

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN COLECTOR SOLAR CALENTADOR DE AIRE DE DOBLE FLUJO: RESULTADOS PRELIMINARES

Silvina Mariana González¹, Silvana Flores Larsen², Alejandro Hernández³

Universidad Nacional de Salta (UNSa),
Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO), UNSa – CONICET
Avda. Bolivia 5150. CP 4400. Salta. Argentina
Fax: 0387 - 4255489 – Tel: 0387 - 4255424
E-mail: ¹ ing.silvina.gonzalez@gmail.com.
² silvanafloreslarsen@gmail.com
³ alejoher65@gmail.com

RESUMEN: En el presente trabajo se enseñan los primeros resultados del ensayo y evaluación térmica de un colector solar calentador de aire de doble flujo en contracorriente. En el primer paso el aire circula entre la cubierta transparente y la placa absorbidora mientras que el segundo paso se realiza entre la placa absorbidora y el fondo del colector. Para la circulación del aire se instaló un ventilador axial impulsado por un motor eléctrico de 2750 rev/min. El colector fue instalado en el campus del INENCO, Salta, con orientación norte y una inclinación de 38° sobre la horizontal. Para días de invierno de cielo claro se registró un salto de temperatura de entre 30°C y 35°C con temperaturas ambiente entre 15°C y 25°C, lo cual permite su aplicación para el calentamiento de edificios, obteniendo un ahorro energético a través de la sustitución parcial de energías convencionales.

Palabras clave: Colector solar de aire, colector de doble flujo, calentamiento de aire, ahorro energético.

INTRODUCCIÓN

Debido al avance de la crisis energética mundial y las consecuencias que comenzaron a hacerse notar desde hace un tiempo en todo el país, y este año particularmente en el norte, como los cortes de gas debido a la baja presión y repetidos cortes de energía eléctrica, se convierte en prioritario el estudio de equipos solares que permitan calentar el aire interior de los edificios y mejorar las condiciones térmicas en las viviendas de los pobladores de las localidades más afectadas o alejadas de la red de suministro local, reduciendo además el consumo y la dependencia de las energías convencionales, no renovables y agotables.

El estudio de colectores ha ido evolucionando en cuanto a encontrar una mejor relación eficiencia térmica-costos. Mohamad (1997) simuló el comportamiento termo-energético de un colector de doble flujo en contracorriente con matriz entre la placa absorbidora y el fondo del colector, obteniendo eficiencias que pueden superar el 75 % bajo condiciones normales de operación. En trabajos recientes se ha estudiado el incremento de la transferencia de calor hacia el fluido caloportador potenciando la turbulencia mediante el uso de aletas, obstáculos y baffles fijados a la placa absorbidora (Pottler et al, 1999; Ammari, 2003; Moumni et al, 2004; Romdhane, 2007), obteniéndose eficiencias superiores al 75%. Por su parte, Kutscher et al (1993, 1994), Summers (1995), Gunnewiek et al (1996) y Leon y Kumar (2007) estudiaron los colectores solares de aire denominados “de placa transpirada”, que tienen la particularidad de no incluir cubierta transparente, con lo cual se abaratan los costos constructivos. También se destacan los estudios realizados por C. Ho et al. (2009), en el cual se estudia el efecto de la utilización de baffles y doble paso de aire en el desempeño de un colector solar de placa plana. B.M Ramani, Akhilesh Gupta, Ravi Kumar (2010), incluyen una comparación entre la eficiencia térmica de un colector calentador de aire de paso simple, con un colector de doble paso con y sin matriz absorbidora en el segundo canal, obteniendo como resultado que la eficiencia térmica de un colector solar de aire de doble paso es mayor en un 10% a la de uno de paso simple, y el colector de doble paso con matriz absorbidora es mayor en un 25% del colector sin matriz. La variación de la eficiencia en función de la intensidad de radiación solar que va desde los 550 W/m² a 850 W/m², es de 65% al 75% para un colector de doble paso con matriz absorbidora, de 45 al 50% para un colector de doble paso sin matriz, mientras que para un colector de paso simple es de 35% a 40%, todos ellos evaluados en las mismas condiciones de trabajo y para dicho rango de radiación solar.

¹ Tesista de Maestría en Energías Renovables – U.N.Sa.

² Investigador Adjunto de CONICET, Directora de Tesis

En el INENCO se desarrollaron en las últimas décadas diferentes tipos de colectores destinados principalmente a la agroindustria (Condorí et al., 2000, 2002, 2004) y a viviendas (Hernández et al., 2007, 2008).

