

**MERCOFRIO 2000 – CONGRESSO DE AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO,  
AQUECIMIENTO E VENTILAÇÃO DO MERCOSUL**

**EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE VENTILACIÓN  
NATURAL EN UNIDADES DE INTERNACIÓN**

**Analía Fernández<sup>#</sup>** - E-mail :anafern@fadu.uba.ar  
Centro de Investigación Hábitat y Energía. SICyT - FADU - UBA  
CC 1765 Correo Central (1000) Capital Federal, Argentina.  
Fax (+54 1) 576-3205.

**Susana E. Eguía<sup>\*</sup>** - E-mail :anafern@fadu.uba.ar

**Resumen.** *El proyecto de investigación “Ventilación Natural en edificios enfermos” aborda el estudio de las condiciones de ventilación en salas de internación hospitalaria a fin de evaluar las características de confort de las mismas. El objetivo principal es elaborar recomendaciones de diseño tendientes a optimizar las condiciones de ventilación y confort térmico por medios naturales. En el presente trabajo se exponen las condiciones relevadas en salas de internación del Hospital Nacional de Pediatría, ubicado en la Ciudad de Buenos Aires y la incidencia de las características de las aberturas en las condiciones del movimiento de aire observado in situ y a través de simulaciones con el programa Phoenics. Esta investigación pertenece a la Programación Científica 1998-2000 para Investigadores Jóvenes (Aj-2000) contando con financiación de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UBA.*

**Palabras clave :** Confort Térmico, Ventilación natural, Calidad de aire interior, Movimiento de aire, Diseño bioclimático.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los edificios acondicionados artificialmente generan consecuencias en la salud de sus habitantes que se manifiestan en malestares, provocados principalmente por deficiencias en los sistemas de ventilación y renovación de aire.

El síndrome de edificio enfermo se acentúa en espacios que contienen mayor porcentaje de sustancias contaminantes y gérmenes multirresistentes. Los edificios para la salud constituyen ejemplos críticos de espacios con altos porcentajes de partículas contaminantes y gérmenes multirresistentes que producen distintas patologías en pacientes y demás usuarios de los edificios.

El Proyecto de Investigación “Ventilación Natural en edificios enfermos” tiene por objetivo plantear alternativas de optimización de las condiciones ambientales en edificios para la salud con requerimientos específicos de movimiento, renovación y calidad de aire a través del recurso de la ventilación natural.

---

<sup>#</sup> Directora de Proyecto

<sup>\*</sup> Investigadora CIHE-SICyT-UBA

En la primera etapa del desarrollo de esta investigación se evaluaron las condiciones ambientales actuales en salas de internación del Hospital Nacional de Pediatría Prof. Dr. Juan Garrahan, llevándose a cabo relevamientos físicos, mediciones in situ y encuestas a usuarios (pacientes, acompañantes, médicos, enfermeras, etc), a fin de identificar las características de confort y sintomatologías percibidas por los ocupantes de las salas de internación .

Las mediciones se desarrollaron en época estival, en cuatro módulos de internación con diferentes condiciones de mantenimiento y uso de los aventanamientos por parte de los usuarios. Durante las visitas se observaron fuera de funcionamiento a los equipos de aire acondicionado.

Las simulaciones desarrolladas a posteriori con el CFD PHOENICS permitieron determinar las características del movimiento de aire para distintas situaciones de los cerramientos .

## 2. EVALUACION DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES EN SALAS DE INTERNACION

La unidad de análisis seleccionada para llevar a cabo dicha evaluación son las salas de internación del Hospital de Pediatría Dr. Pedro Garrahan, (Aftalión et al, 1984) donde se seleccionó un sector de cuatro habitaciones en ambos lados del eje de circulación. Las habitaciones presentan puertas laterales, con el sector de camas en el área central, separadas de a pares por un tabique bajo. Las ventanas “A” y “B” se ubican lateralmente generando dos ejes de ventilación con las puertas “C” y “D” coincidentes con las circulaciones (Figura 1.).

