

EVALUACION DE BAJO COSTO DE VENTILACION NATURAL MEDIANTE EL USO DE MAQUETAS

Alejandro Hernández ¹ y Graciela Lesino ²

INENCO, Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional

Universidad Nacional de Salta - CONICET

Calle Buenos Aires N° 177. (4400) Salta.

TE/FAX (087)-251034

RESUMEN

En este trabajo se describe el método de evaluación experimental de ventilación natural de **Chandra et al** [1] basado en la comparación de datos medidos en un edificio a plena escala con los obtenidos en una maqueta a escala 1:25 del mismo, ambos sometidos al viento natural. Se presentan resultados preliminares sobre la evaluación de dicho método con un prototipo de vivienda del INENCO descrito en un trabajo anterior [2] comparándose los resultados correspondientes a medidas simultáneas en el edificio y la maqueta con los correspondientes a mediciones no simultáneas (lo que permite ahorrar un anemómetro). En ambos casos se varió el intervalo de integración de los datos entre 1 y 15 minutos resultando óptimo el de 10 minutos para los simultáneos y ninguno para los no simultáneos. Para el caso de las medidas simultáneas se presenta la correlación de ajuste entre el edificio y la maqueta.

EL METODO DE CHANDRA

Es un método experimental de bajo costo comparado con los onerosos ensayos en túneles de viento mediante el cual se busca determinar si una maqueta puede reproducir el comportamiento del edificio que representa ya que de ser así, se convertiría en una poderosa herramienta de prediseño en cuanto a ventilación se refiere. Fue desarrollado en el Passive Cooling Laboratory (PCL) del FSEC ubicado en la Estación de la Fuerza Aérea Norteamericana de Cabo Cañaveral, Florida.

El PCL es un edificio concebido para la realización de experimentos de enfriamiento y cuyo tabicado y cieloraso interior puede modificarse a intención. Es así que se montó una habitación sobre la esquina sureste conteniendo dos ventanas equipadas con *wingwalls* [3] (prolongaciones perpendiculares a la pared, situadas sobre los lados contiguos de dos aberturas cercanas y que mejoran el flujo de ventilación al aumentar la presión sobre la que hace de entrada y disminuirla sobre la otra) ubicadas sobre el muro que da al este.

A los fines de la experiencia la Universidad del Estado de Colorado construyó una maqueta de acrílico del PCL a escala 1:25 y la testeó en su túnel de viento.

¹Becario de perfeccionamiento de CONICET

²Investigador de CONICET

Posteriormente se instaló la maqueta junto al PCL a fin de evaluar la ventilación por viento natural en ambos.

Se midió la velocidad de viento exterior a dos alturas distintas sobre un mástil colocado al este del edificio: 10 m y 1,35 m. Esta última coincide con la altura de medición de velocidad de aire dentro de la habitación. La dirección del viento fue medida a 10 m.

La maqueta fue montada cerca del mástil sobre una base rotante, colocándose una veleta sobre el techo para indicar constantemente la dirección del viento respecto a la misma. Para minimizar el error introducido por la radiación solar sobre el sensor omnidireccional de velocidad de aire interior (tipo termistor compensado por temperatura) se cubrió el techo con papel de aluminio. El sensor tiene una cabeza esférica de 2 mm de diámetro aproximadamente y una constante de tiempo del orden de 2 s.

Se colocaron dos de estos sensores en el PCL, uno frente a cada ventana, mientras que en el modelo a escala se empleó sólo uno (frente a una de ellas) ubicado a la misma altura respecto del suelo del campo que en el edificio.

Cerca del 50% de los datos medidos tanto en el edificio como en la maqueta fueron simultáneos, mientras que la mayoría fueron tomados en días nublados o al atardecer y la noche en condiciones de atmósfera estable.

En el túnel de viento la frecuencia de muestreo fue de 100 medidas/segundo durante 30 s mientras que en el campo se efectuaron medidas cada 10 s dibujándose los datos promediados cada 5 min. El error en la medición de velocidad fue del 10% en todos los casos.

Además de las mediciones de velocidad, efectuaron ensayos de visualización de flujos de aire tanto en el campo como en el túnel de viento. En el campo se efectuó la visualización en el edificio a plena escala encendiendo una bomba de humo durante 30 s dentro de la habitación y fotografiando las dos ventanas para ver la entrada y salida del aire. Para dirección de viento exterior de 90° y 0° , observaron que la entrada no estaba bien definida y cambiaba rápidamente debido a las fluctuaciones en la dirección del viento.