El propósito de esta investigación es realizar un estudio experimental sobre la eficiencia térmica de un prototipo de diseño y fabricación local de un colector solar calentador de aire de doble flujo y brindar información acerca del comportamiento del mismo y la metodología empleada en la medición de su eficiencia térmica. Las mediciones se realizaron durante el invierno de 2011 para un prototipo construido en instalaciones del INENCO e instalado en el campus.

METODOLOGIA

El colector solar ensayado es un colector de aire de doble flujo cuyo esquema se muestra en la Figura 1. El aire ingresa por un canal rectangular ubicado en la sección superior del colector, en donde se colocó un filtro para evitar el ingreso del polvo. El aire fluye entre la placa absorbedora y la cubierta de policarbonato alveolar (4mm) y retorna por el canal formado entre la placa absorbedora y la tapa inferior del absorbedor. Ambos canales tienen una sección transversal de 0.025 m de alto y 0.78 m de ancho (0.0195 m^2). El aire ingresa y se va calentando a medida que avanza en su recorrido y al final del mismo sale por un conducto cilíndrico de 18 cm de diámetro (0.1018 m^2), conectado a un ventilador axial con un motor monofásico de 220V, 37W y 2750 rev/min que funciona como extractor. El área útil de colección es de $0.83 \text{ m} \times 2.40 \text{ m}$ (1.992 m^2). Se utilizó aislación térmica de lana de vidrio (0.05m) en todas las tapas y conductos. La placa absorbedora es una chapa metálica pintada de negro con esmalte de alta temperatura. La cubierta absorbedora se montó sobre tacos de madera y se le soldaron varillas metálicas para minimizar la deformación durante el funcionamiento del colector. La tapa de policarbonato se diseñó de manera de poder retirarla para su limpieza. La Figura 2 muestra una foto del colector montado sobre el soporte que permite inclinarlo con exactitud.

Se ubicó el colector con orientación Norte y una inclinación de 38° respecto de la horizontal para maximizar la intensidad de radiación solar incidente sobre el colector durante el periodo invernal. La inclinación se obtiene fácilmente ya que la estructura de soporte del colector permite una regulación manual, y con un goniómetro se fijó un ángulo deseado. El estudio experimental se realizó en el campus del INENCO, Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional, llevándose a cabo 2 experiencias en el mes de junio seleccionando días claros, totalmente despejados.

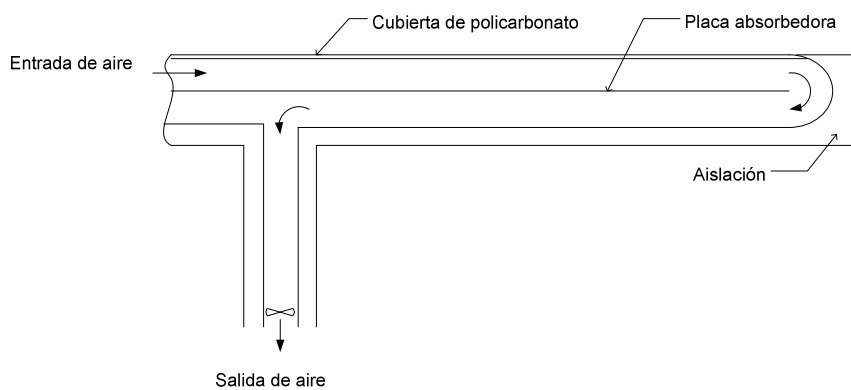


Fig. 1. Esquema del colector solar estudiado.



Fig. 2. Imagen del colector instalado en el campus del INENCO.

El equipamiento utilizado consiste de un Piranómetro fotovoltaico LI-200 para sensar radiación solar, dataloggers HOBO U12 para sensar la temperatura de entrada y salida del aire, y un anemómetro de hilo caliente TSI 8345 con compensación por temperatura para sensar la velocidad del aire en la entrada. El solarímetro se colocó con la misma inclinación del colector para medir la radiación solar global que incide sobre el plano del colector. Los sensores de temperatura se sombreadon para

no ser afectados por la incidencia de la radiación solar. Los registros de radiación global y de temperaturas se realizaron de modo automático guardando los datos cada 5 minutos a lo largo de la experiencia, mientras que las mediciones de la velocidad del viento en la entrada del colector se efectuaron manualmente, registrándose los valores a intervalos de 20 minutos, en distintos puntos del área de entrada que luego se promediaron.