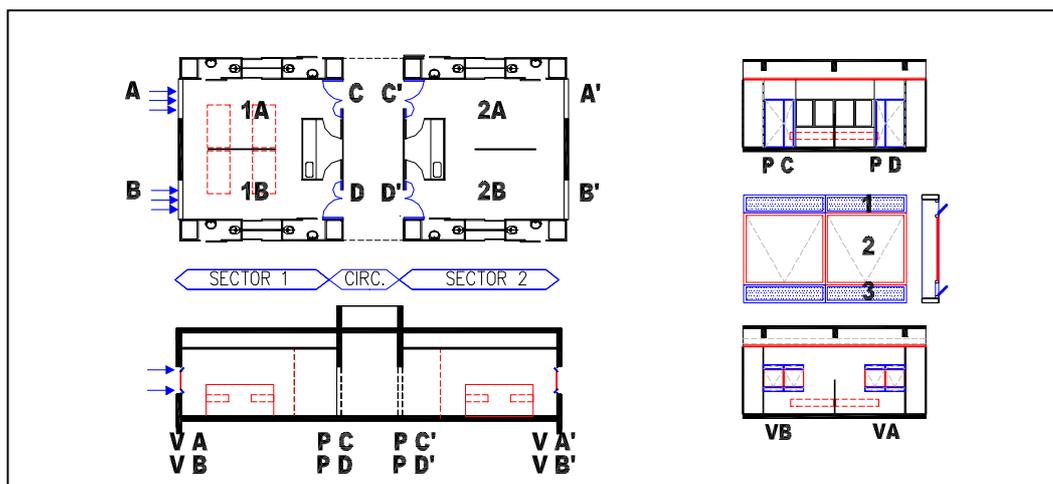


Figura 1. Características generales de las salas de internación

Las ventanas constituyen los puntos de ingreso de aire y están conformadas por tres paños pivotantes, cuya forma de abrir se observa en la Figura 1. En los relevamientos realizados se detectó el deterioro de los accionamientos que permiten la apertura de gran parte de los paños, impidiendo una adecuada ventilación de las habitaciones. Las condiciones medidas en época estival confirmaron deficiencias en la ventilación y temperaturas elevadas en el interior de las habitaciones (Fernández et al, 1999).

La evaluación de las condiciones de ventilación y confort en el interior de las salas de internación involucró dos principales instancias que se detallan a continuación :

- a. El relevamiento in situ incluyó : i. relevamiento físico del área en estudio, entorno próximo, características y estado de aberturas e instalaciones; ii. encuesta sobre cuatro grupos de usuarios diferentes, mediante cuestionarios sobre condiciones de bienestar en relación a la temperatura, movimiento de aire, ruidos, olores, presencia de polvo y sintomatología perceptible por el usuario; iii. mediciones de las condiciones de: temperatura, humedad, nivel de ruido y velocidad del aire, tomando distintos puntos de registro en las habitaciones.
- b. Simulación de distintas situaciones de movimiento de aire empleando el CFD PHOENICS (EasyFlow Release 2.01, 1991) a partir de la modelización del sector en estudio introduciendo las condiciones de temperatura y velocidad de viento exterior determinadas en el relevamiento físico.

Paralelamente se compararon los registros con los datos suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional para evaluar las diferencias y modificaciones, en virtud de las condiciones físicas del medio y de las características arquitectónicas y constructivas del edificio.

### 3. RESULTADOS DE LOS RELEVAMIENTOS REALIZADOS

Los relevamientos se realizaron en los meses de diciembre de 1998 y enero de 1999 en el Hospital de Pediatría Dr. Juan Garrahan (Fernández, Casabianca, 1999) y se resumen a continuación los resultados obtenidos en los distintos aspectos relevados:

