

SISTEMA DE CALENTAMIENTO SOLAR PARA VIVIENDAS DE BAJO COSTO SIN FACHADA HACIA EL ECUADOR.

M. Victoria Mercado y Alfredo Esteves

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) (CONICET)
C.C. 131. C.P.5500, Mendoza, Argentina
Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370
E-mail: mvmercado@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN. Se presenta un sistema de calefacción solar radiante, a ser ubicado en el techo de la vivienda, para alcanzar asoleamiento cuando la misma no posee fachada hacia el Ecuador. El mismo resulta de bajo costo y permite mejorar las condiciones de confort térmico interior durante el día. Se analiza las posibilidades térmicas realizando propuestas del 12.5%, 25% y 50% del techo de la vivienda y se concluye que en la situación interior resultan temperaturas operativas superiores a la del sistema totalmente opaco y ahorros que alcanzan el orden del 40% (Fracción de Ahorro Solar).

PALABRAS CLAVES: Radiación solar, Arquitectura bioclimática, Energía solar.

INTRODUCCIÓN

A la crisis económica del país la sufre con mayor intensidad la población con menos recursos. Esto lleva directamente a una importante consecuencia en la calidad de vida de esta franja poblacional. El sector edilicio al que apunta el presente trabajo es aquel que esta franja poblacional accede a través del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV) o por medios propios terminando en la adquisición de edificios de baja calidad. Existe una falta de estudio proyectual desde lo climático y en la mayoría de los casos una ausencia total de consideraciones térmicas en el diseño y su posterior construcción. Dentro de estos edificios, en general, es necesario el acondicionamiento basado en el uso de combustibles fósiles para llegar a condiciones térmicas de habitabilidad mínima dentro de estas viviendas.

La provincia de Mendoza cuenta con inviernos muy fríos. En esta época del año la “necesidad” de protegerse de las bajas temperaturas es latente pero no siempre satisfecha por esta población. El costo de los recursos energéticos constituye un problema vigente para ellos. Esto los obliga a vivir en espacios donde las condiciones térmicas interiores son un reflejo de las condiciones exteriores.

La energía que puede intercambiar un edificio con el medio es importante y puede hacer que, de la manera correcta, el ambiente intervenga de forma ventajosa en la búsqueda de confort térmico dentro del edificio. Esto se puede dar a través de la utilización de la radiación solar como medio de calefacción en los espacios de un edificio, sin embargo, es necesario disponer de una fachada dirigida hacia el ecuador para poder acceder al asoleamiento necesario.

El presente trabajo se focaliza en la incorporación de un sistema solar pasivo en las viviendas de carácter social con cubiertas livianas. Se estudia la posibilidad de utilizar paneles radiantes (paneles metálicos) como un sistema de calefacción pasiva para locales de una planta y sin vinculación o disposición al norte.

INTERCAMBIO DE ENERGÍA

Con la utilización de sistemas bioclimáticos se maximizan los intercambios radiantes ya sean de alta longitud de onda (durante el día y si el local recibe soleamiento directo) como de baja longitud de onda (durante la noche) (Esteves, 1993).

Tomando al ser humano como un cuerpo sólido, éste intercambia energía por medio de radiación hacia el espacio donde se encuentre. “La radiación es la forma por la cual el ser humano disipa más energía (45%) a un ambiente en condiciones de confort relativo, siendo la temperatura de 18°C, aire relativamente estanco, con una velocidad del aire de 0.25m/s y una humedad entre el 40 y 60%, y para una persona con actividad sedentaria”. (Koenisberger et al 1977).

En este cambio de energía interviene de manera fundamental la distancia y ubicación que tiene el cuerpo que irradia con respecto al irradiado para conocer el factor de forma, llamado también factor de vista o factor de ángulo que determina que parte de radiación recibe un cuerpo de otro. El factor de forma se define como la fracción de radiación que saliendo de una superficie es interceptada por una segunda.

Luego de analizar tres métodos para obtener el factor de forma entre una superficie cualquiera ubicada en forma superior y una persona se opta por el diagrama de Chrenko. Con este se puede obtener el valor del factor mencionado a partir de una simple relación entre las dimensiones de la superficie y la distancia que la separa del centro de gravedad de la persona.

