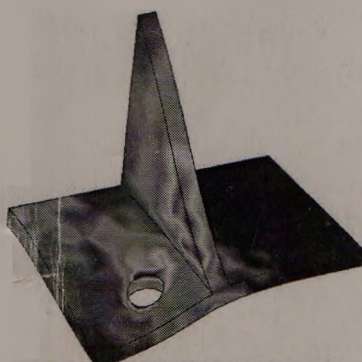


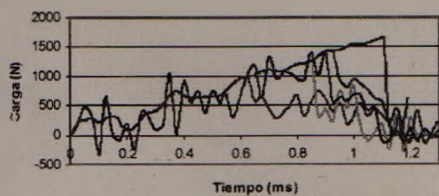
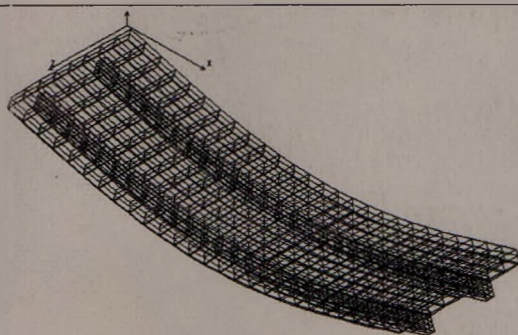


Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ingeniería
U.N.N.E. – Resistencia - Chaco
10 al 12 de Noviembre de 2004

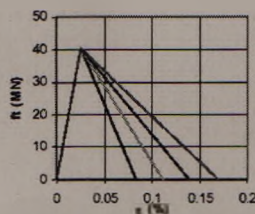


Contour Plot of NODAL V. MISES
(Deformation (M0): DISPLACEMENT of LOAD ANALYSIS, step 1.

2^{DA} JORNADA DE COMUNICACIÓN CIENTÍFICA PARA INGENIERÍA 2004



— Gf = 2160 N/m — Gf = 3240 N/m — Gf = 5400 N/m
— Gf = 4250 N/m (DF) — Ens. Laboratorio



— Gf = 2160 — Gf = 3240
— Gf = 5400 — Gf = 4250

Coefficientes de presión sobre un modelo de cubierta curva aislada abierta.

Morel Claudia A. - Natalini Mario B. - Natalini Bruno
Instituto de Estabilidad - Facultad de Ingeniería.
Universidad Nacional del Nordeste, Av. Las Heras 727, C.P. 3500, Resistencia, Chaco,
Argentina.
E-mail / Teléfono: estabilidad@ing.unne.edu.ar / 03722-425064

Antecedentes.

El uso de cubiertas curvas aisladas en construcciones bajas es una manera estructuralmente eficiente de soportar las cargas de gravedad y viento [1]. Es un tipo de construcción utilizada en nuestro país en galpones para depósito de aviones, cubiertas de clubes deportivos y para almacenamiento de bienes en general. Es en las zonas rurales donde más sufren los efectos del viento, por encontrarse aisladas, sin obstáculos que amortigüen sus ráfagas [2].

El principal escollo que presenta su estudio en modelos a escala, es la zona de separación del flujo sobre su superficie, a bajos números de Reynolds. La importancia de su estudio radica en la falta de resultados planificados y metódicos para su inclusión en la normativa CIRSOC 102.[7]

Se expone en este informe, los resultados obtenidos sobre una serie de ensayos a escala en el túnel de viento de la UNNE, J. P. Gorecki, sobre un modelo de cubierta curva aislada abierta. Se buscó establecer los ángulos de ataque más desfavorables para este tipo de estructura, evaluando la acción del viento con ángulos de incidencia a intervalos de 15°, respecto de la cumbrera.

Materiales y Métodos.

Los ensayos fueron efectuados en el túnel de viento, J. P. Gorecki, que posee una sección de trabajo de 22,4 m x 2,4m de ancho x 1,8m de alto con una velocidad de flujo máxima de 25 m/s cuando la sección de trabajo se encuentra vacía. [3]
Se construyó un modelo a escala 1:75, cuyo esquema puede observarse en la figura 1.

