



METODOLOGÍA DE BAJO COSTO PARA LA EVALUACIÓN DE VENTILACIÓN NATURAL EN VIVIENDAS OCUPADAS.

Eduardo Yarke (1), Alicia Picción (2); María Noel López (2)

(1) Departamento de Tecnología - Universidad Nacional de Luján – UNLU –

Prov.de Buenos Aires – Argentina – yarke@abaconet.com.ar

(2) Departamento de Clima y Confort en Arquitectura – Facultad de Arquitectura – Universidad de la República – Uruguay – apiccion@farq.edu.uy

RESUMEN

Propuesta: Este trabajo forma parte de un Proyecto Conjunto entre la Universidad Nacional de Luján, Argentina y la Universidad de la República, Uruguay, sobre el tema “Ventilación Natural en Viviendas”. El objetivo de la primera etapa es analizar patrones de flujo y estimaciones de velocidad de desplazamiento sobre modelos a escala y evaluar la efectividad de la ventilación desde el punto de vista de la percepción de los usuarios de las viviendas estudiadas. Con las herramientas actuales ninguna metodología es totalmente excluyente, sino que es conveniente utilizar visualizaciones y estimaciones sobre modelos a escala, simulaciones y comprobaciones a escala real. Por otro lado, evaluar la acción de ventilar un espacio es complejo porque depende del usuario, sus hábitos y percepción sensorial del confort. **Abordaje:** Para visualizar y analizar patrones de flujos interiores, se desarrolla y construye un equipamiento de bajo costo, que permite la generación y aplicación de humo sobre modelos a escala. El trabajo se completa con la realización de encuestas de confort centradas en el uso y percepción de los efectos de la ventilación natural sobre los usuarios. **Resultados:** Esta metodología permite conocer el funcionamiento, en cuanto a la ventilación natural, de las tipologías de viviendas y avenatanamientos seleccionados y evaluar propuestas de modificaciones rápidamente. **Contribuciones:** Desarrollar una metodología de evaluación de bajo costo.

Palabras clave: Ventilación Natural, visualización de flujos, pruebas con humo, percepción de los usuarios

ABSTRACT

Propose: This work takes part of a Joint Project between National University of Lujan, Argentina and the University of the Republic, Uruguay, on the topic “Housing Natural Ventilation”. The aim of this first part is analyze the airflow patterns and estimate velocities in scale models so as to evaluate the effectiveness of natural ventilation from users perception. To date, there are not tools or methodology totally exclusive, but it is usefully the airflow visualizations as estimations on scale models simulations and checking to real scale. On the other hand, to evaluate the action to ventilate a space is complex because it depends on the user habits and sensory perception of the comfort. **Methods:** It is built as a low cost equipment to visualize and analyze interior patterns airflow through tracer gases. This work is completed with user comfort perceptions in contrast with measurements of temperature and humidity in real houses. **Findings:** This methodology allows knowing the function of the natural ventilation design. **Originality/value:** A low cost evaluating methodology.

Keywords: natural ventilation, patterns airflow, Tracer gas experiments, comfort perception.

1. INTRODUCCION

En el campo de la ventilación natural los avances en materia de modelos de cálculo, simulación y estudios sobre modelos a escala son continuos; sobre todo con el desarrollo de modelos de simulación en base a la Fluido Dinámica Computacional (CFD) incorporada a los modelos de redes (networks) (Papakonstantinou et al., 2000; Allocca et al., 2003). Sin embargo, estos métodos son poco comprensibles para los arquitectos y la complejidad del tema es tan grande que, generalmente, se simplifican las condiciones iniciales de las variables a ser consideradas por el modelo (Dascalaki et al., 1996) lo que genera cierta incertidumbre en los resultados. Esta dificultad inicial es propia de las características intrínsecas del tema, ya que los sistemas con ventilación natural son básicamente sistemas abiertos, constantemente dinámicos y de una altísima variabilidad en las condiciones reales, sobre todo por las características aleatorias del viento incidente sobre los edificios (Flourentzou et al., 1998; Assimakopoulos et al., 2002). Recordemos que la presencia de viento en forma casi constante, es una característica relevante del clima en la región del Río de la Plata.

