

SISTEMA DE CALEFACCION SOLAR RADIANTE. MEDICIONES EXPERIMENTALES DE INVIERNO Y EVALUACIÓN CON SOFTWARE DE SIMULACIÓN TERMICA SIMEDIF

María Victoria Mercado, Alfredo Esteves y Celina Filippín

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA)

CRICYT – Av. Ruiz Leal s/n – Parque Gral. San Martín – Mendoza

Tel. 43-261 4288797 int. 109 – Fax: 0261 – 4287370

e-mail: mvmercado@lab.cricyt.edu.ar

Palabras Claves: Calefacción solar radiante, Sistemas pasivos, Arquitectura bioclimática

RESUMEN

La falta de calidad térmica de la envolvente edilicia es una característica persistente en ciertos sectores del parque edilicio social de la ciudad de Mendoza, Argentina. Además la acentuada crisis económica hace imposible para cierta franja poblacional hacer frente al consumo energético necesario para alcanzar el nivel mínimo de confort térmico y salubridad. Se estudia el sistema de calefacción solar radiante que consiste en un recinto cerrado de captación indirecta sin acumulación de calor, entregando el calor directamente al espacio. Se continuó con el estudio de la evolución térmica interna en épocas invernales, tomando registros de temperatura en el espacio modelo, temperatura del aire y temperaturas superficiales. Posteriormente se ingresó el sistema en el programa de simulación SIMEDIF para WINDOWS, logrando una correlación de 0.77, se prosiguió a evaluar su comportamiento en todo el período invernal. Se concluye que, el sistema aporta una solución de climatización a diferentes espacios posibilitando además su interacción con otros sistemas de acondicionamiento.

ABSTRACT

The bad thermal quality of building surrounding it is a characteristic in the social home in Mendoza, Argentina. This paper presents a radiative panel system study. The system is a enclosure of indirect gain without thermal storage. The heat it is delivering directly at space. It continued with the study of the internal thermal evolution in winter, taking registrations of temperature in the model space, air temperature and superficial temperatures. Subsequently it entered the system in the program of simulation SIMEDIF for WINDOWS, and once obtained the adjustment among data measured and simulated with a correlation to 0.77 was continued to evaluate its performance in all the winter. It is concluded that, the system contributes a solution of air conditioning to different spaces enabling besides its interaction with other systems of conditioning.

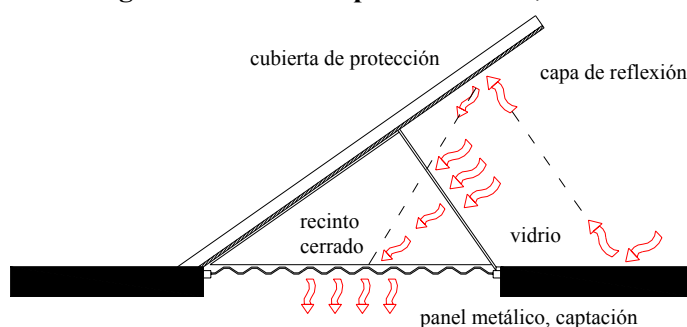
Keywords: solar radiant heating, passive solar system, solar architecture

1. INTRODUCCIÓN

La falta de calidad térmica de la envolvente edilicia es una característica persistente en ciertos sectores del parque edilicio social de la ciudad de Mendoza, Argentina. Por esta razón, y para alcanzar niveles mínimos de confort en una zona de inviernos crudos (TMAM:14.6°C; TM:7.9°C; TMIN:3.8°C; HGLO:9.1MJ/m²), se requiere un alto consumo energético que, en muchos casos es difícil enfrentar debido a su costo. Como resultado, las temperaturas interiores están muy lejos de alcanzar un nivel mínimo de confort y salubridad.

Se ha estudiado y experimentado un sistema de panel radiante utilizado para calefaccionar pasivamente locales sin disposición hacia el ecuador Figura 1. En trabajos anteriores se dedujo matemáticamente que una cuarta parte de la superficie total de cubierta del espacio a acondicionar era suficiente para la climatización del mismo. (Mercado et al, 2005). Es de destacar que todos los trabajos indicados han sido financiados parcialmente por el Proyecto de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT), PICT 13-12399.

