



RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE MOVIMIENTO DE AIRE EN ESPACIOS INTERIORES

Kozak Daniel¹ y Fernández Analía²

Centro de Investigación Hábitat y Energía

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Universidad de Buenos Aires.

CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal, Argentina.

TE. (+54 1) 4789-6274, Fax. (+54 1) 4576-3205. E-mail: anafern@fadu.uba.ar

RESUMEN: Se presentan las conclusiones del trabajo de investigación "Movimiento de aire en espacios interiores: desarrollo de una metodología de evaluación", perteneciente al Programa de Becas SECyT-UBA, Categoría Estímulo para estudiantes, cuyos objetivos principales fueron: elaborar un sistema de evaluación del movimiento de aire con el fin de sustentar propuestas que mejoren las condiciones de habitabilidad y uso racional de la energía a través de la optimización del movimiento de aire en el interior de los edificios. La metodología de trabajo desarrollada incluyó el relevamiento físico del caso de análisis adoptado y su estudio mediante visualizaciones en Túnel de Viento y programas de simulación por ordenador. Como resultado de la aplicación de dicha metodología se estudiaron propuestas alternativas para mejorar las condiciones de ventilación natural sobre casos existentes y el diseño de nuevas propuestas con respuesta eficiente a demandas para ahorro energético.

Palabras clave: Movimiento de aire, Ventilación natural, Edificios para la salud, Túnel de Viento, Simulaciones de flujos.

INTRODUCCION

Confort térmico y calidad de aire interior en los edificios son resultado de la aplicación eficiente de alternativas de ventilación natural, que tienen su incidencia directa en el potencial ahorro energético, resultado de la sustancial disminución de sistemas de acondicionamiento artificial. Este remplazo parcial o total del acondicionamiento artificial de aire en los edificios es posible en climas templados como el de Buenos Aires. Asimismo, las distintas sintomatologías percibidas en los usuarios de los edificios acondicionados artificialmente, producto de altos porcentajes de humedad relativa y el uso de materiales nuevos sin experimentar, son resultado principal de sistemas de ventilación deficientes que no dan respuesta a las condicionantes climáticas del medio, produciendo además desconfort térmico en los usuarios. (Fernández et al, 2000).

Numerosos estudios sobre el tema ya han aportado alternativas posibles de ser utilizadas con el fin de evitar los inconvenientes antes mencionados, como así también datos cuantificables del ahorro producido en edificios construidos o en proyectos a través de simulaciones. (Rosenfeld, et al, 1988)

El diseño de sistemas eficientes de ventilación natural, implica el conocimiento del clima, una correcta disposición de las orientaciones en el proyecto, nociones del movimiento del aire y su compatibilización con el tipo de uso de espacio a ventilar. En el caso de los edificios para la salud la problemática es compleja. Por tratarse de ámbitos potencialmente muy expuestos al contagio de distintas patologías por medio de aire contaminado, la eficiencia del sistema está dada principalmente por la rápida salida del aire al espacio exterior y la independencia entre las habitaciones, de éstas y las circulaciones y sala de espera e inclusive dentro de la misma sala de internación compartida entre pacientes.

En los edificios en altura, generalmente emplazados en entornos urbanos, la decisión estratégica sobre que tipo de sistema de ventilación natural a adoptar está relacionada con la optimización del espacio. Es por ello, que junto con la idea función – forma, los criterios y las estrategias de ventilación natural deben estar presentes desde el comienzo de un proyecto. Las variables que optimizan, o por el contrario impiden el buen funcionamiento del sistema, están relacionadas con el tipo, proporción y dimensiones de las aberturas de ingreso y salida del aire, la profundidad y proporción del espacio ventilado, el recorrido que efectúa el flujo de aire una vez ingresado y la dirección predominante de vientos en el emplazamiento.