La ventilación natural de los edificios se basa en diferentes principios y depende de factores variables y permanentes. Los factores determinantes del sistema vienen dados por la presión del viento incidente sobre los muros y aberturas de un edificio, el ángulo de incidencia del viento, la diferencia de temperatura entre el aire exterior y el interior y las fluctuaciones de presiones en la abertura debido tanto a la velocidad del viento que ingresa o egresa como al perfil de las temperaturas internas, lo cual provoca un movimiento fuertemente turbulento en el aire contenido dentro del local. (Allard et al., 1998). Asimismo la ventilación natural funcionará de acuerdo a la forma del edificio, las cargas de calor internas y la localización y características de las aberturas.

Para el análisis de los patrones de flujos interiores los modelos a escala y utilizando humo, siguen siendo una opción válida y que ha sido instrumentada frecuentemente empleando túneles de viento (Cook, 1989; Allard y Utsumi, 1992). Pero en la región hay pocos y su uso es costoso, con lo cual esta herramienta no tiene una implementación sencilla. Esto obliga a buscar alternativas y a definir con flexibilidad los objetivos y condiciones de las experiencias, cuando existe un acotado marco de recursos disponibles.

2. OBJETIVOS

Los estudios que se presentan en este artículo forman parte de las tareas programadas dentro del Proyecto Conjunto que se realiza entre la Universidad Nacional de Luján, Argentina (UNLU) y la Universidad de la República de Uruguay (UDELAR) sobre el tema “Ventilación Natural en Viviendas”. Se trabaja sobre la vivienda social financiada por el Banco de Previsión Social del Uruguay (BPS) gestionada por el Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), para los jubilados y pensionistas que perciben los menores ingresos. Por tratarse de hábitat popular y en especial del sector de adultos mayores que es una población vulnerable, es importante manejar la ventilación natural como estrategia bioclimática para lograr el confort térmico y calidad del aire interior por medios naturales, reduciendo el consumo de energía.

Los objetivos de esta primera etapa son: demostrar el potencial de un equipo de bajo costo que permite hacer visualizaciones de flujos en el interior de modelos a escala, comparar la velocidad de desplazamiento de los flujos en distintos modelos y evaluar la efectividad de la ventilación natural desde el punto de vista de la percepción de los usuarios de las viviendas estudiadas.

3. MÉTODOS

La metodología aplicada en este trabajo se apoya en estudios experimentales de laboratorio desarrollados en la UNLU y trabajos de campo en dos conjuntos de vivienda ubicados en la zona metropolitana de Montevideo. En síntesis, consiste en la visualización, análisis y comparación de los patrones de flujos interiores en los modelos a escala de dos tipologías de viviendas y su correlación con la percepción de confort en los usuarios de estas tipologías respecto a la ventilación natural de sus viviendas. Este análisis se apoya en la realización de mediciones y de encuestas, en las que se revela, además del ambiente térmico, las pautas de uso de la ventilación y las molestias causadas por

determinados flujos. Luego se contrastan los resultados de ambos tipos de estudio. Esta metodología permite retroalimentar la investigación.

3.1. Selección de las tipologías de vivienda a estudiar

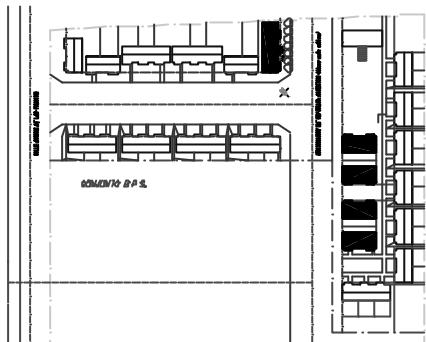


Fig 1 – Conjunto Barrio del Este; ubicación de viviendas seleccionadas.

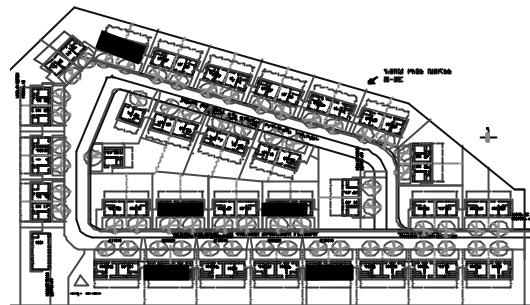


Fig 2 – Conjunto Barrio Talca; ubicación de viviendas seleccionadas.