- i. *Relevamiento físico* : El área en estudio presenta uno de sus lados orientado al NNO y lindante a un área verde, fuella entre el edificio y la vereda, presentando problemas de sobrecalentamiento en época estival. El lado opuesto con orientación SSO, linda con un patio interior y un área vegetada de esparcimiento. Las habitaciones se hallan en buen estado general, pero sus aberturas exteriores presentan deficiencias en los dispositivos de accionamiento. En el 70% de los casos se observó el paño central fijo. Los paños superior e inferior presentan deficiencias no contando con los dispositivos para su accionamiento correcto. Las persianas exteriores se observaron cerradas en el 50% de los casos, afectando de esta forma el ingreso de aire a la habitación por los ventiluces abiertos (Fernández et al, 1998).
- ii. *Encuesta a los usuarios* : En ambas jornadas el 90 % de los encuestados percibió una temperatura superior a los valores admisibles para su confort térmico. El 85% consideró al ambiente cálido, debido a la falta de ventilación natural y en ningún caso reconocieron alta velocidad en el aire. En diciembre la mayoría de los usuarios consideró la velocidad baja o muy baja; en enero esta opinión correspondió al 40% de las respuestas, manifestando la necesidad de contar con mayor movimiento de aire para refrescamiento y ventilación en las habitaciones, pero sin percibir malestares asociados.

Los encuestados expresaron su preferencia por los medios naturales, mientras que el personal del hospital prefirió sistemas de acondicionamiento artificial (Fernández, Casabianca, 1999).

- iii. *Mediciones de las condiciones ambientales* : Se realizaron mediciones con termómetros digitales, anemómetros a veleta y de hilo caliente, luxómetros, decibelímetro e IMAP (Instrumento Manual de Asoleamiento Potencial), registrando los datos en distintos puntos de la habitación. Los registros de temperatura de las habitaciones demostraron la estratificación de la temperatura en el interior disminuyendo el confort en el sector de las camas, siendo más afectadas las que se encuentran vecinas al office de enfermería. Existe un contraste térmico relevante entre

las habitaciones y la circulación debido a la existencia en esta última de lucarnas sin protección solar. Para mantener las habitaciones más frescas, los usuarios cierran las puertas impidiendo la circulación y renovación de aire .

El procesamiento de los datos de temperatura y velocidad del aire se resume en la Tabla 1 con los promedios obtenidos en cada módulo estudiado (Fernández et al, 1998).

Tabla 1. Resumen de condiciones relevadas en habitaciones de internación.

Módulos estudiados	Condiciones relevadas	Valores promedio	
		Temperatura ° C	Movimiento de aire m/s
Módulo 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 persianas cerradas</li> </ul>	27.75	0.31
Módulo 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 persiana cerrada</li> </ul>	27.6	0.05
Módulo 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• paño central fijo 2 persianas</li> <li>• cerradas puertas cerradas</li> </ul>	27.7	0.13
Módulo 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• paño central fijo</li> <li>• 2 persianas cerradas</li> </ul>	29.7	0.11

La incidencia solar sobre ventanas es mitigada por la presencia de las persianas corredizas y rebatibles, pero al mismo tiempo afecta las condiciones de entrada de aire desde el exterior, disminuyendo la velocidad o anulando el acceso de aire en los ventilucos superiores .

Las características actuales observadas en los aventanamientos impiden la renovación adecuada del aire generando aumento de temperatura en el interior de la habitación hasta alcanzar niveles de disconfort, exigiendo una adecuación en el diseño de las aberturas exteriores como también de la interiores (puertas), a fin de garantizar las renovaciones necesarias aún cuando se hallan cerradas.

#### 4. APLICACIÓN DE CFD PHOENICS EN LA EVALUACION DE MOVIMIENTO DE AIRE DE LAS UNIDADES DE INTERNACION

El CFD PHOENICS permite visualizar y animar el recorrido del flujo de aire en los locales simulados, admitiendo la incorporación de los elementos que en el interior de los mismos modifican la dirección, sentido e intensidad del flujo. La modelización posibilita identificar zonas de mayor aceleración o de calma y determinar velocidad del aire, temperatura y presión del flujo en distintos puntos del área simulada.