RESULTADOS

Las Figuras 3 a y b muestran los resultados del monitoreo realizados los días 15 y 30 de junio de 2011 respectivamente. A efectos de poder comparar los valores obtenidos en cada caso, se muestran en dicha figura la temperatura de entrada (ambiente) y salida del aire, la humedad relativa del ambiente y la radiación solar sobre el plano del colector, para cada experiencia.

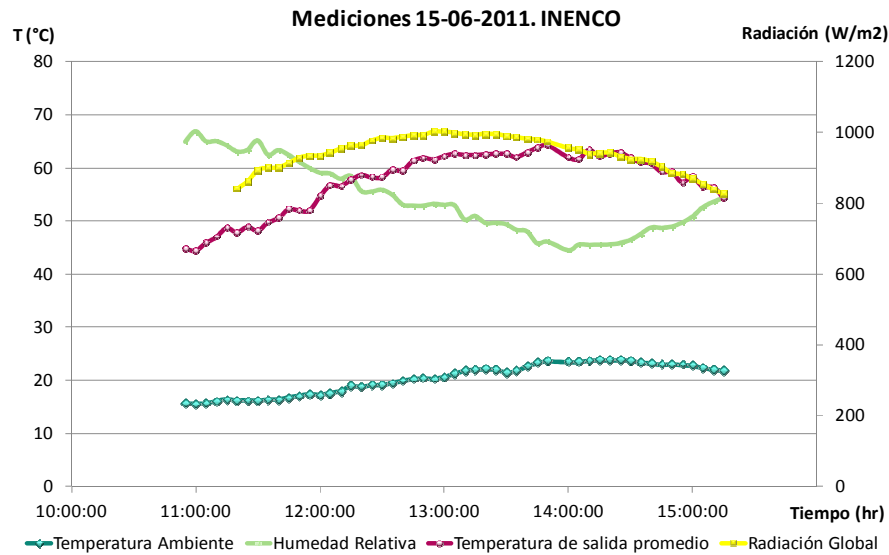


Fig.3 a. Temperatura de entrada (ambiente) y salida del aire del colector, humedad relativa ambiente y radiación global sobre la superficie del colector para el día 15 de junio de 2011.

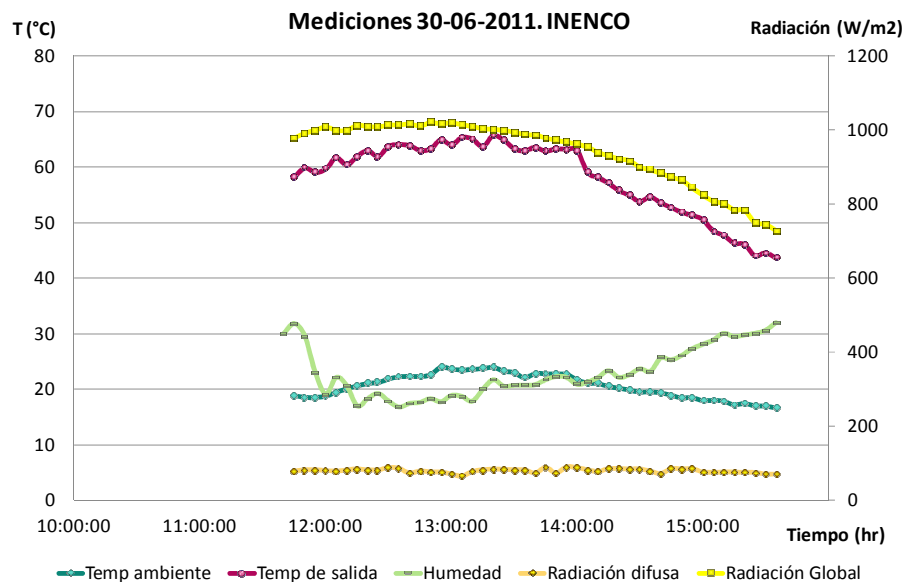


Fig.3 b. Temperatura de entrada (ambiente) y salida del aire del colector, humedad relativa ambiente y radiación global sobre la superficie del colector para el día 30 de junio de 2011.

En ambos casos la temperatura ambiente se mantuvo entre los 15°C y 25°C. La humedad relativa se ubicó entre 45% y 68% durante la primera experiencia y entre 18% y 32% durante la segunda, alcanzando valores mínimos durante las horas de mayor temperatura ambiente. Se registraron valores de radiación global sobre plano inclinado cercanos a los 1000W/m² alrededor del mediodía solar. En ambos casos la temperatura de salida se mantuvo entre los 42°C y 65°C, es decir, el colector aumenta la temperatura del aire entre 30°C y 35°C para estas condiciones de trabajo.