El universo de esta investigación son las viviendas del BPS-MVOTMA ocupadas y ubicadas en el área metropolitana de Montevideo. Este universo se clasifica según tres tipologías edificatorias: *viviendas en altura*, *viviendas en tiras* y *viviendas apareadas*. Para este artículo se presenta el estudio sobre la categoría vivienda apareada representada en dos conjuntos residenciales de 50 unidades cada uno. Si bien todas las viviendas tienen un área de 35 m² cada una, la resolución en planta y el diseño de la ventilación son diferentes para cada conjunto. Se seleccionan 5 viviendas por conjunto para trabajar con un 95% de confianza sobre la muestra (figuras 1 y 2).

3.2. El sistema para verificaciones con humo sobre modelo a escala

De cada tipología se realizó un modelo escala 1:25 cuyas características principales son las de tener un lateral, el techo y los tabiques interiores transparentes y el resto de las superficies pintadas de negro mate interior y exterior para acentuar los contrastes de luminosidad. Tanto el aventanamiento como las puertas del modelo respetan las dimensiones, tipologías y movimiento del original. Este modelo se apoya sobre una base que ofrece un plano superior translúcido con luminosidad uniforme proveniente de cuatro lámparas BC incluidas en la caja que forma parte de la base de apoyo. Esta caja contiene además un “cooler” y una serie de perforaciones que aseguran la ventilación de la caja y su superficie luminosa y estabilizan la temperatura radiante de la superficie luminosa en un valor de ΔT de +2°C sobre la temperatura ambiente alrededor de la caja. De esta manera se simula la mayor temperatura interna con respecto a la externa, aunque con radiación térmica proveniente del piso del modelo. El conjunto de un modelo a escala y caja se muestra en la figura 3.



Fig. 3 - Conjunto de modelo a escala y base

Para la generación y aplicación de humo sobre el modelo a escala se utiliza una máquina productora de humo, conectada mediante una manguera de plástico a un bidón vacío de los que se utilizan normalmente para contener agua, que hace las veces de cámara descompresora. Esta cámara se conecta a su vez con una turbina del tipo Michel Banki contenida en una caja con forma de campana en la parte superior y salida y emisión de la mezcla aire-humo por la parte frontal (Figura 3). Un regulador electrónico de velocidades establece un rango limitado de las velocidades de salida del humo. Este conjunto ya se había empleado anteriormente en otras experiencias similares (Yarke et al., 2001, Yarke et al., 2004).

Todas las experiencias se realizaron colocando el modelo a escala a una distancia de 0,13m de la salida del humo, de manera que el flujo incida directamente sobre las aberturas e impacte sobre las mismas en forma laminar. La velocidad de incidencia a esa distancia se estabilizó en 0,3 m/s real (lo que da un número de Reynolds estimado de $Re_D = 1900$). La observación visual se completa y realimenta con la filmación del proceso por medio de una cámara digital Canon A75 que en modo video toma 15 fotos por segundo. La posición esquemática de los equipos y la cámara, así como el ángulo de abertura y distancias, se muestra en la figura 4

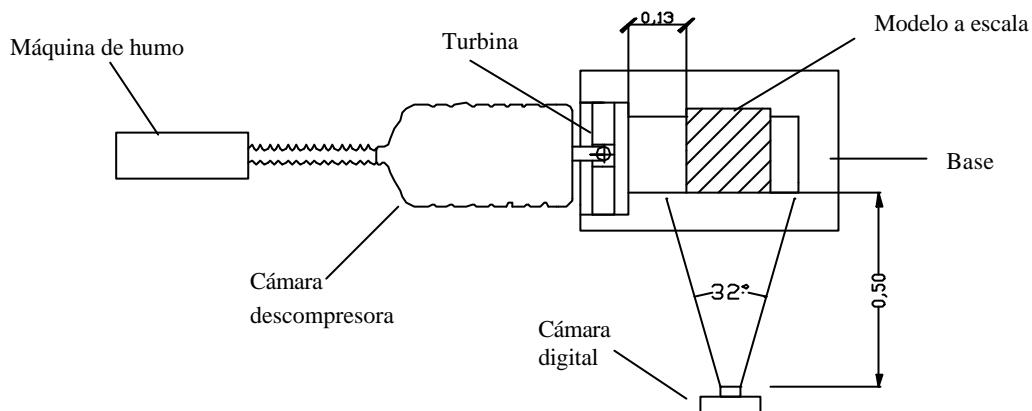


Fig. 4 – Esquema indicando la ubicación de cada elemento para la toma de los videos

La cámara tiene incorporada una tarjeta que permite almacenar 32Mb de fotos y videos, lo cual incluye la posibilidad de 30 segundos de filmación con una resolución de 640x480 ppp. Esta es una gran ventaja pues permite disponer de tiempo suficiente para concretar algunas experiencias con muy buena resolución.