SISTEMAS SOLARES PASIVOS

Las pérdidas de calor de un edificio ocurren normalmente por conducción a través de las superficies externas y por infiltración y ventilación a través de las aberturas. Significativas reducciones en la demanda energética se pueden lograr si se aumenta la eficiencia de los sistemas de calefacción solar pasiva. (Gouldings et al, 1986).

La incorporación de sistemas solares pasivos es un elemento de fácil utilización en la rehabilitación bioclimática de cualquier edificio. Estos sistemas son de sencilla construcción y de operación simple por parte de los ocupantes. Además de tener un costo inicial bajo.

Estos sistemas cuentan con un gran potencial en la provincia de Mendoza. Las condiciones climáticas de la zona propician esto, la heliofanía es alta, 65% de días con sol; poco viento y baja velocidad en la mayor parte del año. La alternativa viable a la que se apunta es la utilización de sistemas solares pasivos a través de la ganancia indirecta, ubicados en la cubierta de los edificios. Esto proporciona cierta independencia con la necesidad de un norte expuesto. Se considera ventajoso el sistema de paneles solares radiantes.

Los paneles solares radiantes tienen una paridad con el sistema de ganancia directa y se adaptan bien para la rehabilitación térmica. (Balcomb, 1986)

CONFORT TERMICO POR SUPERFICIES RADIANTES

La ASHRAE define el confort térmico como “La condición mental que expresa satisfacción con el entorno térmico”. Este concepto deja claro que el confort es un parámetro en donde intervienen agentes internos y externos al ser humano. La adaptación del organismo humano a un ambiente es un proceso complejo en donde estos factores actúan en forma conjunta y el organismo reacciona a este efecto conjunto más que a un efecto individual. (Esteves, 1995).

Los parámetros principales que describen el confort térmico son los siguientes:

- *temperatura del aire*: obtenida dentro del recinto
- *temperatura de las superficies que rodean al individuo*: se evalúa de acuerdo al sistema constructivo y materiales utilizados.
- *velocidad del aire y su renovación*: en ambientes interiores se considera 0-0.1 m/s, lo que no afecta.
- *humedad relativa*: la cuál en general, no se ve afectada en los sistemas de calefacción por medio de radiación
- *radiación solar*: es el factor de mayor importancia en todos los sistemas de acondicionamiento solar pasivo. Se toman los registros día por día tomado en la zona.

Además de estos factores, los cuales son técnicamente definibles, intervienen parámetros que se combinan con estos para llegar al resultado final, como lo son la vestimenta (clò) y el nivel de actividad que tiene la persona (met).

En el dimensionamiento térmico por lo tanto, es nuestra tarea, tomar el nivel de metabolismo y el nivel de vestimenta dado, como una base y lograr que los demás factores se mantengan en valores tales, que le manifieste un sentimiento térmico subjetivamente placentero o aceptable. (Esteves 1993)

El logro del confort humano es particularmente importante en edificios con sistemas solares pasivos. La manera en la cuál la energía es colectada, acumulada y entregada tiene un gran efecto en el confort de los ocupantes. (Gouldings et al, 1994).

DISEÑO Y EVALUACION DEL SISTEMA

Con el objeto de evaluar el comportamiento térmico de la propuesta y teniendo en cuenta que el intercambio radiante es entre superficies, se presentan tres casos distintos, donde se varían las superficies de acuerdo al ancho de éstas y se grafican las figuras que incluyen la planta y los cortes para la situación de una persona sentada y una persona parada.

Espacio

Como objeto de estudio se planteo un espacio en forma de prisma de cuatro lados iguales de 4m de lado por 2.5m de alto. Se propone como sistema constructivo, el método tradicional húmedo, compuesto por ladrillón, con revoques en ambos lados, con valores de transmitancia $K = 2.4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ y resistencia $R = 0.417 \text{ m}^2\text{ }^\circ\text{C/W}$ y cubiertas livianas.

Sistema solar pasivo

Se pretende trabajar con un sistema solar pasivo, de captación indirecta sin acumulación de calor en el mismo sistema, dentro de un recinto cerrado donde la disipación de calor se realiza principalmente por medio de radiación, aunque también existe convección natural. Se recurre a estos sistemas con el propósito de una posible aplicación en las viviendas sin la necesidad imperiosa de una orientación norte, utilizando el espacio sobre el techo de los locales a ser operados.