Uno de los puntos críticos para determinar la eficiencia del colector es la estimación del caudal del aire C (kg/s), que se obtiene a partir de la expresión:

$$C = \rho v A_e \quad (1)$$

en donde v es la velocidad de aire medida (m/s), A_e es el área de entrada por la que circula el flujo de aire (m^2) y ρ es la densidad del aire (kg/m^3) estimada a la temperatura de entrada del aire.

La estimación de la velocidad media del aire fue un punto complicado en las experiencias debido a que se observaron variaciones a lo ancho del canal causadas por la deformación de la placa de policarbonato debido al efecto de succión. Para estimar esta velocidad se tomaron medidas manuales en tres puntos a lo largo de la boca de entrada proyectada sobre el eje horizontal del canal y se promediaron los valores obtenidos. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 4 un esquema y en la Figura 5 el detalle de las medidas realizadas a lo largo de la entrada del canal para el día 30 de junio. Se observa que las velocidades de aire son mayores en el extremo superior de la entrada de aire del colector, y que la velocidad media es del orden de 0.70m/s.

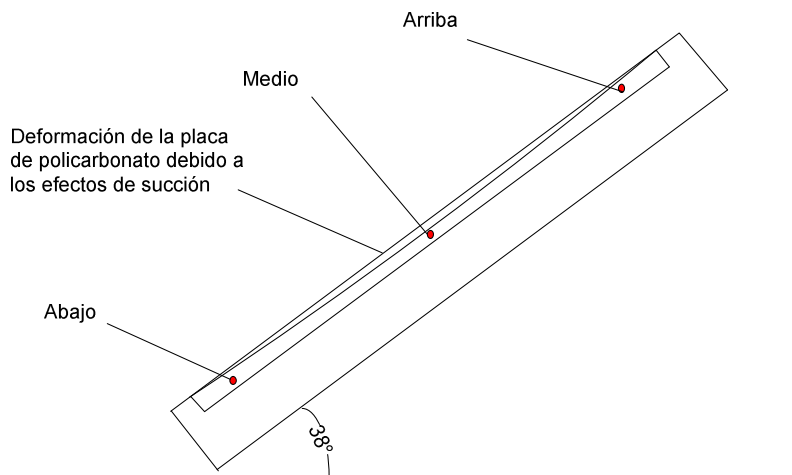


Fig. 4. Esquema de vista lateral del colector – Identificación de los puntos de registros de velocidad de viento.

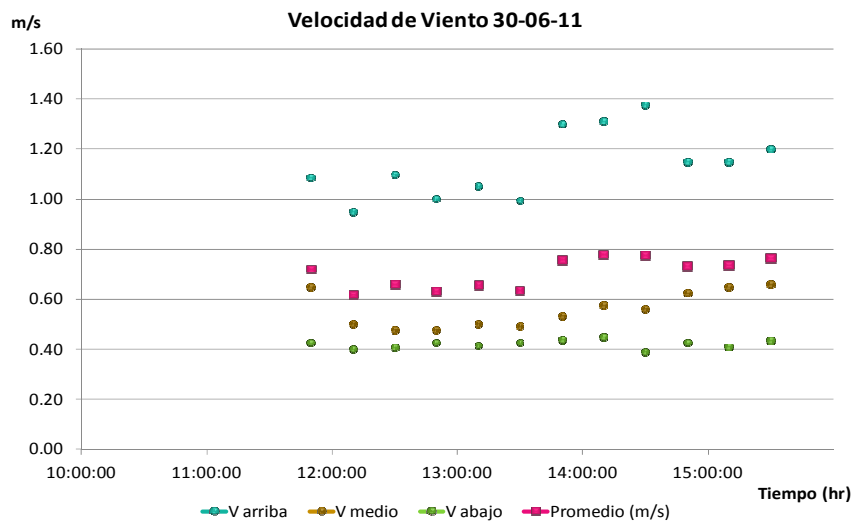


Fig. 5. Medidas de velocidad de aire en el canal de entrada para el día 30 de junio de 2011.

CONCLUSIONES

El colector diseñado es particularmente interesante debido a que, al tomar aire del exterior, permitiría su uso en verano para ventilación nocturna. Para días claros de invierno en la ciudad de Salta, y con temperaturas ambiente entre 15°C y 25°C, se obtuvieron saltos térmicos entre 30°C y 35°C, alcanzando temperaturas de salida de 65°C.

Uno de los puntos críticos detectados fue la estimación del caudal del aire, debido a que la velocidad de aire no es constante en toda el área transversal. La razón de esta diferencia se debe al estrangulamiento parcial del canal superior por deformación de la placa de policarbonato a la succión.