En la maqueta visualizaron el flujo de aire durante la noche utilizando un laser de helio-neón de 1,5 mW frente del cual colocaron una lente cilíndrica para obtener un plano iluminado. Introdujeron humo y registraron el patrón de flujo mediante una cámara de video. Si no se ilumina y visualiza un plano por vez, se pierde claridad debido a la dispersión del humo y lo que uno ve es una habitación llena de humo. Los autores opinan que este tipo de visualización sumada a una técnica de digitalización de imágenes por computadora puede conducir a resultados cuantitativos.

Resultados del método de Chandra

Los autores presentaron los resultados mediante gráficos del cociente de la velocidad de aire interior a la exterior (ambas medidas a la misma altura) versus la dirección del viento exterior en un rango de 80° a 180° coincidiendo 0° con la orientación Norte, 90° con la Este, etc. Los datos ploteados corresponden a una velocidad de viento a 10 m de altura superior a 4 mph dado que por debajo de ésta el anemómetro de cazoleta empleado para medirla no se mueve.

Dada la alta densidad de datos recogidos, graficaron los valores promedios a intervalos

de 6° en la dirección del viento juntamente con los resultados de las experiencias con túnel de viento denotando un excelente acuerdo entre los valores medidos en la maqueta y en el edificio a plena escala mientras que los correspondientes al túnel de viento no ajustan tan bien. Muestran además que las wingwalls son poco efectivas para vientos perpendiculares y rasantes a la ventana (90° y 180° respectivamente) mientras que son muy efectivas con vientos oblicuos respecto de las mismas (135° en este caso).

En opinión de los autores, la discrepancia entre los resultados obtenidos en el túnel de viento y los correspondientes a las experiencias de campo se deben a la naturaleza fuertemente cambiante de la dirección del viento natural.

APLICACION DEL METODO

Se está ensayando el método en un prototipo de vivienda que consta de dos locales sin intercomunicación con una puerta y una ventana sobre la pared sur cada uno. A tal efecto se construyó una maqueta del prototipo en acrílico, cubriéndose el techo con papel de aluminio para evitar el asoleamiento del anemómetro colocado en el interior del local que da al este, frente a la ventana.

En una primera etapa se procedió a registrar manualmente datos de velocidad de aire interior en el prototipo y la maqueta (ubicando ambos sensores en lugares geoméricamente "similares") y de viento exterior mediante anemómetros de termistor con señal de salida no lineal en voltios, colocados todos a la misma elevación para evitar la dependencia de la velocidad del viento con la altura dentro de la capa límite turbulenta. Para asegurar la simultaneidad de los datos se procedió a filmar mediante una video cámara la lectura de los tres voltímetros. La dirección del viento se determinó mediante la observación directa de una veleta no electrónica con una apreciación de 45°, determinándose "a ojo" 8 subdivisiones de 22,5° cada una lo cual representa una fuente importante de error. De esta forma, las 131 ternas de datos recogidos se distribuyeron entre 16 posibles direcciones de viento exterior.

Posteriormente, mediante la incorporación de su sistema automático de adquisición de datos que posibilitó entre otras cosas el relevamiento electrónico de la dirección del viento, se efectuaron dos experiencias tendientes a determinar los parámetros óptimos del protocolo de monitoreo:

1. Intervalo de muestreo.
2. Intervalo de integración temporal de los datos.
3. Simultaneidad entre datos recogidos en la maqueta y el edificio.

Las características de ambas experiencias se detallan a continuación.

Experiencia A: En ésta, se procedió a monitorear **simultáneamente** la maqueta y el edificio ocho horas por día, durante cuatro días; registrándose los datos a intervalos de **10 segundos**.

Experiencia B: En este caso se monitoreó primero el edificio durante tres días y al cabo de una semana la maqueta durante cuatro días. En ambos casos el intervalo de muestreo fue de **15 segundos**. Los objetivos de esta experiencia fueron, por un lado, determinar si era posible aplicar el método midiendo con el mismo sensor en el edificio y la maqueta

a fin de ahorrar un instrumento (disminuyendo así el costo de equipamiento) y, por el otro, analizar la influencia de distintas distribuciones en la dirección y velocidad del viento. Recordemos que los autores del método recogieron sólo el 50 % de los datos simultáneamente.

RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se presentan gráficos del cociente de la velocidad del aire interior a la exterior para el prototipo y la maqueta versus la dirección del viento exterior para un valor de su velocidad superior a 1,2 m/s en general, ya que por debajo de este nivel los datos presentan mucha dispersión para una misma dirección. Estos datos resultan de promediar los cocientes de los valores observados en cada dirección considerada.

En la figura 1, correspondiente a los datos tomados manualmente, se observa un buen acuerdo entre la maqueta y el edificio dentro de los 90°. Para ángulos mayores disminuye considerablemente la frecuencia de observaciones de tal manera que para 112,5° queda sólo una medición, para 135° dos y para 180° una, las cuales, evidentemente, no se pueden mejorar por promedio. En las direcciones restantes no hay observaciones en este caso.

En la figura 3 se presentan los resultados correspondientes a la experiencia A. El primer cuadro contiene todos los datos promediados únicamente cada 6° de dirección de viento exterior. En este gráfico se observa que el comportamiento de la maqueta tiende a aproximarse al del edificio al superar los 70°, alejándose nuevamente a partir de los 100°. En las restantes direcciones la frecuencia de observaciones sobre un total de 4718 datos disminuye considerablemente según se observa en el cuadro inferior derecho. En el cuadro superior derecho (y siguientes) se incluyen los datos correspondientes a una velocidad de viento exterior superior o igual a 1,2 m/s promediados cada 6° de dirección.

Los últimos cuatro cuadros corresponden a datos promediados temporalmente cada 1, 3, 5 y 10 minutos. En este último se observa una correcta concordancia entre picos y valles del edificio y la maqueta aunque no existe acuerdo en los montos de los cocientes de velocidades. Sin embargo, multiplicando los cocientes correspondientes a la maqueta por 1.773853 se obtiene un buen ajuste con los correspondientes al edificio según se observa en la figura 2. Esto significa que, en promedio, la maqueta subestima en un 44% el comportamiento del edificio.

La figura 4 corresponde a la experiencia B. Todos los gráficos corresponden a una velocidad de viento exterior $\geq 1,2$ m/s y están promediados cada 6°. En el cuadro superior derecho se observan las frecuencias de ocurrencias de datos según la dirección del viento exterior estando desplazados sus máximos alrededor de 10°. Al igual que en la experiencia A, la dirección preponderante coincide con la ENE de la rosa de los vientos, lo cual es habitual en la ciudad de Salta a lo largo del año. En esta experiencia no se pudo encontrar un intervalo de integración temporal donde coincidieran los picos y los valles entre maqueta y edificio. En todos los casos se observa que los máximos de ambos cocientes dentro del intervalo de mayor frecuencia de datos casi coinciden no manifestándose necesario un factor de 1.77 para ajustar ambas curvas como en la experiencia anterior. Pareciera también que ambas curvas están desplazadas alrededor de 10° coincidiendo con sus respectivas curvas de frecuencia lo cual podría indicar que los resultados dependen de la distribución de direcciones del viento incidente y del número de datos recogidos (mayor para la maqueta en este caso).

