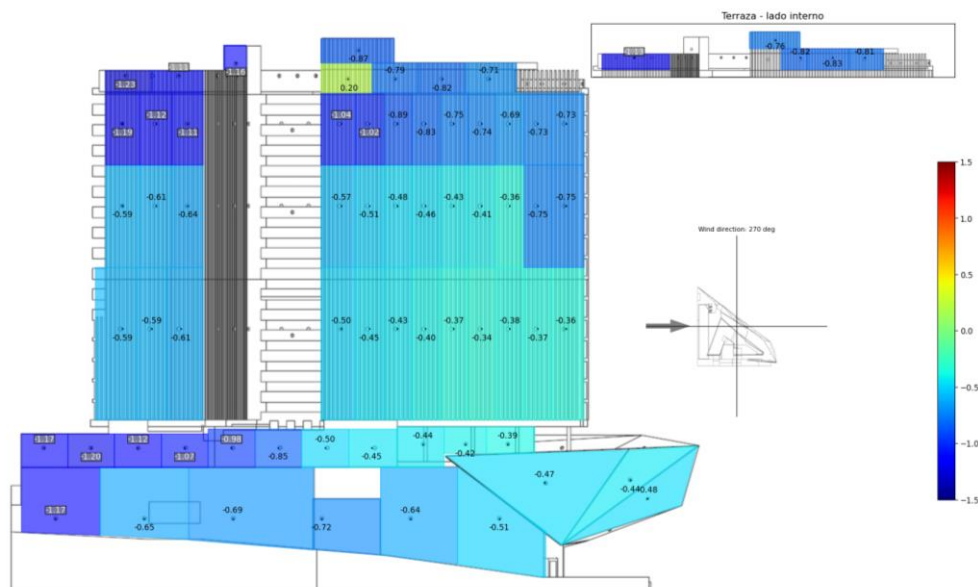


Figura 14. Distribución de los valores de C_p sobre las Caras III y VII – Viento incidente a 270° .

Coeficientes de presión sobre las caras IV, V y VI

En las Figuras 15 y 16, se indican las distribuciones de C_p sobre las caras IV, V y VI para vientos incidentes a 180° y 270° , respectivamente. Para 180° , así como también para las direcciones adyacentes de 165° y 195° , la cara V se ubica frontalmente al viento y las sobrepresiones de estancamiento indican valores de $+0.8$ con máximos localizados de $+0.85$, afectando también a las caras IV y VI. A 270° , se producen succiones en las tres caras que alcanzan valores de -1.1 en la zona superior. Si bien no se presentan las direcciones opuestas, a 75° y 90° , las succiones son menores alcanzando valores de -0.8 y -0.4 , respectivamente.

Organiza:

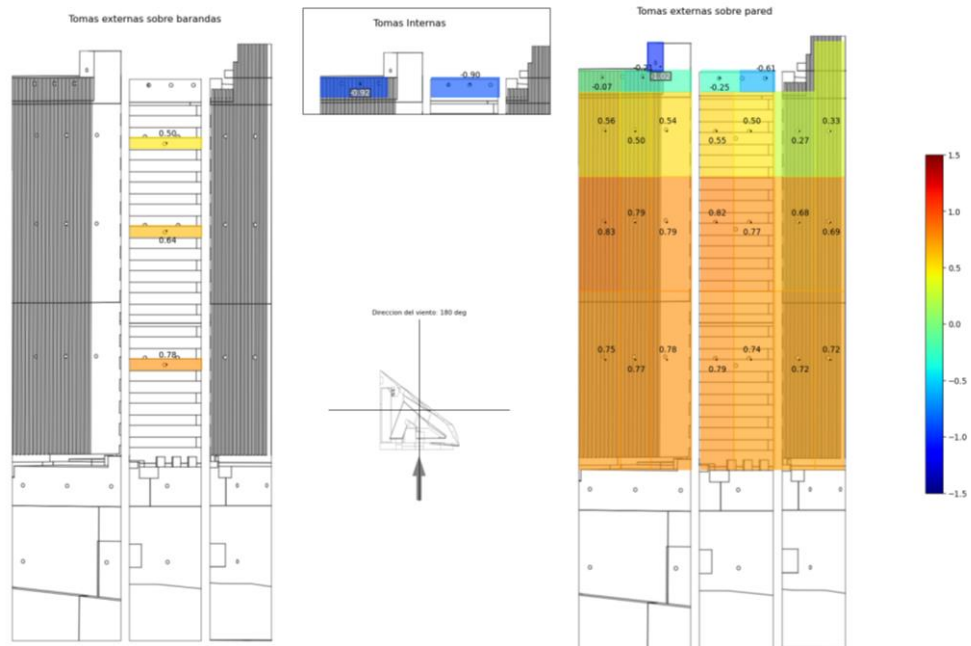


Figura 15. Distribución de los valores de C_p sobre las Caras IV, V y VI – Viento incidente a 180°.