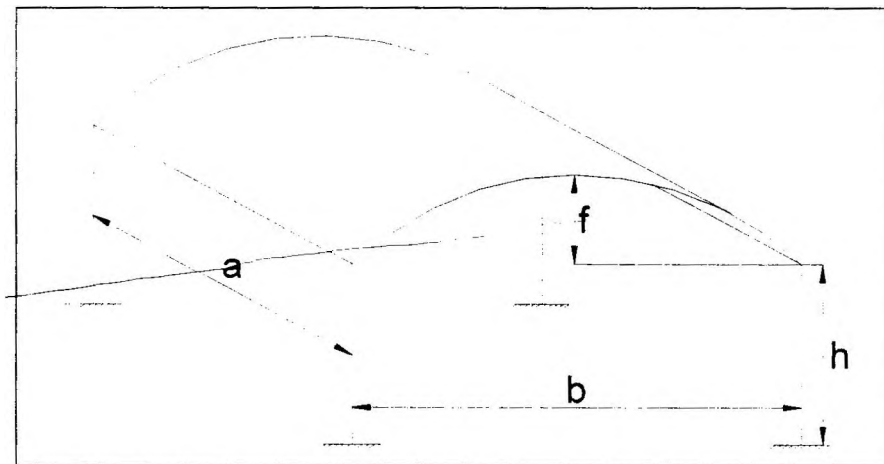


Figura 1. Geometría del modelo ensayado.

Las dimensiones correspondientes son: $a = 0,6$ m, $b = 0,15$ m, $f = 0,03$ m y $h = 0,06$ m. La cubierta del modelo consistió en una placa de aluminio de 2 mm de espesor con columnas de barras acero de 2,5 mm de diámetro. Se agregó arena en la parte superior del techo. El valor de la rugosidad relativa k/d , siendo k la altura media de los granos de arena y d el doble del radio de curvatura del techo, fue de $1,69 \times 10^{-3}$. Este valor permite establecer condiciones de flujo transcrito sobre el modelo sin tener distorsiones excesivas causadas por la rugosidad. [4]

Para reproducir la capa límite atmosférica se colocó rugosidad sobre el piso del túnel, consistente en cubos de Madera y dos espiras, cada una consiste en una placa frontal trapezoidal reforzada con una placa transversal en su cara a sotavento. La escala de simulación fue de aproximadamente 1:150 [5]. Mas detalles de la simulación se pueden obtener en un trabajo anterior [6].

Se colocaron 30 tomas de presión sobre un cuarto del modelo. La medición de las presiones fueron efectuadas utilizando un transductor electrónico Micro Switch Honeywell 163 PC y una llave secuencial Scanivalve 48 D9-1/2. Las tomas de presión fueron conectadas al transductor mediante tubos de PVC de 1,5 mm de diámetro interno. Las señales dadas por el transductor fueron leídas mediante un multímetro digital Keithley 2000. Simultáneamente a la lectura de las tomas de presión sobre el techo, la presión dinámica de referencia, q_{ref} , se midió a la altura de la cumbrera con un tubo Pitot-Prandtl conectado a un micromanómetro tipo Betz.

Discusión de resultados.

Las gráficas de curvas de coeficientes de presión media se muestran en las figuras 2 a 8. Los coeficientes de presión fueron obtenidos mediante la expresión:

$$C_p = \frac{\Delta p}{q_{ref}} \quad (1)$$

donde Δp es la diferencia de presión estática entre la toma de presión y la presión estática de referencia.