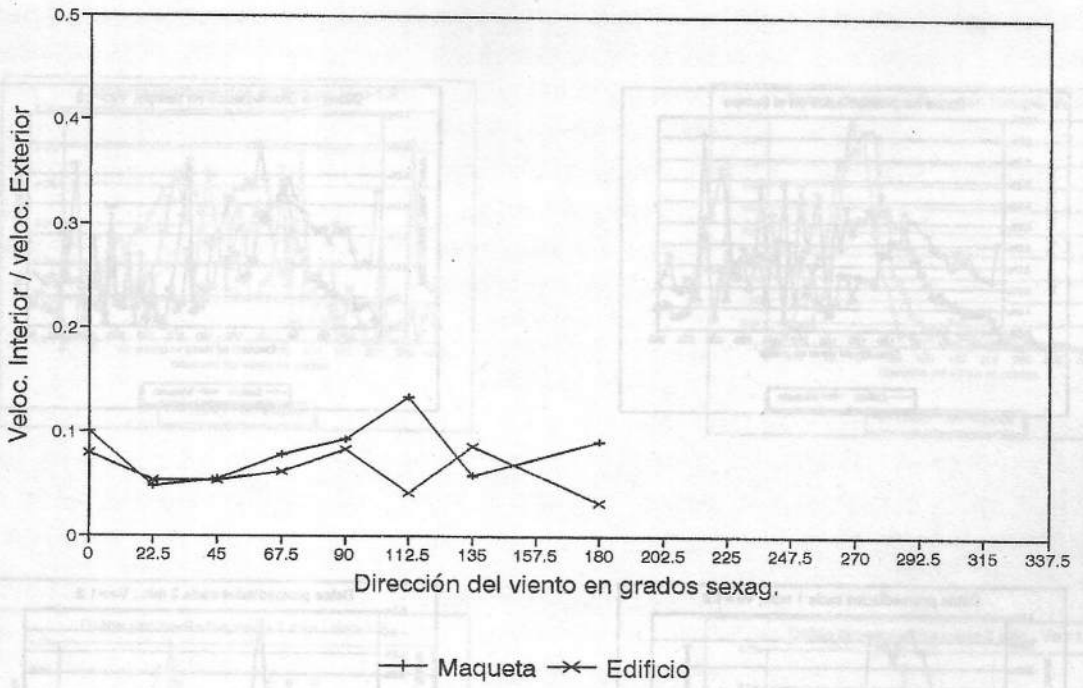


Figura 1: Valores registrados manualmente para $V_{ext.} \geq 1,5$ m/s.