Figura 1: sistema de panel radiante, recinto sellado



La energía que absorbe un panel es entregada al espacio interior por medio de transferencia por radiación y por convección libre (Balcomb et al, 1986). Sin embargo para el estudio que se está llevando a cabo se considera como relevante para su análisis detallado la transferencia de calor por radiación.

En estudios anteriores fue posible evaluar el comportamiento del sistema en un modelo a escala, donde se logró elevar suficientemente la TRM por encima de la temperatura del aire exterior. Las variaciones de temperatura existente entre el ambiente y la media radiante implican una modificación de la temperatura operativa de aproximadamente el 50% de esa variación, haciendo que aumente cuando la TMR es superior y reduciéndola cuando es inferior. (Mercado et al, 2006) (Bedoya Frutos et al, 1992). Un aumento de la TRM, se puede compensar con una disminución de la temperatura del aire y un bajo nivel de vestimenta (clò). (Fanger, 1970)

El presente trabajo analiza el funcionamiento del sistema en épocas invernales, con registros medidos en un espacio de ensayo. También se realizó la evaluación del sistema con un programa de simulación térmica, SIMEDIF para WINDOWS (Flores y Lesino, 2000).

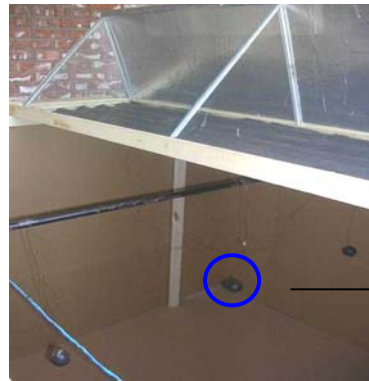
2. METODOLOGÍA

A partir de las conclusiones de un trabajo anterior (Mercado et al, 2006), se prosiguió con la evaluación térmica del sistema. Se tomaron registros de temperatura del aire y temperatura bulbo negro sobre tres puntos estratégicos dentro del espacio donde se ubica el modelo a escala en un período acotado de invierno (28/07-01/08/06). En la figura 2 se puede observar la ubicación de estos puntos, en forma perpendicular al sistema con el propósito de tomar registro de la situación anterior, posterior e inmediatamente por debajo panel radiante.

Simultáneamente a esto se tomaron registros de las temperaturas superficiales de las paredes del espacio, con la intención de evaluar la evolución de la temperatura radiante media en los diferentes estadios. Estos registros, al igual que los del espacio modelo se tomaron con sensores HOBO H12,

data loggers de un canal para medición con termocupla tipo T, la cuál se localizó dentro de un globo negro.

Figura 2: Ubicación de los sensores en el interior del recinto para mediciones



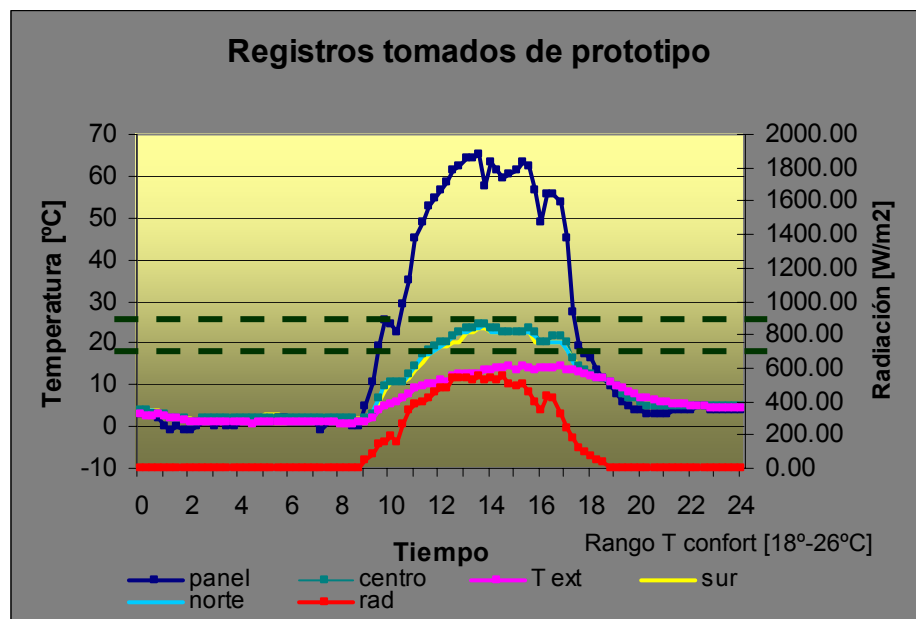
Cuerpo negro, termocupla de sensor hobo dentro del globo negro.

