

ENSAYO DE UN SISTEMA DE REFRESCAMIENTO ACTIVO DE EDIFICIOS.

Angélica Bouciguez y Luis Saravia
INENCO¹, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina

RESUMEN

En un trabajo anterior (1) se evaluó la posibilidad de acondicionar un edificio, tanto en invierno como en verano, utilizando como acumulador una pared doble de ladrillo con una separación central por donde circula el aire impulsado por un ventilador. Durante el invierno el flujo de aire proviene de un calentador solar, con lo que el calor recogido se acumula de día y se deja disipar por la noche en forma pasiva. Durante el verano el aire del exterior se hace circular durante la noche, aprovechando la diferencia de temperatura diurna-nocturna para refrescar el muro. Durante el día el muro extrae calor en forma pasiva desde los locales con lo cuales está en contacto.

Se ha construido un muro de 2.26x2.30x0.42 m³ en el centro de un local de 2.60x2.70x2.40 con el fin de ensayar el sistema. Se ha instalado un datalogger y sensores de temperatura con el fin de determinar el comportamiento del mismo. También se han tomado vistas de la superficie del muro con un termógrafo para tener una idea global del funcionamiento del mismo.

Los primeros ensayos se han realizado a partir del mes de agosto por lo que se ha medido el comportamiento de verano, ya que en Salta los meses de setiembre a diciembre resultan ser los más calurosos y con un clima más apropiado para realizar experiencias de ventilación estructural. Se discuten los resultados obtenidos mostrándose un efecto interesante de refrescamiento, apropiado para el clima de la zona.

INTRODUCCION

La estructura de temperaturas máximas y mínimas medias en la ciudad de Salta a lo largo del año muestra una necesidad moderada de climatización de los edificios, requiriéndose calentamiento en los meses de junio a agosto y refrescamiento entre setiembre y febrero. Se ha procurado desarrollar un sistema que pudiese cumplir las dos funciones a un costo razonable. Un esquema, cuyo diseño y evaluación teórica fué presentado en un trabajo anterior (1), se muestra en la Fig. 1.

Dado que el clima tiene saltos de temperatura diurno-nocturno de cierta entidad se ha procurado satisfacer la demanda de verano mediante ventilación estructural. El sistema debe ser activo ya que los flujos de aire requeridos para la ventilación son demasiado altos para usar la convección natural. Se ha buscado evitar el flujo de aire en el interior de los locales, para lo cual la acumulación se realiza en muros dobles de ladrillo con circulación del aire en el espacio que los separa. La transmisión de calor desde el local hacia el muro durante el día se realiza en forma pasiva, sin intervención del ventilador. El uso de muros internos como acumuladores permite tener mejor contacto con los locales ya que ambas caras del muro son usadas en la transmisión de calor.

Durante el invierno se tiene un clima soleado por lo que el uso de la radiación solar con fines de calentamiento resulta adecuado. El ventilador permite llevar el aire caliente desde los colectores al muro durante el día. A la noche el muro entrega calor al local en forma pasiva. La circulación forzada da mayor libertad en la colocación de los colectores, que pueden estar en una pared que mire al norte o sobre el techo.

El sistema diseñado es bastante flexible en la ubicación de sus elementos, por lo que su instalación se puede adaptar a edificios ya existentes ("retrofitting").

¹ Instituto UNSa - CONICET

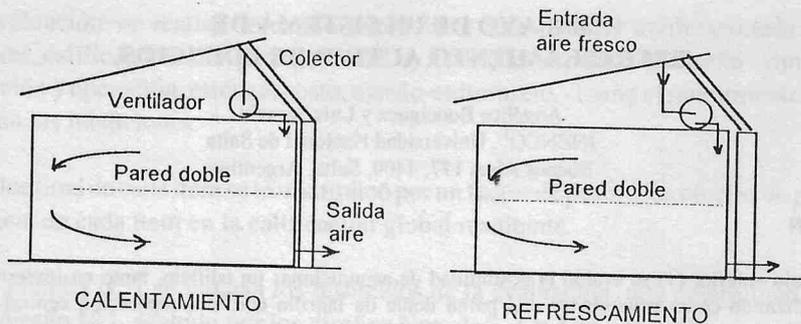


Fig. 1.- Esquema del sistema activo de calentamiento y refrescamiento.