Para tener una referencia que permita posteriormente analizar en detalle las tomas realizadas, se coloca por delante del modelo a escala y pegado a él, una malla de alambre de trama cuadrada de 12 mm de lado equivalentes a 0,3 m reales en la escala adoptada. El módulo cúbico equivalente a 0,3 m de lado en dimensiones reales se adoptó como unidad de medida básico para analizar movimientos convectivos en función de la escala humana, ya que en él caben una cabeza humana más las capas de aire próximas; una persona de pie y con los brazos plegados lateralmente más las capas de aire próximas puede estar contenida en 25 a 31 módulos de estas dimensiones,

Todas las tomas se repiten una cierta cantidad de veces para comprobar la reiteración de los patrones de flujo y demás parámetros. Estas tomas se bajan a la computadora y se analizan foto por foto determinando patrones de flujo (Figuras 7 y 8), velocidad de impacto sobre la abertura y en los vórtices externos, velocidades de desplazamiento por el interior del modelo a escala y en diferentes lugares internos y velocidad de salida del aire por la cara opuesta a la de incidencia, estimación ésta que juntamente con la verificación del tiempo de vaciado permite estimar el caudal circulante en cierto tiempo.

3.3. Desarrollo de los experimentos con máquina de humo

En las figuras 5 y 6 se presentan plantas y perspectivas de las dos tipologías estudiadas.

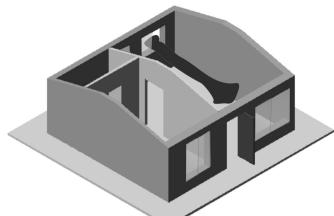
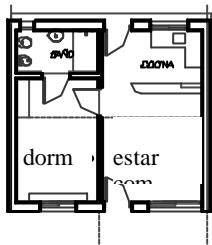


Fig.5 – Tipología de vivienda Barrio del Este, planta y modelo 3D

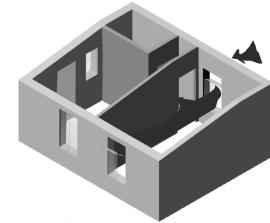
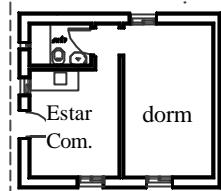
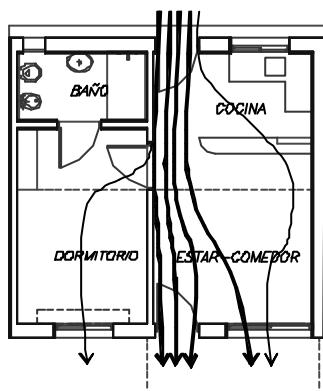


Fig.6 – Tipología de vivienda Barrio Talca, planta y modelo 3D

Se desarrollaron varias experiencias con cada modelo, según dirección del viento incidente y para diferentes situaciones:

Sobre el modelo de Barrio del Este: (i) viento frontal sobre fachada A, todos los cerramientos abiertos; (ii) viento frontal y cerramientos abiertos sobre fachada A y puerta abierta y ventana cerrada en fachada B (fig. 7). (iii) viento frontal sobre fachada B y sólo la ventana del dormitorio abierta; (iv) viento frontal sobre fachada B, ventana de cocina y puerta que comunica los dos sectores de la vivienda abiertos; (iv) viento frontal y ventana abierta sobre fachada B y los demás cerramientos cerrados.



fachada A

fachada B

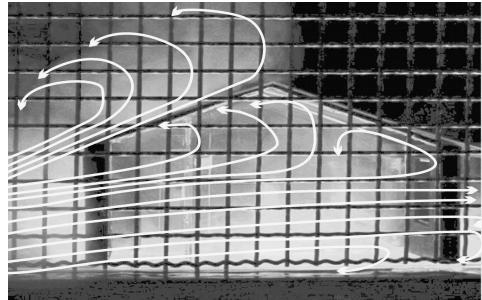


Fig. 7 - Patrón de flujo con humo incidiendo sobre las aberturas, Barrio del Este

La simulación de los parámetros de flujo se puede visualizar tanto en alzado como en planta. En la figura 7 se presentan las observaciones de la experiencia realizada sobre el modelo con viento incidiendo sobre la fachada A. Se observa que el mayor caudal se ubica en el sector del estar y cocina en el eje de las puertas enfrentadas. El resto de los flujos se reparte al estar –cocina y en menor medida se observan circulaciones hacia el dormitorio. En corte se puede ver que el flujo de aire se reparte uniformemente en todo el volumen del estar, no encontrándose zonas con aire quieto.