ELECCION DEL CASO DE ESTUDIO Y RELEVAMIENTO

La tipología edilicia adoptada para el estudio es la de edificios para la salud en altura, con el fin de profundizar sobre sistemas que combinen ingresos de aire por aventanamientos y egresos por conductos al exterior y/o a patios de aire y luz. El Sanatorio Colegiales constituye un típico ejemplo de edificio de la Ciudad de Buenos Aires que a lo largo del tiempo ha modificado en forma sustancial su infraestructura (Ver figura 1). Está ubicado en un contexto urbano de densidad media, en una manzana donde el promedio de los edificios construidos no supera los dos pisos de altura, y sin ninguna barrera de viento significativa. Esta razón posibilita la medición del movimiento de aire con instrumental de sensibilidad media, tanto en las inmediaciones del edificio, como en los ingresos de aire junto a las aberturas del mismo y dentro de las salas de internación.

(1) Becario SECyT-UBA (2) Directora de Beca.

El sector seleccionado para su estudio, evaluación y elaboración de propuestas alternativas es el de salas de internación, ya que las demandas de salubridad e higiene necesarias pueden compatibilizarse con las obtenidas mediante un sistema de ventilación natural.

La elección de los puntos de registro y la selección de las salas de internación en las cuales se efectuaron las mediciones, se efectuó con el fin de contar con multiplicidad de condiciones ambientales: mediciones en ventanas de ambos frentes del edificio, en entradas de habitaciones, en el extremo del corredor, en el centro, etc. (Ver figura 2)



Fig 1 Contrafrente del Sanatorio Colegiales

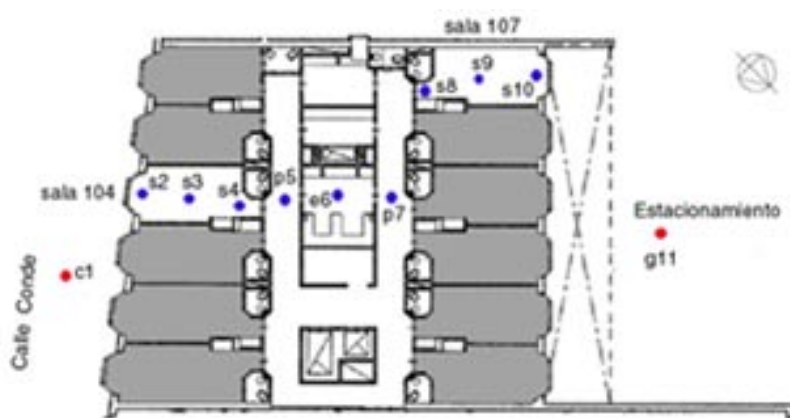


Fig 2 Puntos de registro de condiciones ambientales en el Sanatorio Colegiales

● *Datos registrados en mediciones en el espacio exterior.*

Registro	Ubicación	Altura	Dir. del viento	Movimiento de aire (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
c1	Calle Conde	+1,00	NE	2.5	26.0	47
g11	Garage	+1,00	NE	3.0	22.1	50

● *Datos registrados en mediciones en el interior del edificio.*

Registro	Ubicación	Altura	Movimiento de aire (m/s)	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
s2	Sala 104	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	25.3	65
s3	Sala 104	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	24.1	64
s4	Sala 104	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	24.5	60
p5	Pasillo	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	25.7	51
e6	Enfermería	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	25.5	53
p7	Pasillo	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	25	52
s8	Sala 107	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	22	56.8
s9	Sala 107	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	23	55
s10	Sala 107	+5,00 (1 ^{er} piso)	Menor a 1 m/s	23	54

Los resultados del relevamiento indican que el emplazamiento del Sanatorio Colegiales, urbano de densidad media, ofrece potencialmente una situación favorable desde el punto de vista del aprovechamiento de las brisas para la ventilación natural. Sobre la calle Conde se registraron mediciones de velocidad de viento de 2,5m/s y en el contrafrente de 3m/s. Estos valores, tomados a 1,00 metro de altura, indican que las posibilidades de generar un sistema efectivo de ventilación natural son factibles, ya que los registros señalan un significativo movimiento de aire a nivel peatonal en los dos frentes.