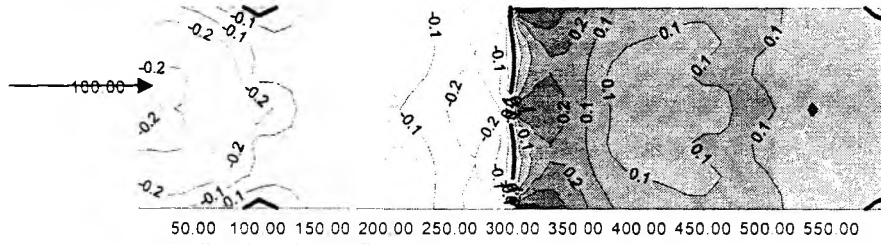


Figura 2. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 0°

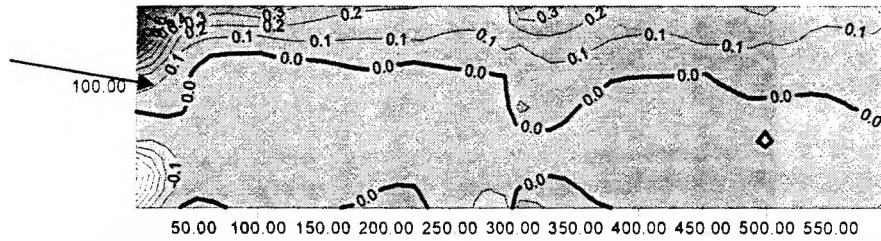


Figura 3. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 15°

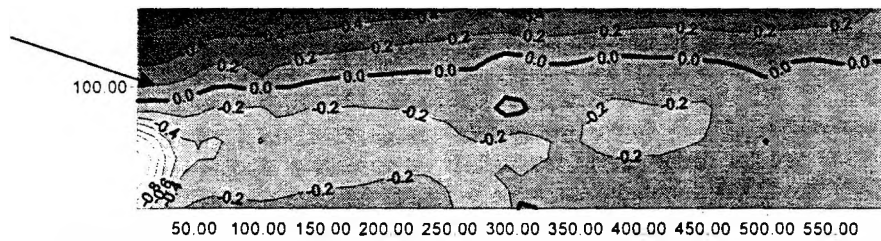


Figura 4. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 30°

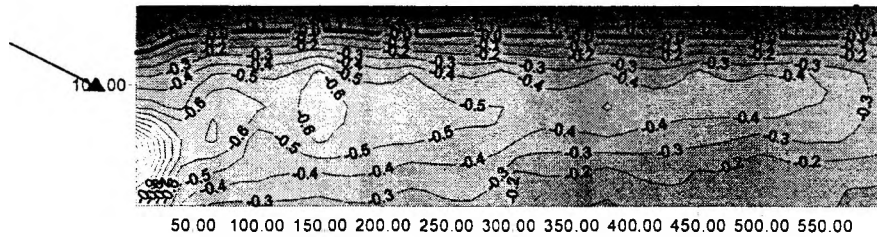


Figura 5. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 45°

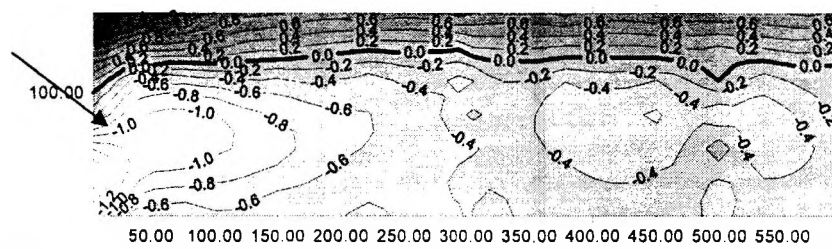


Figura 6. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 60°

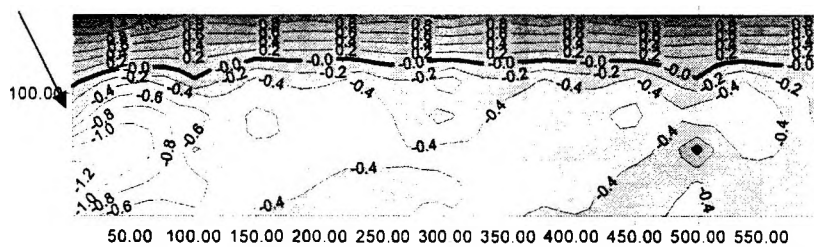


Figura 7. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 75°

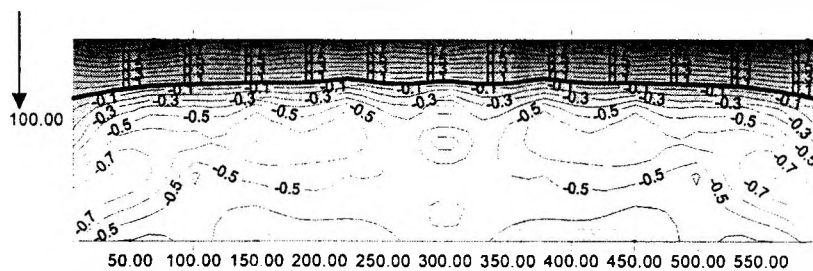


Figura 8. Distribución de coeficientes de presión total para ángulo de incidencia 90°

El coeficiente de fuerza de arrastre es definido por la ecuación:

$$C_d = \frac{1}{A_x} \sum_{i=1}^{106} c_p \cos \theta A_i \quad (2)$$

Y el coeficiente de fuerza de sustentación por la ecuación:

$$C_l = \frac{1}{A_y} \sum_{i=1}^{106} c_p \sin \theta A_i \quad (3)$$

Donde A_i es el área tributaria de la i -ésima toma de presión, θ es el ángulo entre el plano horizontal y el vector fuerza normal a la superficie del techo, A_x es la proyección de la superficie del techo sobre un plano vertical paralelo a la cumbrera y A_y es la proyección del techo sobre un plano horizontal. Un valor negativo de C_l significa una fuerza de sustentación hacia arriba y un valor positivo de C_d significa arrastre a sotavento.