Sobre el modelo del Barrio Talca: (i) viento frontal sobre fachada B y todos los cerramientos abiertos; (ii) viento frontal y ventana abierta sobre fachada B, en fachada A cerramientos cerrados. (iii) viento frontal sobre fachada B, puerta cerrada y ventana abierta y los restantes cerramientos vidriados cerrados; (iv) viento frontal sobre fachada A, todos los cerramientos abiertos (fig. 8).

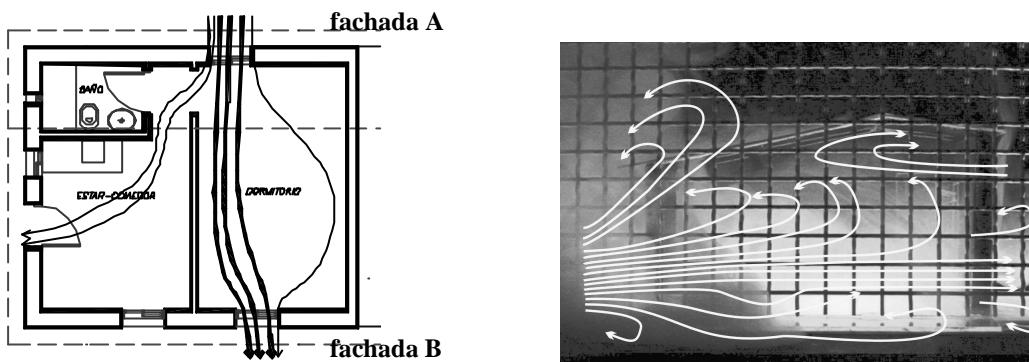


Fig. 8. Patrón de flujo característico con humo incidiendo sobre las aberturas abiertas, unidad de Barrio Talca.

En la figura 8 se presentan las observaciones de la experiencia realizada sobre el modelo con viento incidiendo sobre la fachada A. Se observa que el mayor caudal se ubica en el dormitorio y en el eje de las ventanas enfrentadas. El resto de los flujos se reparte hacia el estar –cocina, pero no existen circulaciones hacia el baño. En corte se puede ver que el flujo de aire no se reparte uniformemente en todo el espacio, se encuentran zonas de aire quieto (zonas más oscuras).

3.4. Realización de encuestas y monitoreos en las viviendas

Evaluar la acción de ventilar un espacio interior es complejo. La misma no es sólo una acción refleja ni tampoco sólo un acto pensante, la mayoría de las veces está relacionada con la percepción sensorial del confort. La gente actúa según lo que ella considera que es lo “correcto”, dentro de un marco de restricciones sociales, condicionantes psicológicas (edad, sexo y salud) y de su propio bagaje cultural. Se tratar de confrontar los requerimientos teóricos necesarios para alcanzar los mínimos necesarios y las acciones que realmente realizan los usuarios de esa edad.

En relación a la satisfacción de una vivienda la mayoría de los autores estiman necesario abordar el análisis desde la complementariedad de los enfoques subjetivos y objetivos (Rojo Pérez et al, 2002)

A los efectos del trabajo de campo se estableció las variables que tienen que ver con el confort y la ventilación en viviendas. De acuerdo con su naturaleza algunas fueron analizadas desde el punto de vista objetivo-cuantitativo, mientras que otras presentan un enfoque subjetivo-cualitativo. Para el análisis subjetivo-cualitativo, que se plasma en el grado de satisfacción residencial, se siguió el método de encuestas a los usuarios de las viviendas. Para el análisis objetivo-cuantitativo se monitoreó las variables externas (temperatura y humedad relativa, dirección y velocidad del viento) y las internas (temperatura y humedad relativa del aire). Este doble enfoque permite contrastar los resultados de las mediciones y los de las encuestas para acercarse con más fiabilidad a la percepción de la satisfacción residencial y dentro de ésta al confort térmico.