Este recinto se cierra por el lado de captación y los laterales con un vidrio simple. La cubierta de éste será opaca para proporcionar protección, teniendo una inclinación que permita la entrada de la radiación con respecto al ángulo solar de invierno, pero no en verano como se puede observar en la Fig. 1.

En la Fig. 2 se muestra el sistema planteado formado por tres funciones básicas:

- *captación*: la más importante dentro de este sistema, se plantea como un medio de captación de la energía solar para ser utilizada como un calefactor instantáneo del espacio. Para esto se propone un panel metálico debido a sus características de absorptancia y emisividad. En provecho de la falta de retardo de este material se puede llegar a una entrega casi inmediata del calor captado por el metal dentro del recinto. Las condiciones del panel son: el factor de absorción 0.95 (pintura negro mate) en la cara hacia el sol y emitancia lado posterior, 0.9.
- *protección*: un sistema de este tipo aportará grandes cargas de calor en verano, por esta razón es necesaria su protección para que en esta época del año no produzca ganancias hacia el interior de la vivienda que produzca una inconformidad térmica.
- *reflexión*: ubicado en la parte inferior del elemento de protección servirá tanto para aumentar la ganancia solar como para protegerla.

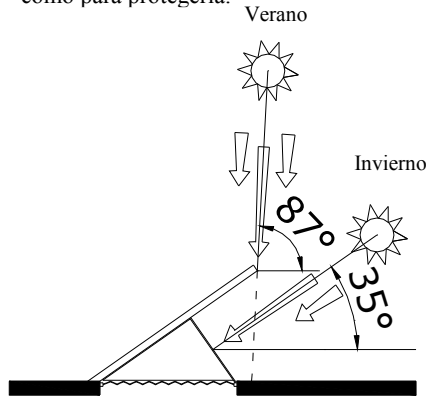


Figura 1: relación de protección con el ángulo solar. Invierno – verano.

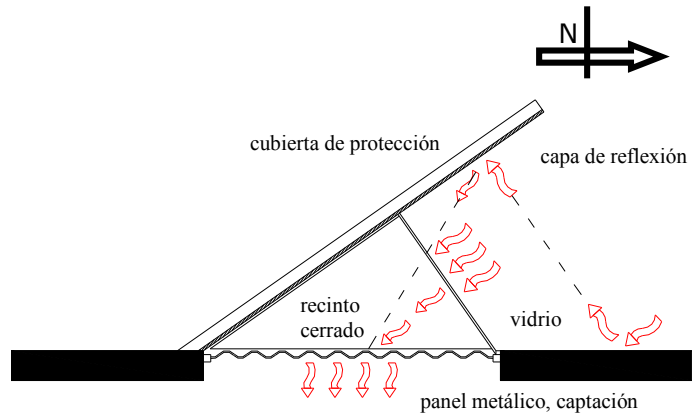
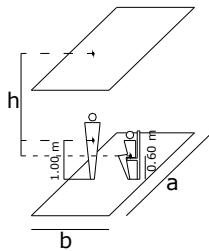


Figura 2: sistema de panel radiante, recinto sellado

Para el estudio del panel se han utilizado dimensiones de los paneles tomando como base la relación existente entre su longitud y ancho. Es importante tener en cuenta que el aumento de las dimensiones se realizó en lo que se tomaría como ancho del panel (lado más corto). La tabla 1 muestra los factores de forma de acuerdo a los cocientes de la relación longitud/ancho mencionado anteriormente para un local con una altura piso-techo de 2.50m, obtenidos por el método de Chrenko.



COCIENTE de a/b	2	4	6	8	10
Cociente de h/a para una persona sentada	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Cociente de h/a para una persona parada	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Factor de forma para una persona sentada ϕ	0,35	0,23	0,2	0,15	0,09
Factor de forma para una persona parada ϕ	0,44	0,29	0,24	0,19	0,13
	caso 1	caso 2		caso 3	

Tabla 1: Valores de factor de forma de acuerdo a los coeficientes de a/b y h/a

Para el análisis térmico y evaluación del sistema propuesto se toman los coeficientes 2, 4 y 8. Se considera el panel ubicado en el centro del local y por encima de la persona. El factor de forma se ve alterado por la posición de la persona, por esta razón se evalúa a la persona sentada y parada. Esto se indica en las figuras 3,4 y 5 donde se muestra la ubicación del panel según la planta, y los cortes muestran la ubicación de la persona.