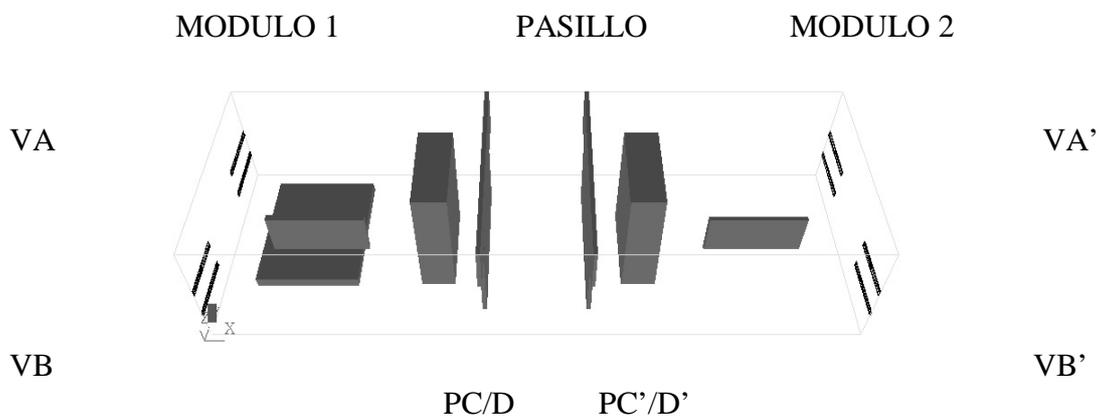


Figura 2. Modelización de la habitación en estudio con programa PHOENICS.

Para el estudio de las habitaciones del Hospital Garrahan se modelizó un escenario, representado en la Figura N° 2, que cuenta con aberturas de ingreso de aire (ventanas A y B), y de las aberturas de egreso (puertas C y D), y distintos elementos de equipamiento representados en sus proporciones reales (Fernández et al, 1999).

La situación de apertura de las ventanas corresponde a la situación real de uso observada en las habitaciones donde, en la mayor parte de los casos, la hoja central de las ventanas se hallaba trabada sin posibilidades de abrirse. Así, para llevar a cabo la simulación y obtener resultados comparables con los registrados en el relevamiento in situ, se consideraron diferentes variantes de apertura en de los ventiluces superiores e inferiores .

La Tabla 2. presenta la matriz de trabajo donde se establecen las dos alternativas de apertura de ventiluces VA y VB y puertas C y D del módulo de estudio que se presentan en este trabajo, incorporando las variables de apertura de ventanas y puertas de las habitaciones opuestas A', B', C' y D' a fin de evaluar su efecto en la habitación de estudio.

Tabla N° 2 . Matriz de trabajo

Casos	VA			VB			VA'B'			Puertas			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	C	D	C'	D'
<b>1.1</b>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				
<b>1.7</b>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Para posibilitar una correcta simulación se introdujeron en la configuración previa del programa PHOENICS los datos de temperatura y velocidad de aire en los ventiluces “A” y “B” acordes a los datos recogidos en la medición. La visualización representa el movimiento del aire en el interior de la habitación para las distintas direcciones “X”, ”Y” y “Z”, y posibilita conocer datos de velocidad, temperatura y presión en cada punto del local.

En este caso, se visualizó el comportamiento del movimiento de aire en referencia a su velocidad, en distintos estratos del eje “Z”, a fin de establecer la incidencia en las alturas que involucran a los usuarios : i. pacientes: entre 0.60 y 0.90 m de altura; ii.acompañantes entre 0.60 y 1.80 m de altura; iii.personal hospitalario : entre 0.90 y 1.80 m de altura

El movimiento de aire vertical se observó en los distintos estratos del eje “Y” que permitió determinar el comportamiento del flujo en el área de camas y ejes circulatorios VA-C y VB-D. El movimiento de aire se representa con flechas en los distintos colores del espectro que corresponden a valores del gradiente de velocidad, presión o temperatura. En este trabajo se presentan en escala de grises correspondiendo los valores más claros a las velocidades medias.