Se ha seleccionado una disposición de los ladrillos en el muro doble de manera que algunos de ellos se proyecten en el interior del espacio que separa los dos muros, tal como se ilustra en la Fig. 2., obteniéndose una mayor masa de acumulación por unidad de volumen de pared.

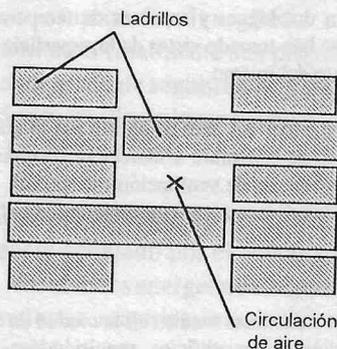


Fig. 2.- esquema de la disposición de los ladrillos en el muro.

Se ha construido un prototipo con el fin de ensayar el funcionamiento general del sistema y medir los coeficientes de transmisión térmica necesarios para una simulación numérica del equipo. En este trabajo se describen los detalles constructivos, la instrumentación usada y los resultados obtenidos para el funcionamiento de verano.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO E INSTRUMENTAL.

Se construyó el sistema en un local de 2.60x2.70x2.40 m³. Consta de una pared doble de 2.26x2.30x0.42 m³ con la cavidad por donde circula el aire dividida en dos partes mediante un tabique horizontal, de manera que el aire entra en la parte superior, recorre el muro horizontalmente y luego retorna por la parte inferior para salir al exterior. En ambos extremos se ha cerrado el muro con chapas metálicas. El ventilador está colocado a la salida, de manera que el muro está trabajando en depresión. La Fig. 3 muestra la disposición relativa de los elementos dentro del local. durante el verano el aire es tomado directamente desde el exterior en una pared sur evitando recalentamientos residuales. Durante el invierno se simulará el colector colocando un calentador eléctrico en la cañería de entrada de aire.

El sistema de adquisición de datos consta de una PC-XT con dos tarjetas de adquisición totalizando 32 canales. Las temperaturas se han medido con sensores LM335 en los lugares donde no se tiene problemas con el tamaño, o con termistores de 1 mm de diámetro en caso contrario. Se han colocado 6 puntos de medida a lo largo del acumulador, según se muestra en la Fig. 3. En cada uno se mide la temperatura del aire que circula en el interior, dos temperaturas en el ladrillo y una temperatura superficial. También se miden temperaturas en el aire del local y en el exterior. Los flujos de aire se miden manualmente con una sonda anemométrica marca TSI. Con el fin de tener la distribución superficial de temperaturas en todo el muro se utiliza un termógrafo Inframetrics 600L con un gran angular, trabajando en un intervalo total de 5 C cen-

trado en la temperatura media del muro. Las imágenes son registradas en fotos polaroid o guardadas en un grabador de video con formato PAL.

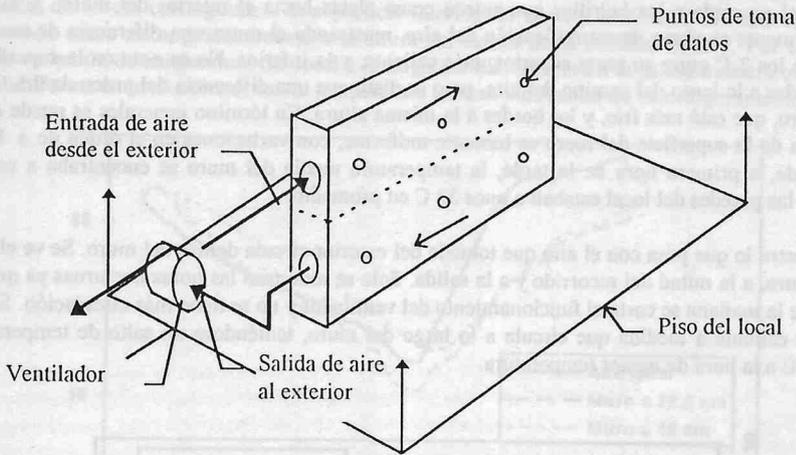


Fig. 3.- Esquema de disposición de los elementos en el local.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se han realizado medidas en el sistema en el segundo semestre de 1994. Los meses de setiembre, octubre y noviembre constituyen la época del año con altas temperaturas diurnas y humedad relativa baja, en la cual el equipo de refrescamiento puede llegar a tener más uso. Las medidas que se discuten a continuación corresponden al 22 de setiembre de 1994, con temperaturas y humedades que pueden considerarse como típicas para la época.

