

DISEÑO Y ENSAYO EN BANCO DE PRUEBAS DE UN COLECTOR PARA AGUA CON CPC

L. Saravia, N. Salvo, R. Echazú, C. Fernandez

INENCO – Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - (4400) – Salta – Argentina
Tel: 54-387-4255424 Fax: 54-387-4255489

E-mail: nahuel@unsa.edu.ar, echazur@inenco.net

RESUMEN: Se presenta el diseño y detalles constructivos conjuntamente con medidas en banco de pruebas de un colector solar con CPC para calentamiento de agua de uso doméstico. Se midió la eficiencia del sistema siguiendo los lineamientos de la norma ASHRAE 93/77 y la correspondiente norma IRAM. La determinación de la curva de eficiencia, se muestra con respecto a la relación entre temperatura ambiente, las correspondientes de la entrada y salida de agua en el colector y radiación solar incidente. Para las medidas de temperatura se emplearon termocuplas tipo T conectadas a un datalogger Nudam 6018 y la radiación solar global en el plano del colector se registró con un solarímetro Li-Cor 250. Se comparan las curvas de eficiencia obtenidas con curvas de colectores planos con el objeto de comparar el sistema con sistemas comerciales.

INTRODUCCIÓN

El uso de energía solar para calentamiento de agua destinado a uso doméstico, no ha tenido en Argentina, en los últimos años, la misma difusión que en otros países como España, Israel, Chile, Perú, etc. Algunas de las principales razones son el bajo costo del gas natural en contraposición con un alto costo de la inversión inicial, pocas empresas en el medio dedicadas a la construcción e instalación de este tipo de equipos, etc.

Actualmente el país se encuentra ante una coyuntura especial, donde la convergencia de factores como el aumento del precio del gas envasado, sumado a un elevado costo de los combustibles líquidos, el alto impacto que implica la extracción de biomasa de los bosques o zonas verdes, cada vez más reducidas, hace que las aplicaciones solares, en particular el calentamiento de agua, pueda enfocarse desde otra perspectiva y con posibilidades diferentes frente a los sistemas convencionales.

Si se considera además que un gran porcentaje de la población en general tiene acceso a medios de comunicación masiva, los cuales van incorporando gradualmente información sobre posibilidades de las distintas aplicaciones de energía solar, ha generado en diversos sectores sociales un interés creciente en acceder a este tipo de equipos; la inmediata conclusión es que la demanda de sistemas que utilicen energía solar está en aumento. Toda esta situación ha generado un notable avance en las tecnologías de diseño de equipamientos solares con el objeto de mejorar su eficiencia y por sobre todo abaratar los costos finales.

Hoy en día, los colectores de agua para uso doméstico, también siguen siendo motivo de estudio y desarrollo. Actualmente se pueden encontrar en el mercado internacional una amplia variedad de colectores solares con características diferentes. En este sentido, lograr equipos de calentamiento de agua domiciliaria de alta eficiencia, con un diseño sencillo, de fácil construcción e instalación y de costos razonables, puede generar un impacto favorable en la población y en particular en zonas donde el costo de los combustibles fósiles es elevado y la disponibilidad de los mismos no es inmediata. Por otro lado la incorporación de este tipo de tecnología reduciría la emisión de gases de efecto invernadero y el impacto negativo de la extracción y quema de biomasa para calentamiento de agua domiciliaria.

Un tipo diferente de colector es el caso de los concentradores. Actualmente este tipo de diseño son empleados en aplicaciones tales como cocinas solares y pueden ser utilizados entre otras aplicaciones como la fundición de aluminio o calentar agua, etc. Entre los concentradores se pueden nombrar a los Concentradores Parabólicos Compuestos (CPC) que también pueden ser empleados en conversión térmica de la energía solar en diferentes aplicaciones. Entre ellas utilizarlas para colectar la energía del sol y hacer funcionar un sistema por termosifón. En este trabajo se evalúa la eficiencia de un colector CPC el que ha sido diseñado para calentar agua para uso sanitario.

Parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta

DESCRIPCIÓN DEL COLECTOR

El concentrador parabólico compuesto es un sistema en forma de barco en el que las paredes tienen un perfil determinado.

El perfil del concentrador CPC está compuesto por dos porciones de parábola simétricas en las que los ejes están inclinados un ángulo con respecto al eje de simetría del sistema de forma tal que el foco de una de ellas se encuentra en el extremo de la otra.