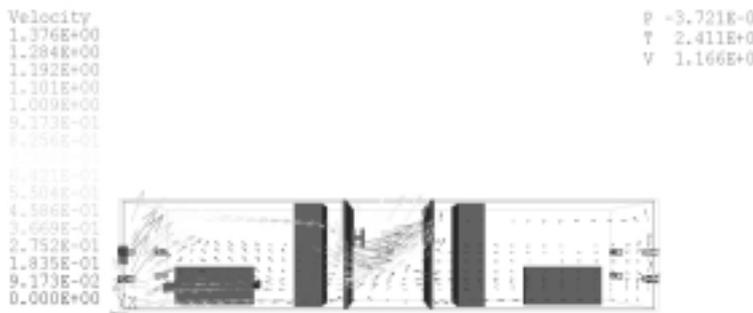
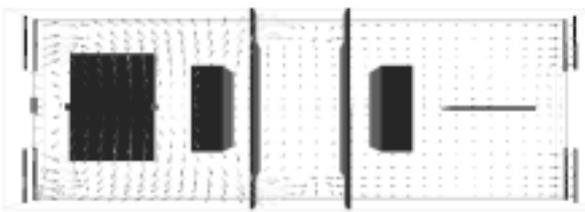
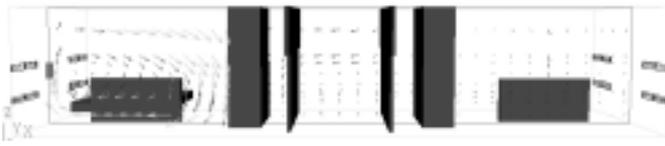
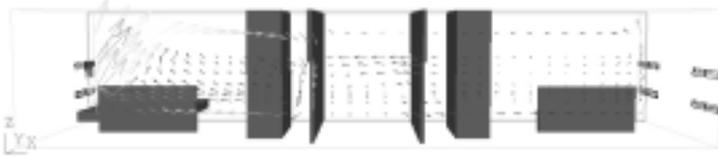
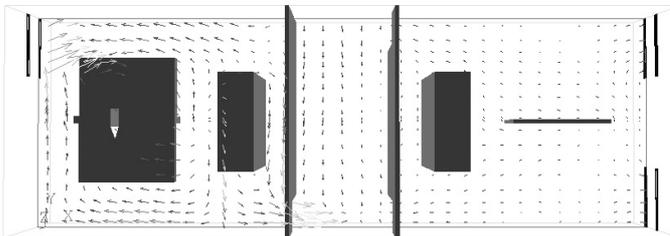
Los casos representados en este trabajo corresponden al Caso 1.1 y Caso 1.7. El primer caso representa la situación más favorable donde la totalidad de los ventiluces del módulo 1 se presentan abiertos a 45 ° con dirección del aire de entrada hacia arriba y salida por las puertas “C” y “D” abiertas y enfrentadas a sus pares del módulo 2. El caso 1.7. simula la apertura de los ventiluces “A” como única entrada de aire y puerta “D” como única salida.

## 5. EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS OBSERVADOS EN LAS SIMULACIONES

La simulaciones realizadas, contemplando las condiciones espaciales reales, contribuyeron en la determinación de las variables intervinientes en etapas posteriores. Dichas variables involucran la forma de abrir de los ventiluces, ubicación de abertura de entrada, ubicación de

abertura de salida, y la posibilidad de agregar nuevas entradas o salidas de aire. La Tabla 3 ilustra dos casos característicos relevados in situ :

Tabla 3. Resumen de la distribución del aire en dos de los casos estudiados

<b>Caso 1.1.</b>	
	<p>Corte por ventana B. El aire ingresa por los ventiluces superior e inferior de ambas ventanas con dirección hacia arriba. El flujo de ingreso es adecuado.</p>
	<p>Planta. Movimiento de aire a 1.20 m de altura. La velocidad promedio del flujo de aire se reduce al 30% de la velocidad de entrada. El aire presenta una distribución pareja que disminuye en el sector de camas.</p>
	<p>Corte . El movimiento de aire en área de camas presenta velocidades más bajas, inadecuadas para la renovación de aire en el sector.</p>
<b>Caso 1.7.</b>	
	<p>Corte por ventana A. La ventilación cruzada se produce bajo mínimas condiciones, ya que el aire ingresa por el 50% de los ventiluces (Ventana A) y sale únicamente por la puerta D.</p>
	<p>Planta. La masa de aire reduce su velocidad al 10% respecto a la velocidad de entrada, con velocidades mayores entorno a la ventana A, observándose la distribución pareja del aire en los estratos horizontales entre 0.60 y 1.50 m de altura.</p>

Velocity  
1.433E+00  
1.337E+00  
1.242E+00  
1.146E+00  
1.051E+00  
9.553E-01  
8.598E-01  
7.657E-01  
6.732E-01  
5.776E-01  
4.821E-01  
3.821E-01  
2.866E-01  
1.911E-01  
9.553E-02  
0.000E+00

P 2.906E-01  
Q 2.389E+00  
Y 2.863E-01

El corte por sector de camas presenta velocidades deficientes que impiden la renovación de aire, produciendo discomfort.