La Fig. 4 muestra la temperatura ambiente exterior y la temperatura en el local. En la exterior se observa el descenso nocturno, con un salto máximo entre noche y día de 20 C, que permite refrescar el muro. El local tiene una carga térmica considerable debido a la temperatura exterior y a la incidencia de radiación solar en su cara norte. Las medidas superficiales sobre algunas de las paredes del local hechas con termógrado mostraron temperaturas internas que oscilaban entre 32 y 35 C a primeras horas de la tarde.

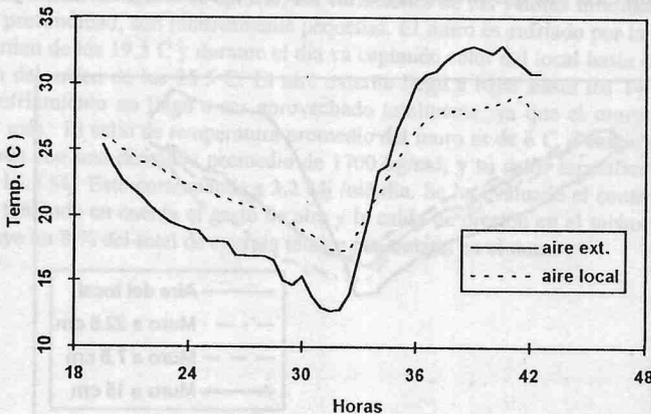


Fig. 4.- Temperaturas del aire exterior y del aire del local.
Las 24 horas representan la medianoche.

Las observaciones del muro con termógrafo tienen sensibilidad suficiente para apreciar diferencias del orden de 0.3 C entre los ladrillos y las juntas de mortero, las que están más frías. Ello permite ver bien la disposición de los ladrillos. Se aprecian diferencias de algunas pocas décimas entre algunos ladrillos vecinos, en general asociada a los ladrillos que entran como aletas hacia el interior del muro. A la tarde se aprecia globalmente el efecto de estratificación del aire, mostrando el muro una diferencia de temperatura en el orden de los 2 C entre su parte superior, más caliente, y la inferior. No se nota en la superficie diferencias marcadas a lo largo del camino del aire, pero se distingue una diferencia del orden de 0.5 C entre el centro del muro, que está más frío, y los bordes a la misma altura. En término generales se puede decir que la temperatura de la superficie del muro es bastante uniforme, con variaciones en el orden de ± 1 C. A la hora de medida, a primera hora de la tarde, la temperatura media del muro se encontraba a unos 29 C mientras que las paredes del local estaban a unos 32 C en promedio.

La Fig. 5 muestra lo que pasa con el aire que tomado del exterior circula dentro del muro. Se ve el aire a la entrada del muro, a la mitad del recorrido y a la salida. Solo se muestran las horas nocturnas ya que alrededor de las 8 de la mañana se corta el funcionamiento del ventilador y no se tiene más circulación. Se aprecia que el aire se calienta a medida que circula a lo largo del muro, teniéndose un salto de temperatura que alcanza los 4 C a la hora de menor temperatura.