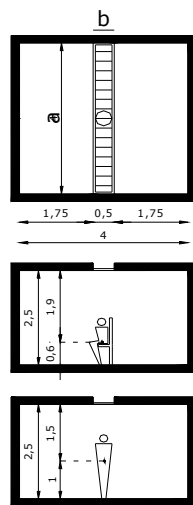


Figura 3: caso 1 relación a/b=8

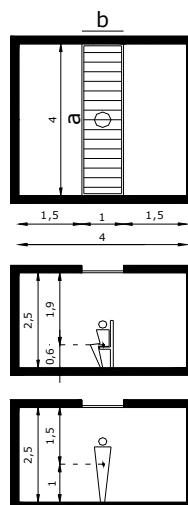


Figura 4: caso 2 relación a/b=4

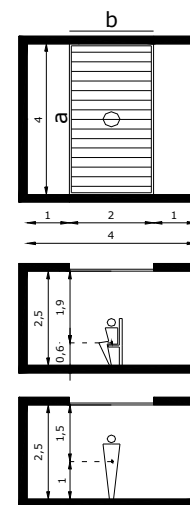


Figura 5: caso 3 relación a/b=2

ENSAYO Y EVALUACIÓN EN LAS DIFERENTES DIMENSIONES DE LOS PANELES

Obtención de datos para la evaluación

La situación de ensayo se estudia para condiciones de invierno, se han tomado datos de temperatura del aire medidos con data logger Hobo, en un espacio de ensayo sin medios de acondicionamiento. Los datos de radiación fueron registrados con un solarímetro Kipp y Zonen, con integrador. La temperatura de desempeño del panel solar radiante se obtiene a partir de la ecuación de temperatura sol-aire, teniendo en cuenta los coeficientes que alteran la radiación total.

Análisis y evaluación

En las figuras 6, 7 y 8 se exponen los valores obtenidos de la temperatura operativa del espacio en cuestión con la incorporación de los paneles solares pasivos. La experiencia se toma para 4 días de invierno del presente año, donde las condiciones climáticas fueron benévolas.

Se presentan los datos de radiación, temperatura exterior y temperatura operativa para cada caso. El comportamiento de las curvas difiere según el caso, afectado por la superficie de panel radiativo que interviene.