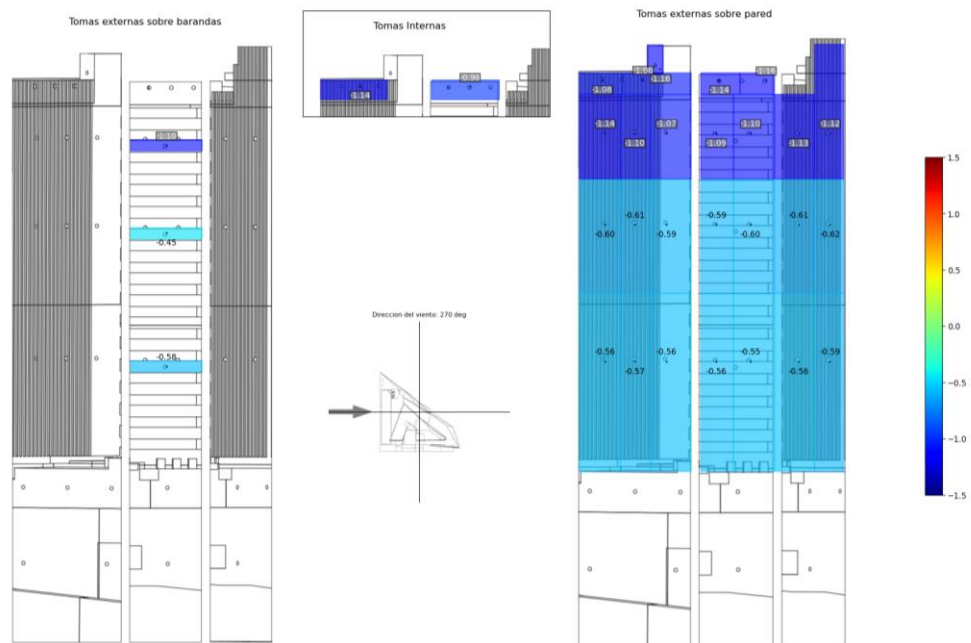


Figura 16. Distribución de los valores de C_p sobre las Caras IV, V y VI – Viento incidente a 270°.

Organiza:

CONCLUSIONES

En este trabajo se muestran resultados parciales de un estudio de cargas de viento sobre un edificio de características especiales que se está construyendo en la ciudad de Posadas, Misiones. Si bien el análisis incluye la determinación de fuerzas globales y momentos, aquí solamente se presentan las distribuciones de los coeficientes adimensionales de presión para las situaciones en que se presentan las condiciones de carga más críticas. La determinación de estas condiciones críticas responde al análisis de la distribución de los coeficientes de presión sobre las distintas caras y a los valores localizados en zonas de desprendimiento y de estancamiento del flujo.

Para extrapolar a condiciones reales los valores de cargas obtenidos en el modelo es necesario multiplicar los coeficientes de presión local por la presión dinámica del sitio de emplazamiento y por el área tributaria de la toma considerada. La presión dinámica de referencia utilizada en este trabajo corresponde a la altura máxima del modelo de la torre. Como el procedimiento reglamentario del CIRSOC 102 exige el cálculo de la velocidad de referencia a 10 m de altura, esta velocidad debe extrapolarse a la altura máxima del edificio.

Asimismo, es importante diferenciar la definición de área tributaria y área de referencia, ya que el área tributaria define el espacio de la superficie de la estructura donde se admite una correlación espacial unitaria de los coeficientes de presión local, es decir, el valor del coeficiente de presión local permanece constante sobre esa área. De esta manera, para determinar una carga localizada sobre un elemento estructural de interés, se debe ubicar el coeficiente de presión local que se corresponde con esa área tributaria. Finalmente, el valor de ese coeficiente se debe multiplicar por la presión dinámica y por el área real del elemento estructural en cuestión.

Los resultados obtenidos muestran, por un lado, la coherencia al ser analizados desde los fenómenos aerodinámicos que afectan a estructuras de cierta complejidad, y por otro, la importancia de los estudios experimentales en estructuras edilicias que no están específicamente contempladas en el Reglamento CIRSOC 102.

Por último, también se debe mencionar que estos resultados parciales solamente incluyen distribuciones de los coeficientes de presión media. El instrumental de medición utilizado permite obtener registros de las presiones fluctuantes que, en cada punto, tienen una duración de 20 segundos. Esto permite que, además de los valores medios, puedan obtenerse coeficientes del valor RMS y coeficientes de pico que también podrían ser aplicados a la verificación estructural a través de métodos cuasi-estáticos.

Colaboradores: Alvarez y Alvarez, Gisela M., Rodríguez Aguirre, Juan M. y Beatriz Iturri, de la Facultad de Ingeniería UNNE y del IMIT, CONICET - UNNE. Arq. Rosso, Leandro de la Empresa AET S.A.

Agradecimientos: Al Arq. Leandro Rosso de AET AS - Fideicomiso Torre IPLyC

Organiza:



Costanera. Al personal Técnico del Laboratorio de Aerodinámica, Julián Ortiz y a Miguel Cabrera, personal de servicios generales, por su participación en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, Reglamento CIRSOC 102: "Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones", INTI, Bs. As., Noviembre de 2001.
- [2] A. R. Wittwer, S. V. Möller, "Characteristics of the low-speed wind tunnel of the UNNE", *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 84 (3), pp. 307-320, 2000.
- [3] N. J. Cook, "Wind-Tunnel Simulation of the Adiabatic Atmospheric Boundary Layer by Roughness, Barrier and Mixing-Device Methods", *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 3, pp. 157-176, 1978.
- [4] N. J. Cook, "Simulation techniques for short test-section wind tunnels: roughness, barrier and mixing-device methods", *Wind tunnel Modeling for Civil Engineering Applications*, pp. 126-136.
- [5] J. Blessmann, "O vento na engenharia estrutural", Editora da Universidade, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 1995.
- [6] N. J. Cook, "Determination of the Model Scale Factor in Wind-Tunnel Simulations of the Adiabatic Atmospheric Boundary Layer", *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 2, pp. 311-321, 1977/1978.
- [7] M. De Bortoli, B. Natalini, M. J. Paluch, M. B. Natalini, "Part-Depth Wind Tunnel Simulations of the Atmospheric Boundary Layer", *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, 90, pp. 281-291, 2002.

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