En la Tabla 1 de la siguiente página se presentan los resultados de las mediciones realizadas en las viviendas seleccionadas en el Barrio del Este, en valores medios. Los datos de temperatura y humedad relativa interior se corresponden con una medición diurna de doce horas realizada el mismo día de la encuesta, como forma de verificar cuantitativamente lo que el encuestado declara. Los monitoreos extensos en estos conjuntos están previstos en etapa posterior. En la Tabla 2 se presentan los resultados de las encuestas a los usuarios de las mismas viviendas sobre su percepción de confort y la evaluación de confort realizadas por simulación, utilizando el programa CST del laboratorio Labeee, Universidad Federal de Santa Catarina. Este software tiene como objetivo principal la evaluación de las condiciones de confort y estrés térmico de un ambiente en situaciones reales, basado en normas internacionales.

En el momento de las mediciones las unidades 846 y 848 tenían puertas y ventanas cerradas con protección solar y esto se corresponde con las temperaturas interiores medias más bajas (tabla 1); según la encuesta acostumbran ventilar por la mañana temprano y al atardecer. En las otras unidades,

la ventilación natural se usa siempre durante las horas del día, estimando por cálculo entre 39 y 50 renovaciones de aire por hora (tabla 2); en ningún caso se recurre a la ventilación nocturna.

Como se desprende de la tabla 2 los usuarios muestran una alta adaptación a las condiciones ambientales del espacio, ya que con temperaturas interiores diurnas medias entre 27 y 29 °C responden que se encuentran en confort, mientras que para las evaluaciones por simulación en las mismas condiciones los usuarios estarían dentro de la zona ligeramente cálida. Durante el período caluroso, el 80 % de las personas responde sentirse en confort en su vivienda (no siente ni frío ni calor), pero el 100% reconoce situaciones de desconfort provocadas por corrientes de aire molestas.

Tabla 1. Datos de mediciones realizadas en 5 unidades de vivienda de Barrio del Este

Lugar: Núcleos básicos - Las Piedras URUGUAY
Fecha: 30/01/06 Período caluroso
Tipo de ventilación natural: CRUZADA

Apto	Mediciones									Observaciones	
	Interior de las viviendas					Exterior					
	Orient.	Tmi	TMR	HR i	Ilu	Tme	HRe	Vel m	Dir. V.		
846	N-NE	26.96	28.96	45.81	186	25.64	44.05	1.89	E	Sin ventilación natural	
848	N-NE	26.15	28.15	45.00	160	25.64	44.05	1.89	E	Sin ventilación natural	
812	O-SO	27.58	29.58	41.10	437	25.64	44.05	1.89	E	ventilación y sin protección	
814	O-SO	28.26	30.26	40.60	335	25.64	44.05	1.89	E	ventilación y protección	
841	NO	29.04	31.04	42.13	450	25.64	44.05	1.89	E	ventilación y sin protección	

Tmi = temperatura interior media °C; TMR = temperatura media radiante °C; Ilu = iluminación interior media en luxes. Vel m = velocidad exterior media en m/s.

Tabla 2. Evaluaciones de confort en las 5 unidades de Barrio del Este

Lugar: Núcleos básicos - Las Piedras URUGUAY
Fecha: 30/01/06 Período caluroso
Tipo de ventilación natural: CRUZADA

Apto	Encuestas	Simulación					Según CIBSE Cálculos caudal Rph- Estar
		Labeee: Analysis (CST)					
	PMV	PPD	sensación	PMV	PPD		
846	1	50	ligeramente cálido	0.30	6.92	2.00	
848	0	0	confort	0.05	5.06	2.00	
812	0	0	confort	0.53	10.82	49.60	
814	0	0	confort	0.82	19.11	41.33	
841	0	0	confort	1.17	34.01	39.27	

Para la simulación se supone una velocidad de viento interior de 0.1 m/s

En los siguientes gráficos se presentan resultados de algunos de los aspectos relevados en las encuestas realizadas en verano, por ejemplo uso de los espacios y cualidades preferidas y uso de la ventilación y percepción de corrientes de aire molestas.