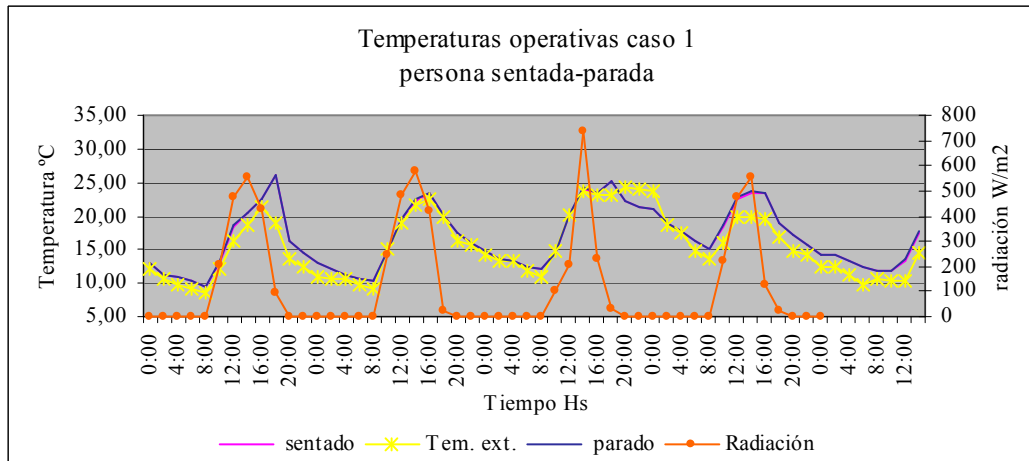


Figura 6: gráfico de la situación estudiada cuando el panel radiativo es de 2 m²

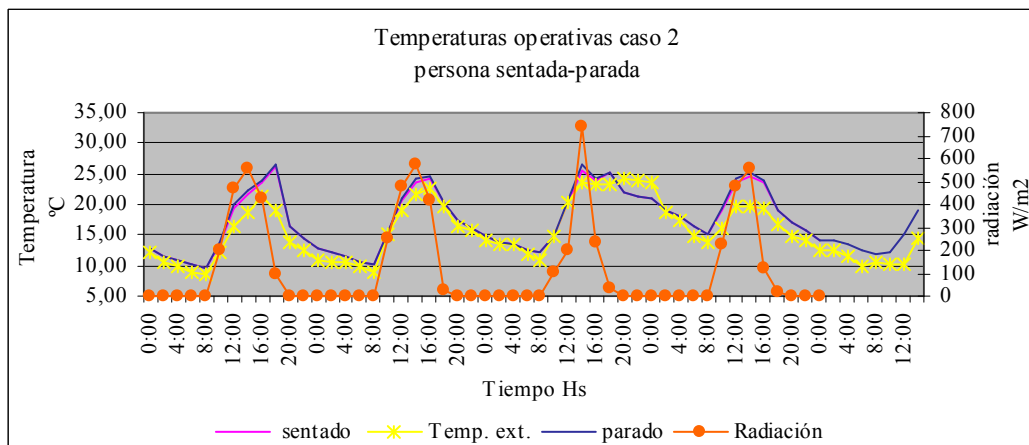


Figura 7: gráfico de la situación estudiada cuando el panel radiativo es de 4 m²

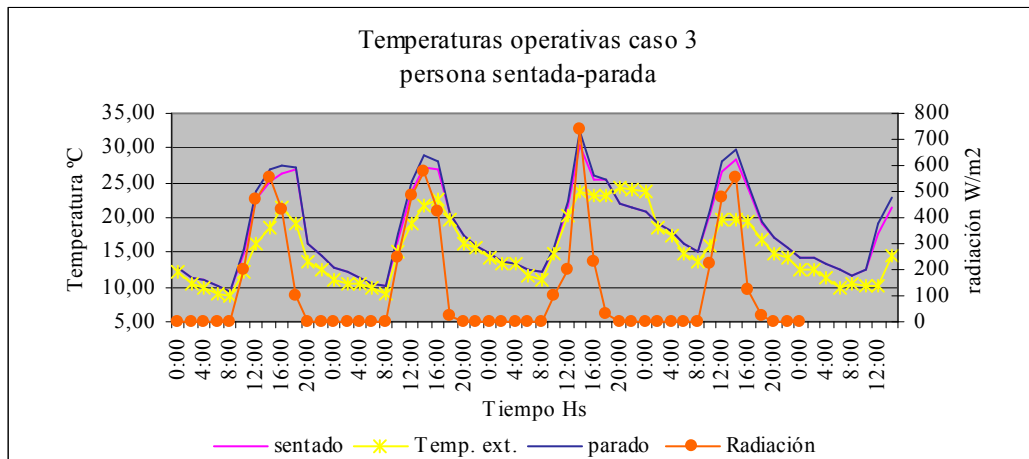


Figura 8: gráfico de la situación estudiada cuando el panel radiativo es de 8 m²

Se evidencia una media de diferencia de 4 grados entre las temperatura operativa lograda con el panel de 2m² (caso1) con respecto al panel de 8m² (caso 3), siempre en los horarios de mayor radiación. A partir del caso 2, con una superficie de panel de 4m² se observa como se despega la temperatura operativa para la situación de una persona parada a una persona sentada. Con esto se puede observar que la actividad de la persona comienza a intervenir con mayor ímpetu cuando el panel radiativo es de mayor superficie, mientras que cuando este sea menor los parámetros se equilibran y la necesidad de calor tiende a equilibrarse. Se observa que los valores alcanzados con el sistema entran en el área de confort térmico, pasando para todos los casos los 18°C a partir de las 10:00hs de la mañana y manteniéndose por sobre este nivel pasadas las 18:00 horas. Con estos valores se deduce que:

- una persona con un nivel de actividad de 1met, con un nivel de vestimenta de 1.2 cló estará en confort a 18°C. Esto indica que una persona vestida con ropa interior liviana, un pantalón y un pulóver se sentiría dentro del ambiente en condiciones de confort.
- cuando la persona se encuentre con un nivel de actividad liviano o sedentario 1met, con un nivel de vestimenta de 1.2 cló su temperatura operativa será de 20°C. Esto indica que una persona vestida con ropa interior liviana, un pantalón y una camisa y un pulóver se sentiría en condiciones de confort dentro del ambiente.