La disposición de las salas de internación en la planta tipo, seis habitaciones por frente, responde a una optimización de la relación uso de suelo – capacidad de albergue del Sanatorio. Del mismo modo, el edificio hospitalario funciona en forma eficiente, y ello se verifica a través de la relación y distancias entre las habitaciones y la enfermería, el recorrido de las camillas desde el núcleo de circulación vertical, la ubicación de los servicios, etc. Asimismo las proporciones de las salas de internación resultantes para lograr dicha disposición no favorecen la circulación de aire. Las mismas cuentan con una relación de lados 1,8 siendo el lado mayor el perpendicular a la abertura de ingreso de aire. Durante el relevamiento, los registros en el interior de las habitaciones y pasillos no lograron vencer la inercia del anemómetro utilizado, mostrando el bajo grado de velocidad de los mismos.

Tampoco resultan favorables las proporciones de las habitaciones en cuanto a las posibilidades de disposición de las camas, ya que el aire ingresado indefectiblemente debe pasar por la primera antes de alcanzar la segunda, de ese modo no existe posibilidad de independencia de flujos de aire entre pacientes.

El diseño de las aberturas, de forma trapezoidal con el lado menor hacia el exterior, ofrece potencialmente una buena respuesta a la captación de brisas provenientes del NE y del SO a través de sus lados inclinados. Si se modificaran estos lados para contar el accionamiento de algún dispositivo de abertura esta posibilidad podría concretarse. En la situación actual no resulta eficaz en cuanto a la aceleración de las brisas para producir refrescamiento sensible en el interior de los cuartos. Por otro lado, los salientes representan obstáculos en el paso del flujo de aire con direcciones de viento NE o SO.

ENSAYOS EN TUNEL DE VIENTO SOBRE EL MODELO EXISTENTE

Los ensayos de movimiento de aire fueron realizados sobre modelos de representación a escala 1:50 respetando las condiciones geométricas reales. El sector en estudio corresponde sólo al de las Salas de Internación ubicadas en el primer piso del Sanatorio. Las simulaciones de Viento fueron realizadas atendiendo a las condiciones del perfil urbano existente. Un gradiente de velocidades ubicado en la boca de salida del Túnel simula dicha situación sobre el modelo (Evans, et al, 1987).

A partir de dichos ensayos se pueden extraer dos tipos de conclusiones. Las primeras de materialización y representación

- No es aconsejable utilizar maquetas demasiado complejas en cuanto a su morfología, la resistencia ofrecida al movimiento de aire es excesiva y puede distorsionar los resultados.
- Para efectuar un registro fotográfico satisfactorio, es recomendable utilizar colores oscuros, tanto en la maqueta como en el fondo de la fotografía.
- La ubicación de luces de gran intensidad es fundamental para obtener fotografías que registren el ensayo con claridad. Especialmente resultó efectiva la ubicación de dos luces enfrentadas diagonalmente entre sí, ubicando la cámara inmediatamente junto a una de ellas en ángulo picado (desde arriba) respecto de la maqueta.

Las segundas respecto al comportamiento del movimiento de aire en el espacio interior del sector analizado:

- El modelo ofrece una importante resistencia al ingreso del flujo de aire. No existe ningún elemento en la disposición de la planta que favorezca el movimiento del aire o que lo dirija intencionalmente en alguna dirección particular.
- Las aberturas ofrecen un potencial de diseño respecto a la posibilidad del ingreso de aire por los planos laterales inclinados si a éstos se les incorporara la posibilidad de accionamiento para regular el ingreso de aire.
- La dirección de viento más favorable para la circulación de aire interior en el sector analizado, es la que incide en forma perpendicular a la fachada sobre la calle Conde (Ver Fig 3). La más desfavorable es la que incide en forma paralela a las aberturas (Ver Fig 4).
- Las salas ubicadas en el centro de las tiras de habitaciones (sala N° 104), tanto sobre un frente como sobre el otro, cuentan con una mejor situación respecto de las ubicadas en los extremos (sala N° 111).
- Las proporciones de las salas de internación no favorecen el movimiento de aire.
- No existe independencia de circuitos de flujos de aire en el sector analizado.