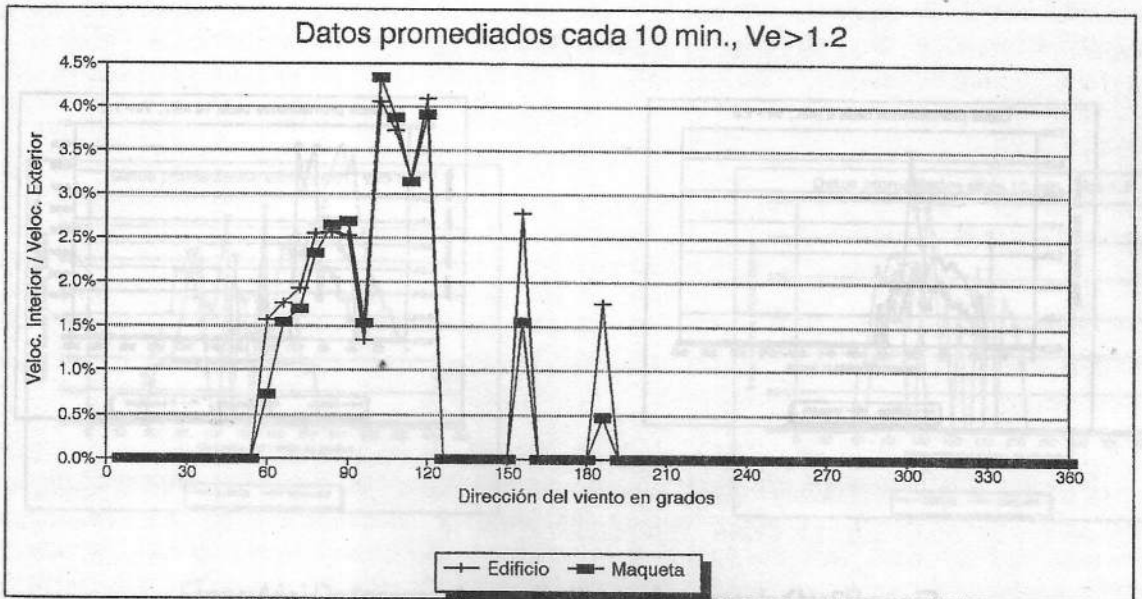


Figura 2: Curvas ajustadas multiplicando los valores de la maqueta por 1.773853

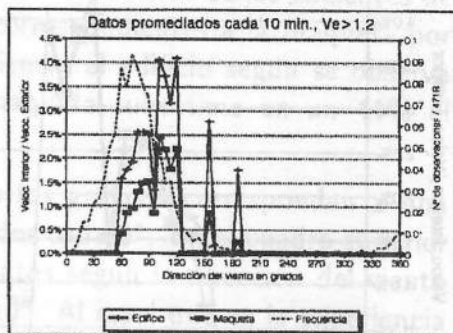
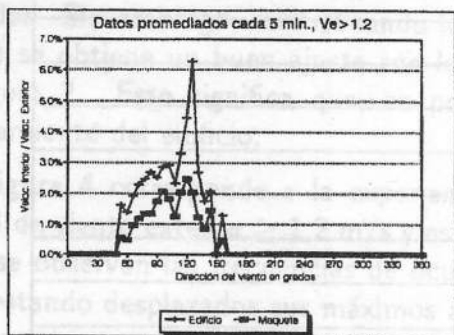
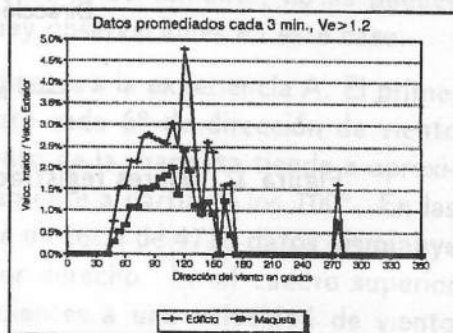
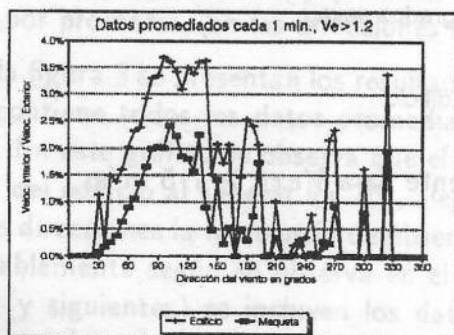
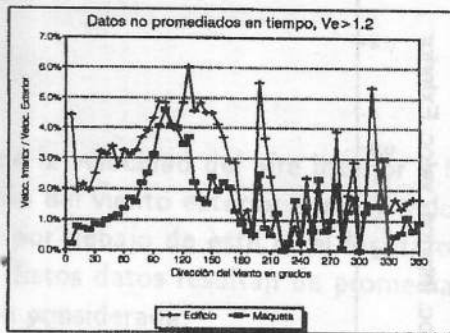
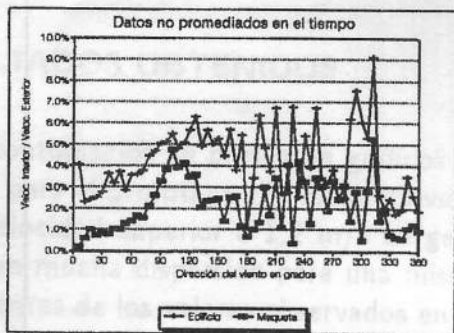


Figura 3: Datos correspondientes a la experiencia A

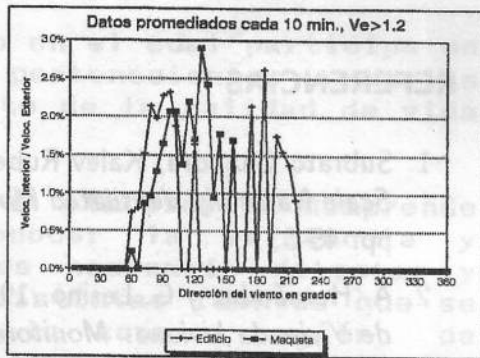
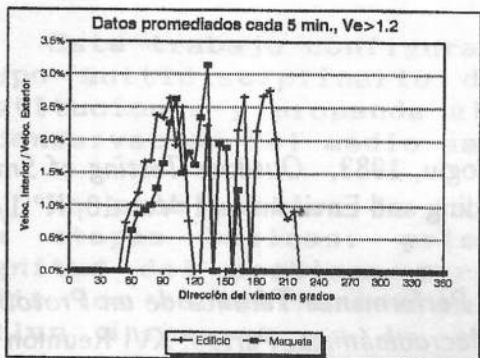
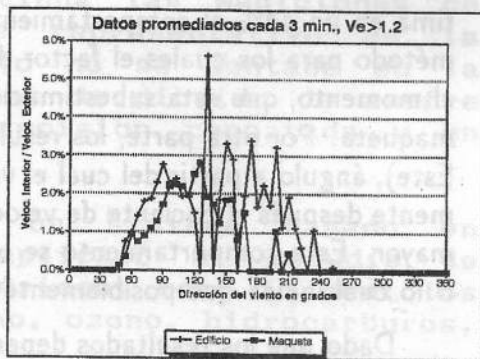
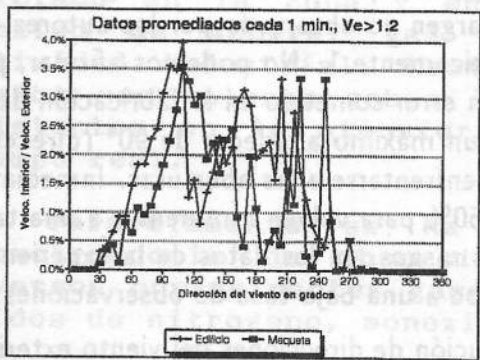
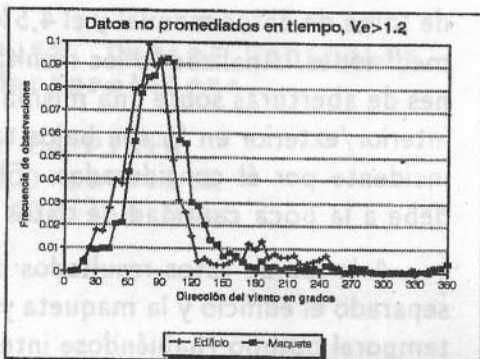
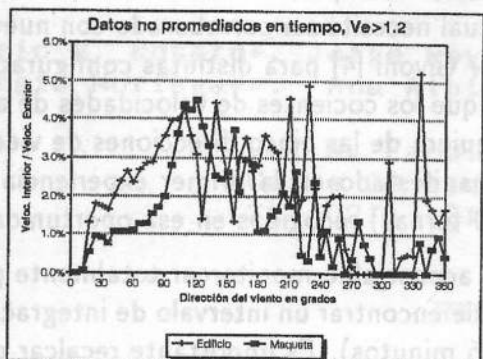