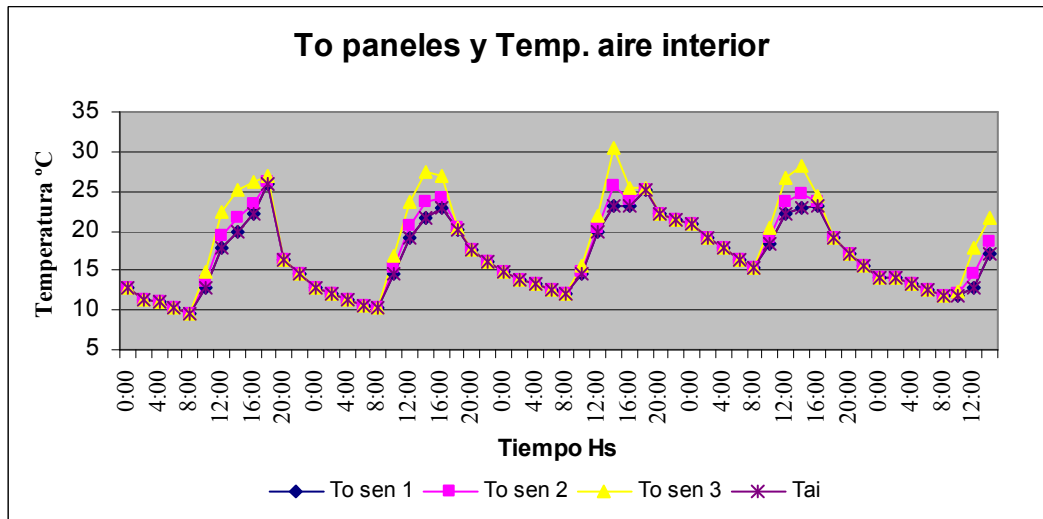


Figura 9: situación del sistema radiativo en diferentes superficies

La temperatura que se logra en el panel es una constante para las diferentes superficies ya que depende únicamente de los valores de radiación solar al que se llegue en el día. En la figura 9 se puede percibir que la diferencia entre los tres casos estudiados es establecida por la superficie de los paneles. En el caso 1 la temperatura del aire interior es incrementada en un 3%, en el caso 2 un 8% y en el caso 3 un 20%.

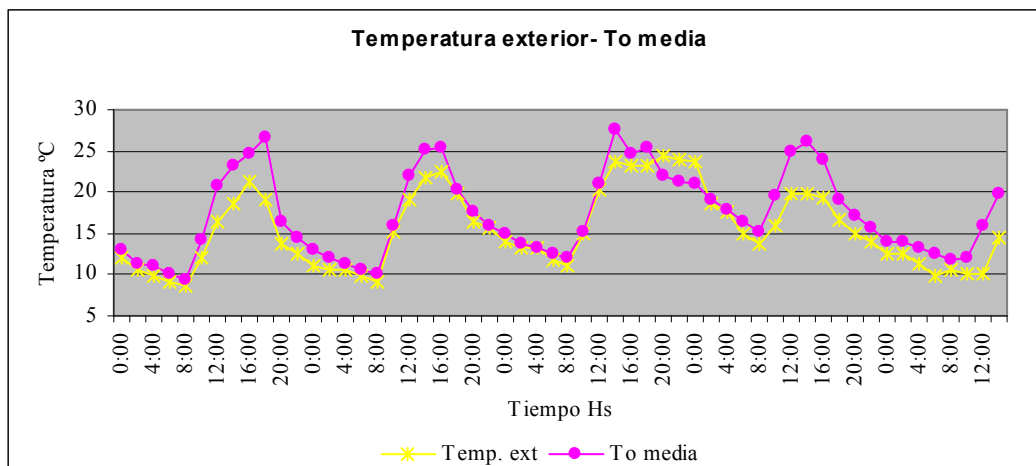


Figura 10: relación temperatura exterior y temperatura operativa media

En la figura 10 se expone una relación entre la temperatura exterior y una media de las temperaturas operativas obtenidas. Esta muestra, como la temperatura operativa a la que se llega se aparta de las condiciones del ambiente exterior y como optimiza las condiciones de confort del local con la sola utilización del sistema radiativo. Se advierte que este desapego de los factores climáticos externos comienza en una media de días a partir de las 10:00hs de la mañana continuando hasta las 20:00hs, lo que refleja que durante las horas diurnas el local se encontraría bajo niveles de confort térmico.