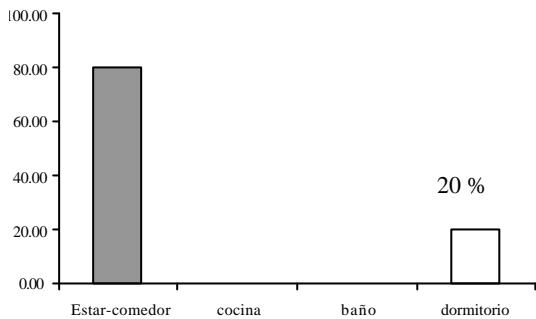


Fig 11. Espacio donde pasa más tiempo

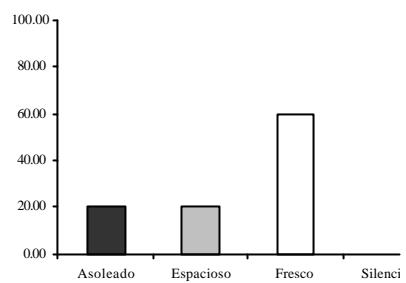


Fig 12. Gráfico cualidades preferidas

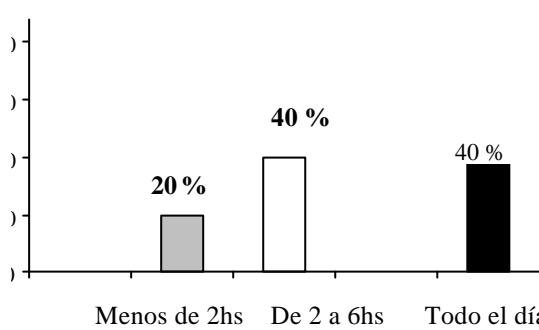


Fig 13. Horas al día que abren las ventanas (ESTAR-verano)

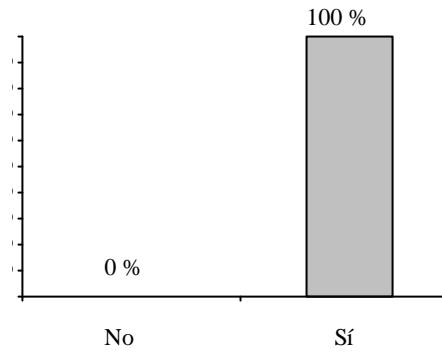


Fig 14. Existencia de corrientes molestas

Como puede verse en las gráficas el espacio donde pasa la mayor parte del tiempo, exceptuando las horas de la noche, es el estar. ¿Qué cualidades presenta el estar?, la más nombrada es la de ser un espacio fresco, es decir que la ventilación cruzada juega un rol importante en la percepción del confort de los usuarios. Para evitar el efecto de las corrientes molestas los usuarios nunca abren las dos puertas a la vez por lo que baja la velocidad del aire interior y el caudal de aire renovado.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el análisis foto por foto de los patrones y las velocidades de los flujos, se observa que el movimiento del aire con ventilación cruzada es siete veces más rápido que con ventilación unilateral. En una primera instancia esto resultaría muy beneficioso para el usuario. Pero cuando se utiliza esta metodología de contrastar los patrones de flujo con la percepción de los usuarios se puede dar una respuesta más afinada sobre la efectividad del diseño del avenantamiento. Es así como en las tipologías de Barrio del Este, cuyo diseño y ubicación de aberturas permite la ventilación cruzada con mayor velocidad y caudal de aire, el 80% de las personas dicen estar en confort en sus viviendas, y no la perciben como ni fría ni caliente en verano. A pesar de esto el 100% contesta que si se abren las dos puertas del estar simultáneamente se producen corrientes molestas. Este efecto se corresponde con la visualización de patrones de flujo presentados en la figura 7, donde el mayor caudal y velocidad del aire se da en el eje de las puertas abiertas, pero que en la experiencia de laboratorio no podía ser evaluado cuantitativamente. El problema lo corrigen los propios usuarios cerrando una de las puertas. En cuanto a la acción de ventilar de este espacio lo realizan en forma variada, pero no aprovechan el refrescamiento nocturno por problemas de seguridad.

5. CONCLUSIONES

El movimiento interno del aire en el modelo y los patrones de flujo del mismo se visualizan con mucha nitidez y permiten ser evaluados con detenimiento analizando la filmación toma por toma. Un

inconveniente de visualización se produce en las capas próximas al piso del modelo por el excesivo brillo que emite la superficie luminosa.