Posteriormente se introdujeron los datos del espacio modelo y del sistema en el programa SIMEDIF para Windows (Lesino et al, 2000), para ajustar su comportamiento a las mediciones y poder simular luego, por períodos de tiempo mas extendidos y evaluar finalmente su desempeño en toda la estación invernal. *SIMEDIF permite realizar la simulación térmica de edificios a fin de evaluar su comportamiento frente a determinadas variaciones climáticas y detectar de esta manera problemas de falta de confort dentro de los distintos locales del edificio. En edificios construidos (en este caso el modelo construido) permite ajustar los datos medidos, de forma de conocer su comportamiento bajo diferentes condiciones climáticas o de orientación, detectar problemas de confort y estudiar la eficiencia de diferentes alternativas de diseño.* (Filippín 2005)

3. MEDICIONES EN PROTOTIPO

Los registros tomados evidencian una diferencia en la temperatura interior de hasta 10°C con respecto a la temperatura exterior, alcanzando el rango de confort (18°C -26°) y manteniéndolo durante las siete horas de mayor radiación solar. Se observa también (Figura 3) que la entrega de calor se produce del sistema (panel absorbedor de chapa) al espacio habitable prácticamente sin ningún retardo, lo que evidencia la transferencia radiativa de calor que ejerce el panel radiante. Esto indica que la temperatura operativa interior (combinación de la temperatura de bulbo seco y la TRM) se eleva y alcanza niveles de confort con la única aplicación del sistema de calefacción solar radiante.

Figura 3: Temperaturas de cuerpo negro en tres puntos estratégicos, temperatura exterior y temperatura del panel radiante. (1/08/2006)

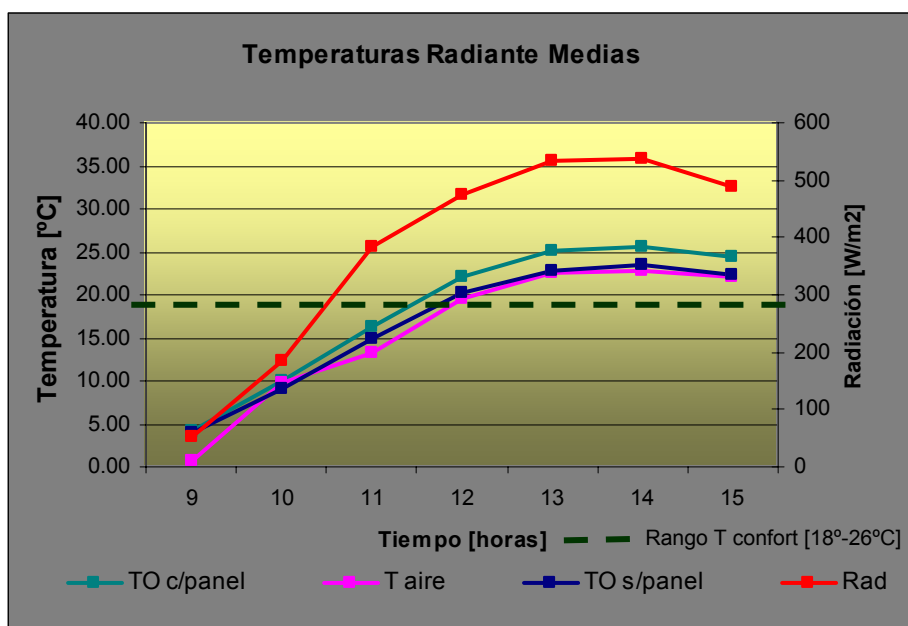


Se puede observar que los tres puntos (sur, centro y norte) registran temperaturas similares, esto muestra que **el espacio interior es isotérmico** sin sufrir una situación de asimetría térmica.