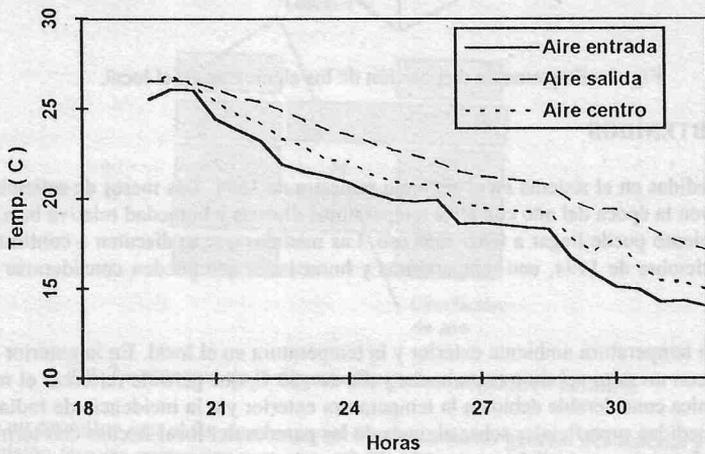


Fig. 5.- Temperaturas en el aire que circula dentro del muro, a la entrada, en el medio y a la salida

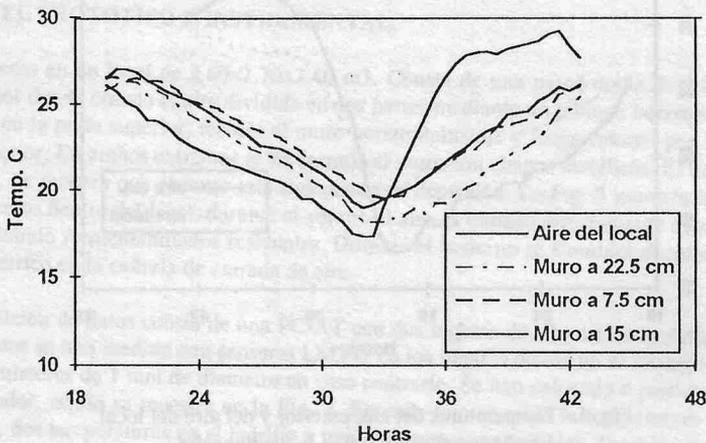


Fig. 6.- Muestra la distribución de temperaturas hacia el interior del muro en el punto de salida del aire. Las distancias se tomaron desde la superficie.

La Fig. 6 muestra la distribución de temperaturas hacia el interior del muro, tomando las distancias marcadas a partir de la superficie del muro. La distancia de 7.5 cm está ubicada en el centro de uno de los muros. La distancia de 15 cm corresponde a la superficie interior del muro y la de 22.5 cm está tomada sobre el ladrillo usado como aleta, prácticamente a la altura del centro de la cavidad de aire. Por comparación se agregó la variación de temperatura del local a lo largo del día. El muro a la salida muestra una temperatura bastante uniforme en profundidad, con la temperatura interna mostrando un valor ligeramente menor.

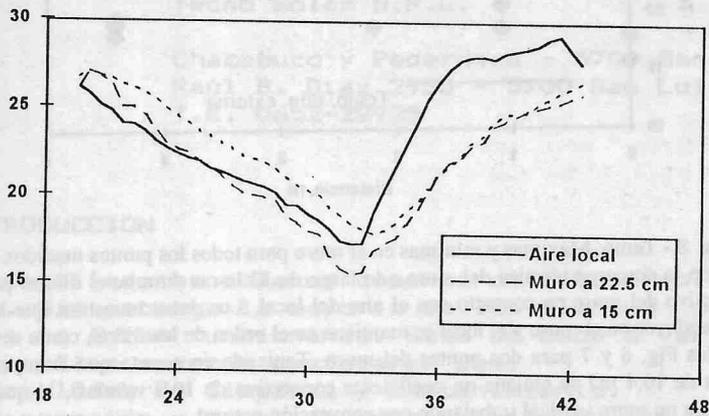


Fig. 7.- Muestra la distribución de temperaturas dentro del muro en un punto cercano a la entrada de aire. No se disponía del dato para 7.5 cm de profundidad.