Los movimientos del aire exterior que impacta sobre las aberturas muestran comportamientos sobre los cuales vale la pena reflexionar y realizar más experiencias. Si bien la velocidad de salida del aparato utilizado es siempre la misma en las experiencias realizadas, las velocidades de impacto sobre las aberturas son diferentes si se trata de ventilación cruzada o de ventilación de un solo lado. Esto tiene una lógica desde la física, ya que el aire para penetrar al interior debe ir desalojando la masa de aire contenida y/o aumentar la presión interna, proceso que puede ser mucho más lento cuando la ventilación es de uno solo de los lados. Sin embargo no hemos encontrado hasta ahora referencias bibliográficas acerca de esta observación.

El tiempo transcurrido entre toma y toma (66,7 milisegundos) sumado al efecto de la aplicación de la malla de alambre posibilitan discernir en las visualizaciones desplazamientos del orden de los 4mm entre tomas (equivalentes a 0,10m en la dimensión real). Esto nos permite verificar velocidades de 0,06 m/s sobre el modelo a escala, que no pueden transcribirse en forma lineal con las posibles velocidades reales dentro del espacio y que necesitarían de coeficientes de adaptación que estamos estudiando.

La metodología empleada y los conjuntos armados, brindan una respuesta satisfactoria, rápida y económica con respecto a los parámetros de los cuales se pretende obtener estimaciones de comportamiento, sobre todo si se tiene en cuenta la relación entre el bajo costo del sistema empleado y los resultados. Además de los patrones de flujo, el sistema permite visualizar la velocidad relativa con que se mueve el aire dentro del espacio, pero es deseable contrastar con datos de la realidad para evaluar hasta qué punto el efecto obtenido resulta beneficioso para el usuario.

Los estudios de casos muestran el potencial que tiene esta metodología como herramienta didáctica y de selección de alternativas de proyecto, por su facilidad de utilización.

6. REFERENCIAS

- ALLARD F. editor. **Natural Ventilation in Buildings**, 1^{era} Edición, Chapter 3, Prediction Methods, Editorial James & James. London, UK, 1998.
- ALLARD F.Y UTSUMI Y. Airflow Through Large Openings, **Energy and Buildings** 18, 1992, p.133-145.
- ALLOCACCIA C., CHEN Q. Y GLIKSMAN L. Design Analysis of Single Sided Natural Ventilation. **Energy and Buildings** 35, 2003, p. 785-795.
- ASSIMAKOPOULOS M., TSANGRASSOULIS A., MIHALAKAKOU G., SANTAMOURIS M. Y JAURE S. Development of a Control Algorithm to Optimize Airflow Rates Through Variable Size Windows. **Energy and Buildings** 34, 2002, p. 363-368.
- COOK J. editor. Passive Cooling, 1^{era} Edición, Chapter 2, **Ventilative Cooling** (editado por Chandra S.), Editorial Massachussets Institute of Technology, Cambridge MA-USA, 1989.
- DASKALAKI E., SANTAMOURIS M., ARGIRIOU A., HELMIS C., ASIMAKOPOULOS M., PAPADOPOULOS K. Y SOILEMES A. On the Combination of Air Velocity and Flow Measurements in Single Sided Natural Ventilation Configurations. **Energy and Buildings** 24, 1996, p. 155-165.
- FLOURENTZOU F., VAN DER MAAS J., Y ROULET C. Natural Ventilation for Passive Cooling: Measurement of Discharge Coefficients. **Energy and Buildings** 27, 1998, p. 283-292.
- PAPAKONSTANTINOU K., KIRANOUDIS C. Y MARKATOS N. Numerical Simulation of Air Flow Field in Single Sided Ventilated Buildings. **Energy and Buildings** 33, 2000, p. 41-48.

ROJO PÉREZ, F. et all. Envejecer en casa. La satisfacción residencial de los mayores en Madrid como indicador de la calidad de vida. **CSIC**, Madrid 2002.

YARKE E., FUJOL M. Y BALDESARI F. Selección de Tipologías de Aventanamientos con Mayor Eficiencia para el Refrescamiento Convectivo. **Actas VI Congreso Iberoamericano de Aire Acondicionado y Refrigeración (CIAR)**, 2001, 32-41, Buenos Aires-ARG.

YARKE E., FUJOL M., VITALI L. Y SEOANE M. (2004) – “**Ventilación Natural - Estimación de Parámetros sobre Modelos a Escala Utilizando Equipamiento de Bajo Costo**” – ASADES: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente – Vol 8 Nº2 Art. 08.01 - (2004) - La Plata – ARG.