3.1. Temperaturas en paredes

A partir del análisis de la Temperatura Radiante Media (TRM) del espacio se puede observar la incidencia del sistema de calefacción solar radiante pasivo para elevar la temperatura operativa (TO) del espacio y, de esta forma, alcanzar niveles de confort. (Figura 4)

Figura 4: Evolución de la Temperatura Radiante Media (TRM) en relación a la incorporación o no, del sistema dentro del recinto. (1/08/2006)



En efecto, siendo la TO una combinación lineal de las temperaturas de bulbo seco y TRM, si aumenta cualquiera de éstas, aumentará consecuentemente TO; o para mantener una TO constante, podemos aumentar la TRM y mantener bajas la temperatura de bulbo seco. Normalmente, los sistemas de calefacción convectivos trabajan sobre la temperatura del aire. En este caso, el sistema es radiante, es decir, trabaja aumentando la TRM y de ese modo mantener la TO entre las temperaturas de confort. En la Figura 4 se puede observar cómo la TO aumenta considerablemente (alrededor de 2°C más que la TO sin el panel radiante).

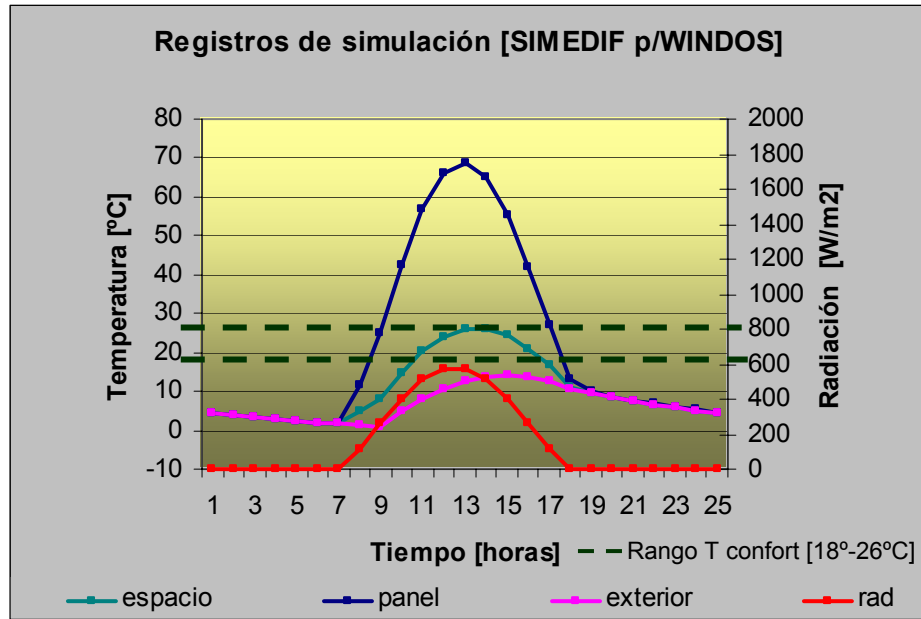
Un efecto adicional que ocurre es que el calor entregado por radiación al resto del recinto, se va traduciendo en un aumento de temperatura de bulbo seco interior. Esto ocurre en el modelo experimental, sin embargo, es de destacar que en el modelo real, cuando la persona se ubique dentro del recinto, será ella la receptora de la energía entregada por radiación, manteniendo su sensación de confort.

4. SIMULACIONES SIMEDIF

El programa SIMEDIF permite simular el comportamiento del sistema y conocer las temperaturas hora a hora en cada local y en cada superficie de los muros que lo rodean. Además se puede conocer el comportamiento en otros períodos. Se presenta un estudio pormenorizado de la aplicación del programa a este caso especial de climatización ambiental.