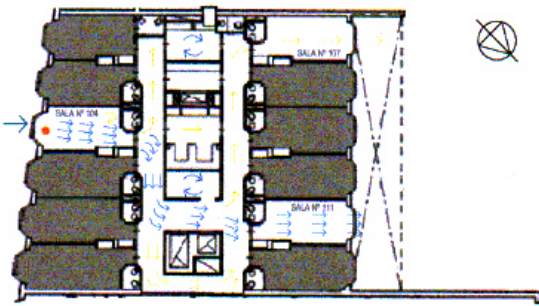


Fig 3 Ensayo en Túnel de Viento en Planta existente

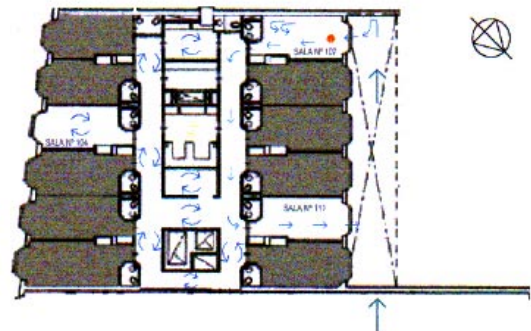


Fig 4 Ensayo en Túnel de Viento en Planta existente

SIMULACIONES EN COMPUTADORA SOBRE EL MODELO EXISTENTE

Las simulaciones en computadora realizadas sobre la misma matriz utilizada para los ensayos en el Túnel de Viento permiten observar los siguientes puntos con respecto al uso de ambas formas de simulación empleados en la presente investigación::

- se visualizó un comportamiento del flujo de aire similar en los dos tipos de ensayos. (Ver Fig 5. y Fig 6)
- para sistemas con muy bajas velocidades de movimiento de aire resultó más efectivo el uso del ordenador. Este fue el caso de las simulaciones de espacios interiores del caso en estudio.
- a través de los programas de simulación utilizados se pudo trabajar con un menor número de variables pero ajustadas con un mayor grado de precisión.
- en configuraciones geométricas no ortogonales o con curvas resultó más apropiado el uso del Túnel de Viento.
- el Túnel de Viento permite una visualización inmediata muy efectiva. El registro de los ensayos, en cambio, demanda cierta elaboración extra y en el caso de los registros fotográficos, el equipamiento adecuado.
- las simulaciones en computadora permiten una lectura de mayor precisión respecto de las velocidades del flujo de aire.



Fig 5 Ensayo en Túnel de Viento. Dirección del flujo De aire perpendicular a la fachada.

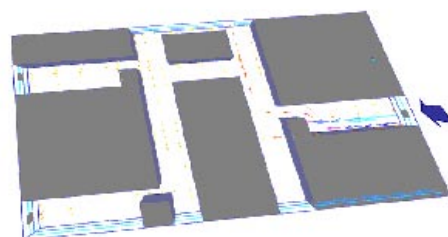


Fig 6 Simulación en computadora del de la Fig 5

PROPUESTAS DE DISEÑO

Aberturas de Salida: Propuesta para la incorporación de aberturas de salida en la misma habitación.

La incorporación de una o más aberturas de salida en la habitación existente, contribuye en distintos aspectos al mejoramiento de las condiciones actuales:

- induce a la aceleración del flujo de aire dentro de la habitación.
- permite la independización del flujo de aire de la habitación respecto al pasillo.
- permite dirigir intencionalmente el flujo de aire en alguna dirección particular.

Se efectuaron diversas simulaciones variando el tipo y tamaño de abertura de salida y manteniendo constantes el resto de las variables: abertura de ingreso, proporciones de la habitación, velocidad de aire en el ingreso, etc. (Ver Fig 7 y Fig 8).