La Fig. 7 muestra datos similares a los de la fig. 6 para un punto cercano a la entrada del aire. Nuevamente la distribución de temperaturas dentro del muro es bastante uniforme

CONCLUSIONES

En la Fig. 8 se muestran los valores mínimos y máximos obtenidos en distintos puntos del muro dibujados como función de la posición del punto a partir de la entrada de aire. El largo total recorrido por el aire es de 4.40 m y los sensores están colocados cada 1.10 m. Los distintos valores para una abscisa dada corresponden a diferentes profundidades. También se ha indicado con una raya horizontal los valores mínimo y máximo de la temp de aire externa. Como se aprecia, las variaciones de los valores mínimos y máximos, tanto a lo largo como en profundidad, son relativamente pequeñas. El muro es enfriado por la noche a una temperatura media del orden de los 19.5 C y durante el día va captando calor del local hasta llegar a una temperatura máxima media del orden de los 25.5 C. El aire externo llegó a bajar hasta los 14 C lo que indica que el potencial de enfriamiento no llegó a ser aprovechado totalmente, ya que el muro podría haber llegado a bajar unos 5 C más. El salto de temperatura promedio del muro es de 6 C. Teniendo en cuenta la masa del mismo, calculada con una densidad promedio de 1700 kg/m³, y su calor específico se deduce que el muro ha descargado 16.5 Mj. Esto corresponde a 3.2 Mj /m².día. Se ha evaluado el consumo de energía eléctrica del ventilador, teniendo en cuenta el gasto de aire y la caída de presión en el mismo a lo largo delmuro. El mismo constituye un 8 % del total de energía térmica acumulada en el muro

2.-SECCION DE LA PROPUESTA

Rescatamos la experiencia de A. FERRAS, L. DELICINO y J. FERRAS de nuestro grupo en los castilleros realizados en la Universidad Nacional de San Luis y discutimos el tema desarrollo y el forma a la hora de usar un sistema separado de la cámara, que al entrar en ella el agua de la cámara realiza un salto hidráulico, simple, seguro, reproducible innumerables veces. Esto permite sacar la cámara, limpiar la

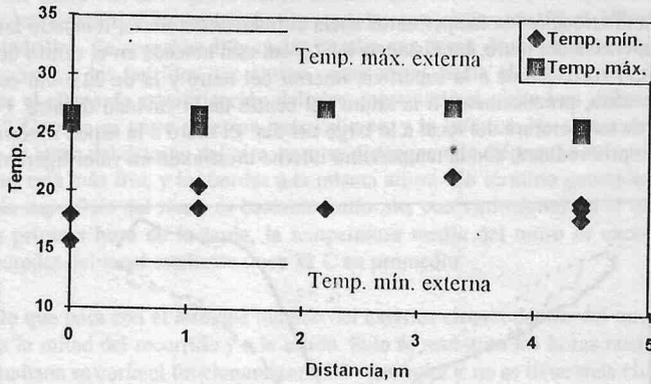


Fig. 8.- Temp. Máximas y mínimas en el muro para todos los puntos medidos.

Habiendo calculado la descarga térmica del muro a lo largo de 12 horas durante el día, se puede evaluar el coeficiente convectivo del muro en contacto con el aire del local. Los datos muestran que la diferencia de temperatura promedio entre el muro y el local se mantiene en el orden de los 3.5 C, como se puede apreciar parcialmente en las Fig. 6 y 7 para dos puntos del muro. Teniendo en cuenta que la superficie de ambos lados del muro es de 10.4 m² se obtiene un coeficiente convectivo de 10.7 w/m².C, lo que constituye un valor razonable para un muro vertical trabajando con convección natural.

Como se aprecia, la capacidad de descarga térmica del muro calculada a través del calor acumulado en la masa o a través del flujo de calor en su superficie son coherentes, encontrándose en el orden de los 3 Mj/m².día para una situación meteorológica en la que el aire nocturno ha caído unos 10 C por debajo de la temperatura que se desea obtener en el local, de 24 C. La pared no ha aprovechado enteramente el potencial de refrescamiento del aire externo ya que ha variado su temperatura promedio en unos 6 C, pero no es dable esperar una mejora sustancial ya que requeriría flujos de aire muy grandes.

Estos resultados son preliminares. Se seguirán realizando medidas durante el verano de manera de obtener una idea del funcionamiento bajo distintas condiciones meteorológicas.

REFERENCIAS

- 1.- Boucíguez, A. y Saravia, L., Sistema activo de calentamiento y enfriamiento de edificios para la ciudad de Salta, Actas de la 16ta. Reunión de ASADES y 7ma Reunión de ALES, La Plata, Argentina, 1993.