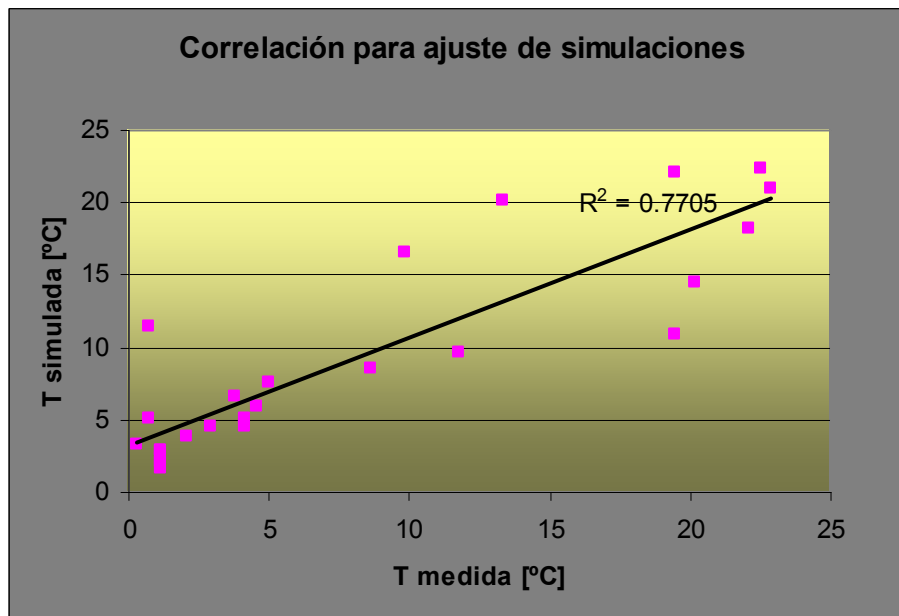
En una primera instancia se trabajó sobre la simulación para ajustar el modelo a los registros medidos, para un día patrón de agosto. En la Figura 5 se puede observar la graficación de los resultados obtenidos del modelo simulado.

Figura 5: Registros de situación simulada para el 01/08/2006.



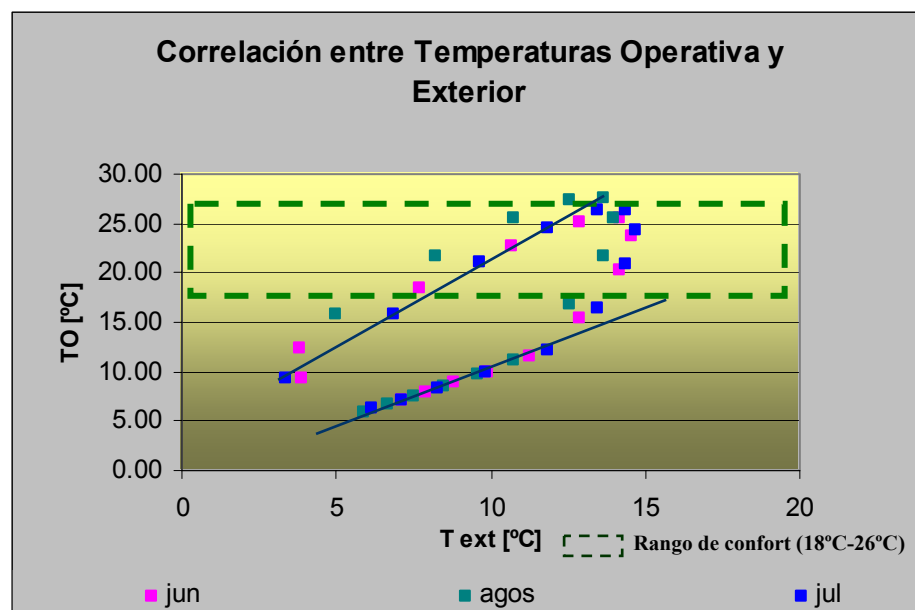
Para evaluar el ajuste se realizó una correlación entre la temperatura del espacio medida y la temperatura del espacio simulada, esto dio como resultado un $R^2 = 0.77$ (Figura 6).

Figura 6: Correlación entre T medidas y T simuladas



Posteriormente se extendió el análisis del modelo simulado al comportamiento térmico del sistema en todo el período invernal.