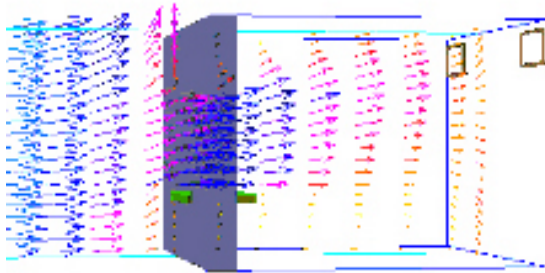


Fig 7 Simulación en computadora.
Egreso de aire por dos aberturas

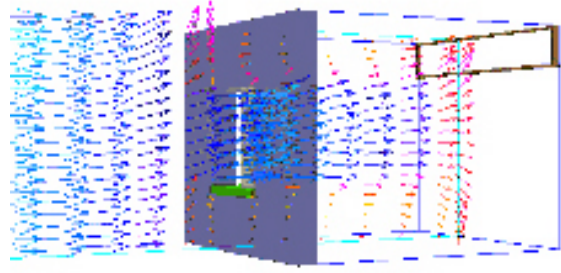


Fig 8 Simulación en computadora.
Egreso de aire por una abertura longitudinal

Si bien un diseño optimizado de abertura puede ser de gran utilidad y ayuda, no es suficiente para el correcto y eficaz funcionamiento de un sistema de ventilación natural. El factor determinante en este sentido es favorecer el flujo de aire al nivel de las personas que proporcione un barrido total en el local a ventilar. Este concepto, conocido comúnmente como ventilación cruzada, resulta efectivo cuando las aberturas de entrada y salida de aire se encuentran enfrentadas. Asimismo, para que este tipo de ventilación resulte efectiva debe tener aproximadamente una velocidad de 1 metro por segundo. Velocidades menores no logran un refrescamiento sensible y las mucho mayores pueden perturbar el funcionamiento normal del interior del edificio. A través de las simulaciones puede observarse como aumenta significativamente el flujo de aire sólo ampliando la abertura de salida sin modificar la de ingreso. El manejo intencionado de las aberturas de salida, a través de su ubicación, tamaño y proporción, es una herramienta válida para el diseño de sistemas de ventilación natural.

Diseño de una nueva planta: respuesta eficaz a demandas de eficiencia energética

A partir de las conclusiones obtenidas en los puntos anteriores, es posible determinar ciertos factores positivos respecto de la optimización de un sistema de ventilación natural:

- Incorporar aberturas de salida con las proporciones obtenidas a partir de la simulación (ver Fig 7) en las Salas de Internación.
- incorporar un patio central de succión para acelerar el flujo de aire e independizar el aire de las habitaciones y circulaciones.
- determinar las proporciones de la planta y habitaciones con el lado menor perpendicular a los ingresos de aire.