Un esquema de un CPC en general se muestra en la figura 1. En la figura 2 se muestra gráficamente de como se puede utilizar este tipo de colector como un sistema para calentar un determinado fluido de trabajo. En la misma figura se pueden apreciar las principales variables en el estudio de este tipo de colector. Para este caso en la base del CPC se coloca el absorbedor que será el encargado de transportar la energía recibida por el sistema.

La principal dificultad de este tipo de colectores es obtener una superficie espejada con la forma determinada de una parábola, este problema puede ser resuelto empleando superficies facetadas así de forma muy sencilla se facilita la construcción de este tipo de colector.

En la figura 3 se muestra el esquema del sistema construido y ensayado. La orientación elegida para el ensayo fue Este – Oeste para no cambiar la inclinación del colector a lo largo del día.

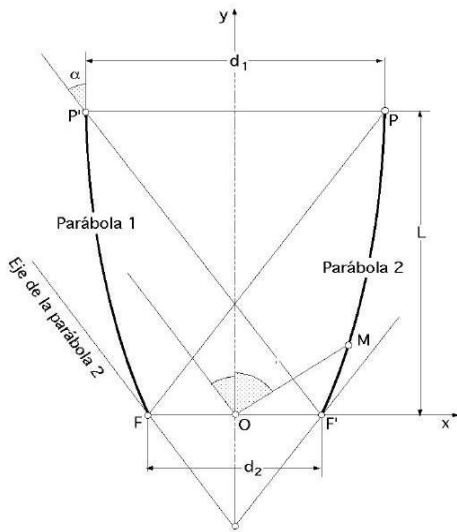


Figura 1: diseño básico CPC

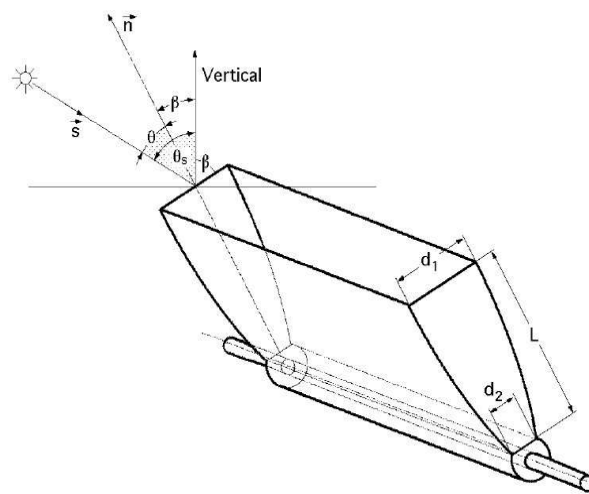
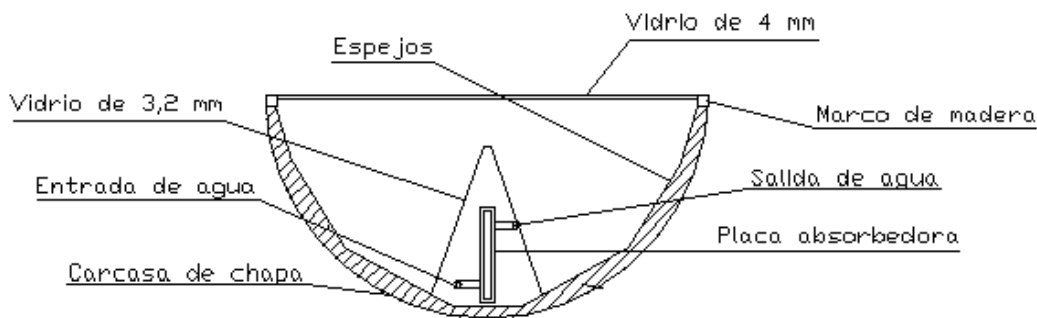


Figura 2: esquema de CPC como colector



COLECTOR DE AGUA CON CPC (CORTE)

Figura 3: Detalles constructivos del equipo ensayado

Entre los detalles constructivos a tener en cuenta para este colector, (figura 3) es que el mismo no cuenta con aislación en la parte inferior. Además debe considerarse que la radiación para llegar a la parte donde está el absorbedor debe atravesar dos cubiertas de vidrio, una de 4 mm y otra de 3.2 mm. Lo que hace que la energía efectiva que llega a la placa absorbedora es mucho menor que la que se midió fuera del sistema. La superficie que refleja la radiación hacia el centro del sistema está conformada por espejos, donde la superficie reflectiva está en la parte de atrás del vidrio, por lo tanto resumiendo toda la trayectoria de la radiación es como si atravesara 4 (cuatro) superficies vidriadas. Todo esto sin considerar que parte de la radiación se refleja en cada superficie y no llega en forma neta al absorbedor.