Figura 4: Datos correspondientes a la experiencia B

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se deduce que la renovación del aire interior es baja para la configuración ensayada ya que el cociente de velocidades no supera el 12% en la experiencia de toma de datos manual y el 4,5% en las A y B lo cual necesita ser corroborado con nuevas mediciones. Analizando los resultados obtenidos por Givoni [4] para distintas configuraciones de aberturas sobre una misma pared se observó que los cocientes de velocidades de aire interior/exterior en % son bajos también para cualquiera de las cinco direcciones de viento incidente por él consideradas. El valor del 12% manifestado en la primer experiencia se debe a la poca cantidad de datos (alrededor de 130 ternas) recogidos en esa oportunidad.

A la luz de estos resultados preliminares no es aconsejable monitorear totalmente por separado el edificio y la maqueta ya que no fue posible encontrar un intervalo de integración temporal óptimo (habiéndose intentado entre 1 y 15 minutos). Es importante recalcar que en esta experiencia variaron las distribuciones de frecuencias y el número total de datos colectados entre el edificio y la maqueta ya que el primero se monitoreó durante tres días y la segunda durante cuatro.

De los datos obtenidos simultáneamente se desprende que la maqueta ensayada subestima en un 44% el comportamiento del edificio, margen no observado por los autores del método para los cuales el factor de ajuste fue prácticamente 1. No podemos afirmar, por el momento, que esta subestimación provenga de un error cometido en la fabricación de la maqueta. Por otra parte, los resultados evidencian un máximo alrededor de 90° (dirección Este), ángulo a partir del cual el viento comienza a enfrentarse a las aberturas. Inmediatamente después el cociente de velocidades cae a un 50% para volver a aumentar a una tasa mayor. Este comportamiento se observa, a grandes rasgos, en los datos de la experiencia B lo cual indica que posiblemente existe y no se debe a una baja tasa de observaciones.

Dado que los resultados dependen de la distribución de direcciones del viento exterior, es necesario rotar la maqueta enfrentando las aberturas al viento preponderantes a fin de aumentar el número de observaciones a partir de los 120°.

Todas estas conclusiones deben ser corroboradas con nuevas mediciones sobre el edificio ensayado y, en lo posible, con otros edificios.

REFERENCIAS

1. Subrato Chandra, Kalev Ruberg, Alp Kerestecioglu, 1983, *Outdoor Testing of Small Scale Naturally Ventilated Models*, Journal Building and Environment, Vol. 18, N° 1/2, pp. 45-53.
2. A. Hernández y G. Lesino, 1993. *Análisis de la Performance Térmica de un Prototipo de Vivienda Liviana: Monitoreo y Simulación Macrodinámica. Parte I*. XVI Reunión de Trabajo de ASADES, La Plata, Buenos Aires.
3. *Principles of Low Energy Building Design in Warm, Humid Climates*, September 1983, reporte preparado por el Florida Solar Energy Center, 300 State Road 400, Cape Canaveral, FL 32920, U.S.A.
4. B. Givoni, 1976, *Man, Climate and Architecture*, 2ª edición, APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD, LONDON; ISBN: 0 85334 678X.