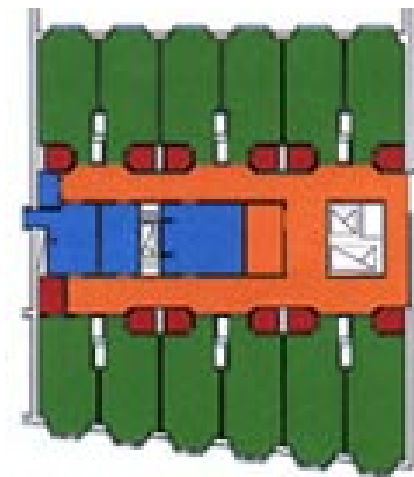


Fig 9 Esquema planta existente

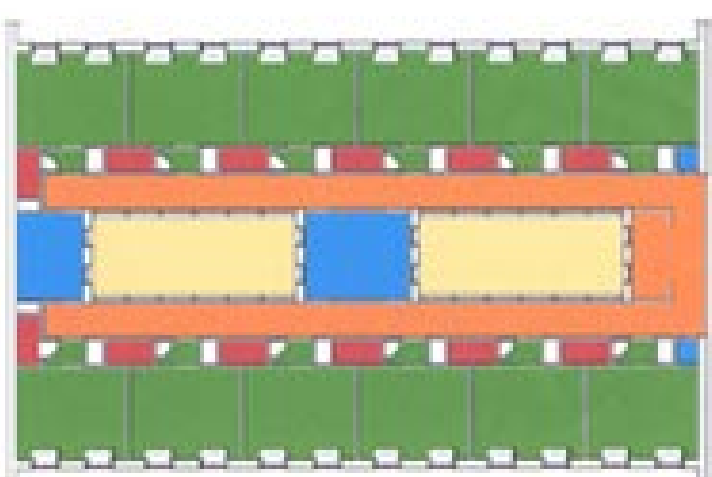


Fig 10 Esquema propuesta de nueva planta

Si bien la adición del patio contribuyó significativamente a la generación de la ventilación cruzada y existe una mejora sustancial, como lo demuestran las simulaciones, estos cambios se potencian al variar la proporción de la planta y habitaciones respecto los ingresos y salidas de aire, la disposición de los baños y pasillos, y al sumar una abertura más por sala de internación.

Desarrollo de un prototipo de aventanamiento: ventana pivotante con direcciones variables.

Para optimizar el acceso de aire en el espacio a ventilar y dirigirlo hacia donde se desee, es de suma importancia contemplar, en el diseño o la adopción del tipo de abertura a utilizar, la dirección, tipo y velocidad del viento o brisas predominantes en el emplazamiento del edificio. En el caso de la Ciudad de Buenos Aires, esta tiene la particularidad, al igual que numerosas localidades, de no poseer una única dirección de viento predominante.

El prototipo desarrollado en el presente trabajo de investigación permite modificar la orientación en función de la dirección del viento, induce la aceleración del flujo de aire ingresado a través del deflector superior (que cumple además la función de deflector lumínico y parasol adaptable según la orientación), del antepecho extendido (que contiene el radiador) y un lateral que en el caso del ejemplo de estudio para el que fue diseñado el prototipo ayuda a direccionar el flujo de aire hacia las camas de la sala. (Ver Fig 12)). La abertura diseñada cuenta además con la posibilidad de brindar una ventilación estructural sin afectar el plano de las camas en los días que la temperatura lo requiera. El paño superior con dispositivo "banderola" puede abrirse en forma simultánea al paño inferior, permanecer cerrado mientras el otro está abierto o viceversa.

Las simulaciones demuestran la efectividad de la ventana pivotante en cuanto a la aceleración del flujo de aire y su canalización en la habitación. Pero sus principales ventajas respecto de la ventana corrediza (Fig 11), no radican sólo en ese punto. Ya que en habitación de la Fig 11 con la incorporación de la abertura de salida la propuesta también es favorable. Las principales ventajas del prototipo de aventanamiento radican en la diversidad de respuestas frente a los cambios ambientales externos y las exigencias internas. Estas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- posibilidad de regular el flujo de aire ingresado, desde ventilación cruzada hasta ventilación mínima.
- adaptabilidad a las direcciones de vientos.
- compatibilización de los requerimientos de ventilación con los de iluminación y asoleamiento.
- Posibilidad de direccionar el flujo de aire en distintas direcciones.

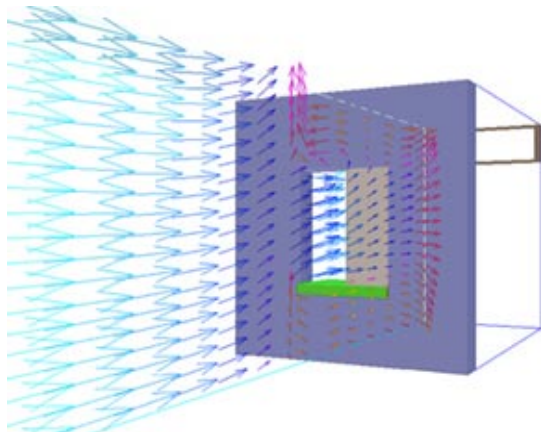


Fig 11 Simulación en Computadora. Abertura existente

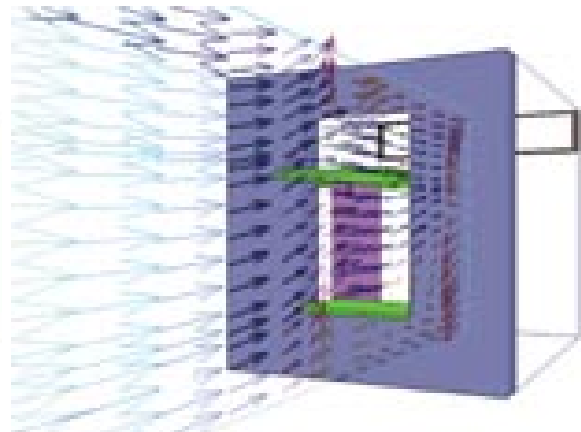


Fig 12 Simulación en Computadora. Prototipo de ventana pivotante con direcciones variables