Las tabla 1 muestra los valores de los coeficientes C_l y C_d , mientras que la tabla 2 indica los valores máximos de coeficientes de presión total medios.

Coeficiente de fuerza global	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
C_d	0,00	0,21	0,46	0,68	0,86	0,91	0,80
C_l	-0,03	0,02	-0,06	-0,23	-0,26	-0,20	-0,26

Tabla 1. Valores de Coeficientes de fuerza C_l y C_d .

C_p máximos	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Máximo	0,31	1,00	0,74	1,84	1,76	1,51	1,10
Mínimo	-0,22	-0,74	-1,56	-1,94	-1,80	-1,33	-0,84

Tabla 2. Valores máximos y mínimos del coeficiente de presión total medio.

De las tablas 1 y 2, se observa en cuanto a la variación de los coeficientes de fuerza globales con respecto a la dirección del viento, que entre 0° y 45° no se encuentran los casos más severos. Aunque a los 45° se presentan los coeficientes de presión locales máximos. Entre 60° y 90° la diferencia no es tan clara. No se puede definir a primera vista cual de los casos es el más crítico. En los tres casos, se registran coeficientes medios de presión altos, presentándose los máximos valores para la dirección de 60°. Para los 60°, 75° y 90°, un tercio del techo, aproximadamente, en el sector a barlovento

está sometido a presiones positivas, mientras que el resto está sujeto a succiones. Esto produce un momento respecto del eje de la cumbrera que resulta en cargas actuantes en las columnas que no son reflejadas por los coeficientes de fuerza C_l y C_d . Por otra parte aparecen efectos torsionales debido a la asimetría de las cargas cuando la dirección del viento es oblicua. Es conveniente hacer una evaluación de los coeficientes de momento para definir el estado de carga total.

Conclusiones.

Se han obtenido los coeficientes de presión media y los coeficientes de fuerza actuantes en un modelo de cubierta abovedada ensayada en un túnel de viento con simulación de capa límite atmosférica. Estos datos muestran que las direcciones de viento incidentes entre 60° y 90° respecto del eje de la cumbrera, causan los casos más severos de carga de viento. La dirección de 45° presenta los coeficientes de presión locales máximos, como puede observarse en la figura 5, este efecto se presenta en el modelo en su esquina izquierda a sotavento. Sin embargo no se encuentra entre los casos más severos de coeficientes de fuerza globales.

Estos resultados se compararán con los que se obtengan sobre otra serie de modelos a escala, en los cuales se hará variar la altura. Esta evaluación permitirá establecer las direcciones más desfavorables entre 60° y 90° .

Bibliografía.

- [1] J.D. Holmes and D. A. Paterson. Mean Wind Pressures on Arched-Roof Buildings by Computation. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, Vol. 50 (1993) pp. 235-242.
- [2] J.C.K. Cheung, J.D. Holmes and W.H. Melbourne. High Reynolds Number Wind Tunnel Measurements of Pressures on a Curved Roof Building. 11th Australasian Fluid Mechanics Conference, (Dec 1992) 7C-2.
- [3] Wittwer A. R. y Möller S. V. Characteristics of the Low-Speed Wind Tunnel of the UNNE. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, V. 84 (2000) pp. 307-320
- [4] Natalini M. B., Canavesio O., Natalini B. y Paluch M. J. Wind Tunnel Modelling of Mean Pressures on Curved Canopy Roofs, Proceeding of the Americas Conference on Wind Engineering – 2001, Clemson, USA, June 2001.
- [5] Cook N. J. Determination of the Model Scale Factor in Wind-Tunnel Simulations of the Adiabatic Atmospheric Boundary Layer. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* V. 2 (1977/1978) pp. 311-321.
- [6] De Bortoli M., Natalini B., Paluch M. J. y Natalini M. B. Part-Depth Wind Tunnel Simulations of the Atmospheric Boundary Layer. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* V. 90 (2002) pp. 281-291.
- [7] Reglamento Argentino de acción del viento sobre las construcciones CIRSOC 102. Proyecto en discusión pública. Noviembre 2001.