Figura 7: Evolución de la TO en todo el período invernal (meses de MAYO-JUNIO-JULIO-AGOSTO-SETIEMBRE)



La Figura 7 muestra la TO resultante en el local respecto de la TBS del aire exterior para las horas diurnas (de 8 hrs. a 18 hrs.). Como se puede apreciar en las horas de la mañana, la relación entre las temperaturas sigue la recta inferior, es decir, la TO interior resulta muy cercana a la temperatura exterior (recordemos que el local tiene una construcción tradicional y no tiene masa térmica, y durante la noche se enfría hasta temperaturas cercanas a la exterior). Al salir el sol, la TO crece despegándose de la TBS exterior hasta alcanzar temperaturas que siguen la recta superior. Esto genera una diferencia considerable entre la TO interior y la TBS exterior, manteniendo durante la mayor parte de las horas diurnas, la situación térmica interior dentro de la zona de confort (18-26), indicada dentro del rectángulo verde y el resto de las horas mantiene temperaturas sensiblemente más elevadas que la exterior.

5. FUTUROS ESTUDIOS

Observando que el sistema responde positivamente a las expectativas iniciales se prosigue a su incorporación en un espacio destinado a la experimentación de sistemas de climatización natural y a oficinas en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), que se encuentra en rehabilitación en las instalaciones del Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT).

El sistema responde al dimensionamiento estudiado previamente (Mercado et al 2005). Además su construcción ha sido prevista para la sustitución del panel radiante por distintas superficies, para evaluar así el comportamiento de diferentes materiales, como también el estudio de diversas modificaciones en su diseño para el comportamiento del mismo en verano.

En la Figura 8 se puede observar el sistema abierto por su lado inferior, posteriormente se colocará el panel radiante.

Figura 8: Fotografías del sistema en construcción en oficinas del LAHV



6. CONCLUSIONES

El sistema, que es de bajo costo provee una posibilidad de climatización natural pasiva a espacios que no posean la fachada hacia el ecuador libre. El importante parque edilicio de viviendas que cuentan con esta fachada enfatiza la potencialidad de esta solución.

Se logra que el espacio de estudio donde se encuentra incorporado el sistema de calefacción solar radiante se posicione dentro del rango de confort para invierno (18°C - 26°C) que establece Givoni.

La simulación térmica del sistema, una vez ajustado, provee una herramienta que permite analizar el comportamiento del mismo en diferentes períodos y así visualizar la ventaja de su incorporación dentro de los espacios. Además permite evaluar y solucionar los posibles problemas que se presenten en estaciones estivales.

Aquí, como en otros trabajos anteriores, se demuestra que el sistema aporta una solución de climatización natural para invierno a diferentes espacios y que además, permitiría su integración a estudios de acondicionamiento lumínico.

7. REFERENCIAS

- BÁNHIDI, L. J. (1991). *Radiant Heating Systems*. Desing and applications. Pergamon press. Gran Bretain. 239 p.
- FANGER P. O., (1970). *Thermal Confort*. Danmarks.
- FILIPPÍN C., (2005). *Uso eficiente de la Energía en Edificios*. 1° ed. La Pampa: Amerindia.
- INCROPERA F., DE WITT D. (1981). *Fundamentals of Heat Tranfer* John Wiley & Sons. United Status of America.
- LESINO G., FLORES LARSEN S. (2000). *Simedif para Windows*. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente AVERMA Vol. 3.
- MERCADO V., ESTEVES A. (2005) *Sistema de Calentamiento Solar para Viviendas de Bajo Costo sin Fachadas hacia el Ecuador*. AVERMA, Vol. 9; 3.49 – 3.54 p.
- M.V. MERCADO, A. ESTEVES. (2006) *Sistema De Calefaccion Solar Radiante - Variables De Diseño Y Mediciones Experimentale*” ENTAC (Encontro Nacional de Tecnología no Ambiente Construido) 334 – 344 p.

- J. R. GOULDINGS, J OWEN LEWIS THEO O. STEEMERS. (1986). *Energy in Architecture The European passive Solar Handbook*.
- S. KAMAL, P. NOVAK. (1991) *Dynamic Analisis Of Transfer In Building With Special Empahsis On Radiation* Energy and Building 17. 231 – 241p.