## 6. CONCLUSIONES

El presente trabajo sintetiza el resultado de los estudios realizados en una primera etapa del desarrollo de la investigación. El relevamiento físico y las encuestas permitieron identificar problemas luego corroborados por los resultados de los casos simulados y que se sintetizan a continuación :

- a. la orientación hacia arriba de los ventiluces de entrada de aire no favorece en ningún caso estudiado la distribución del aire a velocidad media en los estratos entre 0.90 y 1.80 m de altura, implicando la deficiente renovación.
- b. Se observaron mayores velocidades en los estratos próximos al cielo raso y en la zona inmediata al ingreso. Las visualizaciones en el eje "Y" mostraron una débil distribución de aire en niveles bajos.
- c. La velocidad en el interior de la habitación se reduce de un 50 a 10% con respecto a la velocidad de entrada en el ventiluz. Así para una velocidad de entrada de 1.757 m/seg, la velocidad se reduce en zona de camas y acompañantes a valores de 0.27 y 0.098 m/seg para el caso 1.1. En el caso 1.7 las velocidades mínimas en esta área se registran entre 0.29 y 0.055 m/seg.
- d. Las temperaturas interiores de la modelización se correspondieron con las medidas in situ.
- e. Se observaron flujos de mayor velocidad en los ejes circulatorios, que no inciden en el área de pasillo o en la habitación opuesta donde las velocidades registradas se reducen a valores despreciables.
- f. El área de camas y acompañantes se mantiene en calma en todos los casos estudiados y la incidencia del aire que penetra desde los ventiluces es insuficiente.

La visualización del comportamiento del flujo de aire en el interior del espacio, a partir del CFD PHOENICS permitió analizar su comportamiento con mayor nivel de detalle, identificándose claramente las direcciones del flujo, zonas de aceleración y de calma, verificándose la necesidad de contar con mayor movimiento de aire sobre las camas para mejorar las condiciones de confort del paciente y posibilitar la renovación adecuada del volumen de aire en el local.

En etapas posteriores se desarrollaron estudios de alternativas que posibilitaron elaborar recomendaciones de diseño con el objetivo de mejorar la ventilación natural en verano.

## Agradecimientos

Los estudios de movimiento de aire realizados en este trabajo de investigación fueron factibles gracias al Simulador de problemas dinámicos de fluidos PHOENICS, Shareware-99 Versión para Windows (Internet) del Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Dicho estudio fue realizado en el marco del Proyecto "Ventilación natural en edificios enfermos" para Jóvenes

Investigadores, de la Programación Científica 1998-2000, que cuenta con un subsidio otorgado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de Universidad de Buenos Aires.

## **PROGRAMAS DE COMPUTACIÓN**

EasyFlow Release 2.01 (1991). Shareware '99 PHOENICS. Simulador de problemas dinámicos de fluidos . Distribuido por Flowsolve Ltd, London.

## **REFERENCIAS**

- Aftalión, Bischof, Egozcue, Vidal, 1984. Hospital Nacional de Pediatría. Flexibilidad y crecimiento. Revista SUMMA N° 197. Buenos Aires: Ediciones SUMMA SA.
- Fernández A., Casabianca G., 1999. Evaluación de las características de confort en hospitales: Un caso de aplicación. 10° Congreso Latinoamericano de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria. 3° Encuentro del MERCOSUR. Asociación Argentina de Arquitectura e Ingeniería Hospitalaria, Buenos Aires, Argentina.
- Fernández A., Casabianca G., Delbene C., Eguía S., 1998, Ventilación natural en edificios enfermos. En avances en energías renovables y medio ambiente. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, vol. 2, pp 3.40 - 3.41. eds INENCO, Salta.
- Fernández A., Casabianca G., Delbene C., Eguía S., 1999, Simulaciones de movimiento de aire en salas de internación utilizando el túnel de viento y el programa Phoenix. En avances en energías renovables y medio ambiente. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, vol. 3 pp. 8.161-8.164, eds INENCO. Salta.