Compatibilización de las variables planteadas como nuevo diseño de Sala de Internación

Aplicando las variables desarrolladas en los puntos anteriores, se puede plantear el diseño de una nueva sala con respuesta efectiva a:

- la optimización del acceso de aire para generar refrescamiento sensible en verano, y promover la salubridad.
- adaptabilidad a cambios climáticos externos y a diferentes necesidades ambientales internas.
- la independización de los flujos de aire entre pacientes, y entre las salas de internación y las circulaciones. Evitando traspasos de bacterias y disminuyendo los riesgos de contagios.
- el correcto funcionamiento hospitalario.

CONCLUSIONES

Relevamiento y estudio de casos

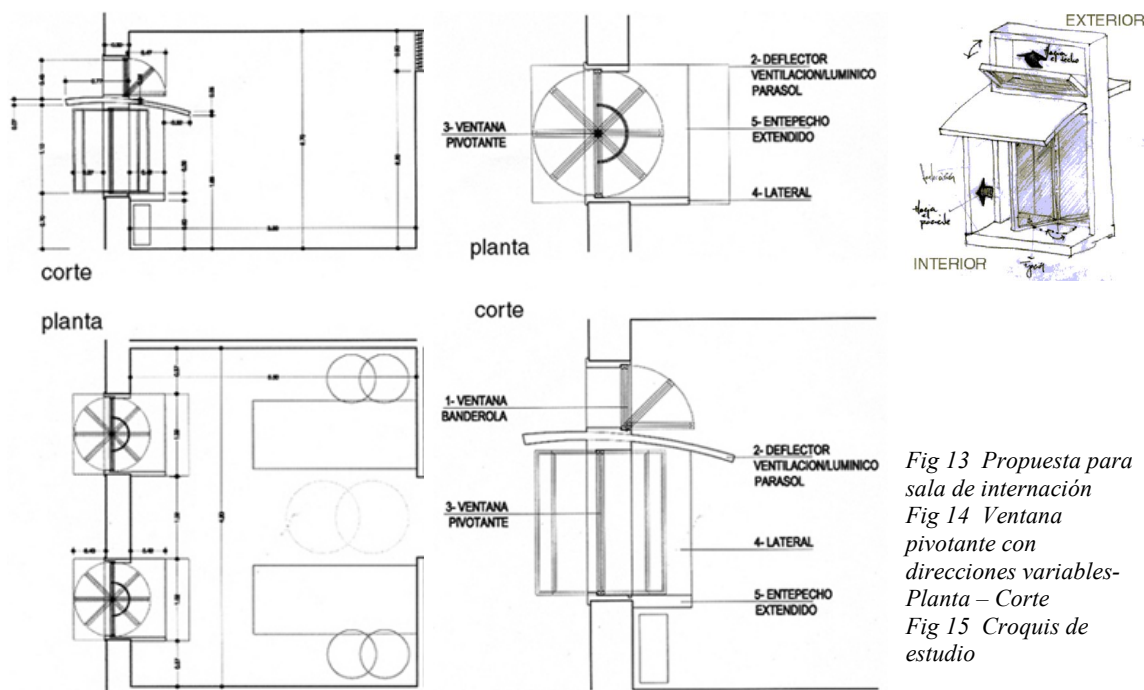
El estudio de casos sintetizado en fichas de documentación, si bien fue realizado fundamentalmente durante la primer etapa de la investigación, actuó como referente a lo largo de toda la misma. Y servirá como fuente de consulta para futuras investigaciones sobre el tema. El relevamiento, en cuanto a las características físicas del edificio y las mediciones de condiciones ambientales, ofició también como base de partida para establecer los problemas y detectar las potencialidades.