Una posibilidad para solucionar este problema sería adicionar tensores por debajo del policarbonato y/o incluir elementos geométricos que redirijan el flujo (baffles, aletas, obstáculos, etc.) de manera que toda la superficie de la placa sea lamada por la corriente de aire, tanto por la parte superior como por la inferior.

Por otro lado se podría mejorar el sistema de medición de la velocidad del aire a través de una modificación en la boca de entrada, reduciéndola a un canal cilíndrico de 18 cm de diámetro, idéntico al canal de salida, para reducir el margen de error en la medición y tomar un único punto de medición.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por CIUNSa 1699 y PICTO 2009-0192.

REFERENCIAS

- Ammari H.D., (2003). A mathematical model of thermal performance of a solar air heater with slats, *Renewable Energy* 28, pp. 1597–1615.
- C. Ho, H. Yeh, T. Cheng, T.C. Chen and R. Wang (2009). “The influences of recycle on performance of baffled double-pass flat-plate solar air heaters with internal fins attached”, *Applied Energy*, vol. 86, n.º 9, pp. 1470-1478.
- Condorí M. and L. Saravia. Method to determine the thermal efficiency of an air solar collector using a non-steady model. Eighth World Renewable Energy Congress, August 29 – September 3, 2004. Denver, Colorado. Editado en CD ISBN 008 0444709.
- Condorí M., Echazú, R. y Saravia L. Solar drying of sweet pepper and garlic using the tunnel greenhouse drier. *Renewable Energy* (Pergamon Press), 22 (2000), 447-460, 2000.
- Condorí M., Saravia L. Analytical Model for the performance of the tunnel type greenhouse drier. *Renewable Energy* (Pergamon Press) 28, 2002, 467-485.
- Gunnawiek L.H., Brundrett E., Hollands K.G.T., (1996). Flow distribution in unglazed transpired plate solar air heaters of large area. *Solar Energy* Vol. 58, No. 4-6, pp. 221-237.
- Hernández A., Fernández C., Salvo N., Suligoy H., (2007). Diseño, Construcción y Primeros Ensayos de un Colector Solar Calentador de Aire de Tipo Loop Convectivo Para el Calentamiento de Edificios, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 11 - N° 1, Sección 3, pp. 75 – 82.
- Hernández A., Salvo N., Fernández C., Suligoy H., (2008). Diseño y Evaluación Térmica de un Colector Solar Calentador de Aire de Placa Perforada Para Calefacción de Edificios. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Vol. 12 - N° 1, Sección 3, pp. 133 – 140.
- Kutscher, C. F. (1994). Heat exchange effectiveness and pressure drop for air flow through perforated plates with and without crosswind. *Trans ASME J. Solar Energy Eng.*, 116, pp. 391.
- Kutscher, C. F., Christensen, C. B. and Barker, G. M. (1993). Unglazed transpired solar collector: heat loss theory. *Trans ASME J. Solar Energy Eng.*, 115, pp. 182.
- Leon M., Kumar S. (2007). Mathematical modeling and thermal performance analysis of unglazed transpired solar collectors. *Solar Energy* 81, pp. 62 –75.
- Moumni N., Youcef-Ali S., Moumni A., Desmons J.Y. (2004). Energy analysis of a solar air collector with rows of fins. *Renewable Energy* 29, pp. 2053 – 2064.
- Pottler K., Sippel C. M., Beck A., Fricke J. (1999). Optimized Finned Absorber Geometries for Solar Air Heating Collectors, *Solar Energy* Vol. 67, N° 1–3, pp. 35–52,
- Romdhane B. S., (2007). The air solar collectors: Comparative study, introduction of baffles to favor the heat transfer, *Solar Energy* 81, pp. 139 –149.
- Summers, D. N. (1995). Thermal simulation and economic Assessment of unglazed transpired collectors systems. M. S. Thesis in Mechanical Engineering, University of Wisconsin-Madison.

ABSTRACT

The preliminary experimental results of a double-pass counterflow solar air heater collector are presented. In the first pass the air flows between the transparent cover and the absorber plate while in the second one, it flows between the absorber plate and the bottom collector cover. An axial fan of 2750 rev/min was used to force the air movement. The collector was installed at INENCO, Salta, facing North with a slope of 38°. A temperature rise between 30°C and 35°C was measured for winter clear sky days with outdoor temperatures between 15°C and 25°C. The solar collector is suitable to use in air heating of buildings in order to partially replace the conventional energy destined to space conditioning.

Keywords: Solar air collector, double-pass collector, air heating, energy saving