Ahorros Energéticos

Los ahorros energéticos alcanzan el 40% (Fracción de ahorro solar) tomando en consideración un $CNP = 139.7 \text{ W/AC}$ y resultarán mayores cuando se refieren a una construcción energéticamente eficiente.

Aplicación del sistema dentro del sector edilicio

Dentro del sector edilicio de viviendas de carácter social, se encuentran dos grandes variantes: un grupo con techos de losa y un segundo grupo de cubiertas livianas. Para el presente se toman las viviendas de cubierta liviana por su mayor extensión dentro del sector poblacional mencionado en este trabajo. Se observan como variantes de este tipo de cubierta dos posibilidades, en las figuras 11 y 12 se grafican, la primera es una superficie horizontal y la segunda de forma inclinada. Se plantea la posibilidad de “abrir” la parte exterior de la cubierta e incorporar el sistema.

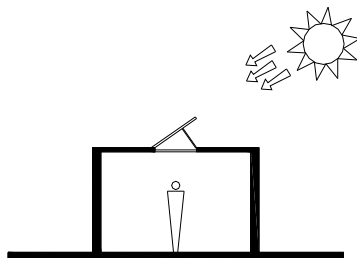


Figura 11: caso con cubierta horizontal

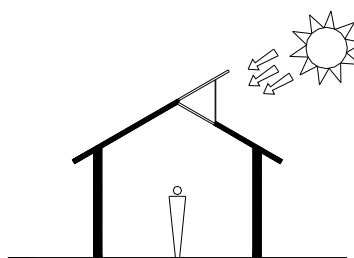


Figura 12: caso con cubierta inclinada

Frente a una cubierta interna de machimbre esta se reemplazará con una placa metálica y se construirá el recinto por encima de esta. En la alternativa de una cubierta metálica se utilizará esta misma como panel radiativo pintándola de un color oscuro y formando el recinto por arriba de este. Es interesante tomar en cuenta la relación entre los paneles estudiados en los casos presentados con la superficie de piso del local a donde se implemente el sistema. En el presente se trabajó con una relación del 12.5%, 25% y 50%, de acuerdo a los casos 1,2 y 3 respectivamente.

CONCLUSIONES

La situación térmica de la franja poblacional con menos recursos es crítica y alarmante, ya que proporciona como consecuencia enfermedades pulmonares, entre otras, a las personas que habitan estos locales de discomfort. La necesidad de implementar sistemas de calefacción en estos ambientes es imperiosa. El sistema de calefacción de panel solar radiativo presentado es una solución real y de fácil aplicabilidad práctica.

Este sistema utilizado para la calefacción pasiva de los espacios logra un valioso ahorro energético. En el caso de una relación (sup. panel-sup. piso) del 50% permite un ahorro energético anual del 40%. (FAS).

Es de destacar que el sistema permite a la población citada vivir alrededor del óptimo nivel de confort durante el día sin la necesidad de otro mecanismo de calefacción.

Este sistema utilizado para alcanzar niveles térmicos de confort es de fácil construcción o implementación en las viviendas de carácter social con cubiertas livianas, siendo de gran importancia su difusión en el sector.

REFERENCIAS

- Bánhidi, L. J. 1991. “Radiant Heating Systems” Design and applications. PERGAMON PRESS. Gran Bretain.
- Balcomb, J. D. 1986. “Passive Solar Heating Análisis”
- Esteves A. 1993 “Cálculo del factor de forma de forma entre la persona (cuya forma se asimila a una esfera) y las superficies que la rodean en un ambiente interior”.
- Fanger P. O.; 1970 “Thermal Confort” Denmark Copenagüe.
- Gonzalo G. E. 1998 “Manual de Arquitectura Bioclimática” Tucumán Argentina.
- Koenigsberger O. H., Ingersoll T. G., Mayhew A., Szokolay S.V. 1977.” Viviendas y Edificios en Zonas Cálidas y Tropicales”. PARANINFO, Madrid.
- J. R. Gouldings, J Owen Lewis Theo O. Steemers. 1986. “Energy in Architecture” The European passive Solar Handbook.

ABSTRACT. It is presented a radiative panel system to apply in social homes. This system permit improve the interior confort situation by enhanced radiative interchange. The paper present result for three situations 12.5%, 25% and 50% of surface area of radiative panel to surface area of local. It is possible to grow operative temperature 4 degree more than air temperature and savings of 40% (solar savings fraction).