Ensayos en Túnel de Viento

Los ensayos en Túnel de Viento aportan una visualización del movimiento de aire muy efectiva. Es posible efectuar cambios sobre la maqueta durante el ensayo en función de los resultados parciales, estableciéndose de ese modo una relación hipótesis - resultado casi inmediata. El registro y la documentación no resultan tan "directos" como los ensayos y la dificultad principal de esta modalidad es reflejar la eficacia del ensayo en forma gráfica. Los ensayos realizados fueron efectivos para verificar lo detectado durante los relevamientos y plantearon nuevos puntos que ampliaron la investigación.

Simulaciones en computadora

En las simulaciones por ordenador la problemática es diferente a la de los ensayos. La visualización y manipulación de la simulación es en forma indirecta, y el registro es un reflejo directo y fiel de las simulaciones. Especialmente indicadas son este tipo de simulaciones en el trabajo con movimiento de aire en espacios interiores y de baja velocidad. Las simulaciones efectuadas sirvieron para obtener conclusiones operativas respecto de la eficacia y pertinencia en relación a los ensayos en Túnel de Viento y constituyeron una pieza clave en el desarrollo de la presente investigación.



Propuestas de diseño

Las propuestas de diseño fueron realizadas sobre la base y sustento de las etapas previas de la investigación. Ellas constituyen junto con las recomendaciones para proyectistas el aporte final del presente trabajo y sumado al desarrollo de la metodología para el estudio y evaluación de sistemas de ventilación natural en edificios existentes conforman un importante aporte para consultas sobre el tema, base para futuras investigaciones y material de transferencia para las materias de grado en las carreras de arquitectura.

REFERENCIAS

- Evans, John Martin y de Schiller, Silvia (1995). *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*. (Buenos Aires: EUDEBA, 1995)
- Evans J. M. , de Schiller S., Pedrón V., Perea J.C. y Delbene C. Equipamiento del Laboratorio de Estudios Bioambientales. *En Actas XXII Reunión de Trabajo de ASADES. Salta*. Tomo 2. Pags. 327-332 (Salta: INENCO-UNSa, 1987).
- Rosenfeld, et al (1988). El consumo de energía en el sector del Area Metropolitana Argentina. Potencial de URE. *En Actas XXIII Reunión de Trabajo de ASADES. Salta*. Tomo 2. Pags. 273-280 (Salta: INENCO-UNSa, 1988).
- Czajkowski Jorge, Rosenfeld Elías (1995). Procedimiento estadístico para la calificación tipológico – energética edilicia aplicada a unidades de internación hospitalaria. *En Anais I Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído*. Pag. 453 a 457. (Gramado, Brasil: Sattler y da Costa Silva, 1995)
- Fernández Analía y Eguía Susana (2000). Informe final proyecto UBACyT JA02.
- Sartorio, Javier y Martin Evans (1996) *Diseño bioambiental en arquitectura para la salud. Estudio comparativo de tipologías edilicias*. *En Actas XIX Reunión de Trabajo de ASADES. Mar del Plata*. Tomo 1 Pags. 2.53 a 2.55 (Salta: INENCO-UNSa, 1996).

ABSTRACT: This paper presents the conclusions of the research project "Air movement in indoor spaces: evaluation methodology development", which forms part of the SECyT-UBA Grants Program for Students. The initial goals were to analyze and evaluate the air behavior into existent buildings, and to elaborate an evaluation system for air movement, with the aim of providing guidelines for projects which attempt to improve the inhabitants conditions and achieve rational energy use through the optimization of air movement in the interior of buildings. The methodology developed included the physical survey of the case under study and its analysis through the visualizations in the Wind Tunnel and virtual simulations. The study includes alternative proposals with aim of improving the natural ventilation conditions in existing cases and the design of entire new proposals with an efficient response to the demands of energy saving.

Keywords: : Air movement, Natural ventilation, Buildings for health care, Wind Tunnel, Air flow simulations.