SISTEMA COLECTOR (CPC) ACUMULADOR

Los sistemas tradicionales de calentamiento solar de agua utilizan colectores planos, estos se conectan a un tanque acumulador (correctamente aislado) formando un circuito cerrado por el que circula agua por termosifón. Otra posible alternativa, que para ciertas aplicaciones resulta interesante, es el sistema integrado o "bread box". En este sistema el tanque de acumulación se encuentra en el interior del propio colector en un mismo gabinete. Por su sencillez el costo de estos equipos es considerablemente menor, pero tienen el inconveniente de que el agua se enfría durante la noche y se dispone de un número muy limitado de extracciones durante el transcurso del día.

Entre las mejoras propuestas para los sistemas no integrados, donde el colector y el tanque de acumulación están en forma separada, resulta particularmente interesante el uso de concentradores con óptica "sin imagen" o CPC. Por su forma estos colectores aumentan la radiación solar incidente sobre la superficie colectora. El resultado inmediato es que con una pequeña superficie de transferencia las pérdidas térmicas también se reducen y como la energía que ingresa es mayor que la correspondiente a la colectada por una superficie plana del mismo tamaño es de esperar que la eficiencia aumente.

Con el objeto de estudiar el funcionamiento de un equipo donde el colector y acumulador se encuentren separados y que además el sistema funcione por termosifón se construyó un prototipo que tiene como colector de energía a un concentrador tipo CPC. El volumen del colector es pequeño, teniendo un área de colección en el centro del CPC de acuerdo a lo mostrado en la figura 3. Como tanque de acumulación se utilizó un depósito convencional convenientemente aislado. Aunque este último no es determinante en el ensayo ya que se pretende medir la eficiencia del colector que utiliza un CPC (Duffie 1991). En las figuras 4 y 5 pueden verse fotografías del sistema donde pueden apreciarse sus pequeñas dimensiones.

Para el cálculo de la eficiencia se determinaron las temperaturas de entrada y salida del colector para diferentes caudales. Durante estas medidas también se tuvieron en cuenta la radiación y temperatura ambiente. La eficiencia se la calculó utilizando las ecuaciones que resultan de realizar un balance de energía en el sistema. Como área de colector se consideró todo el sistema y no solamente el absorbedor que se encuentra en el interior de CPC.



Figura 4: Vista del CPC durante el ensayo



Figura 5: CPC con su tanque de acumulación

En las figuras puede observarse el colector CPC y su correspondiente tanque de acumulación aislado.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para las medidas de temperatura se emplearon termocuplas tipo T conectadas a un datalogger Nudam 6018 y la radiación solar global en el plano del colector se registró con un solarímetro Li-Cor 250. La metodología para realizar las diferentes mediciones respecto la correspondiente ASHRAE 93/77 y la correspondiente norma IRAM (Welford-Winston -1989).

En la figura 6 se muestra la curva de eficiencia obtenida para el colector conjuntamente con la curva de eficiencia de un colector plano comercial. En el eje de las abscisas se representa T_m como la temperatura promedio entre las temperaturas de entrada y salida del colector, $[T_m = (T_{ent} + T_{sal})/2]$ además I representa la radiación incidente. Los valores obtenidos hay que considerar un error del orden del 10% en las mediciones, esto por efecto del tipo de termocuplas utilizadas y otros parámetros en los sistemas de toma de datos. Algunos de los valores graficados se resumen en la tabla que se muestra a continuación. En ella pueden observarse los valores de las temperaturas de salida y entrada del colector, temperatura ambiente y valores de la radiación.

<i>T ambiente</i>	<i>T entrada</i>	<i>T salida</i>	<i>Radiación</i>	<i>Eficiencia</i>
21,0	30,5	35,4	1008,37	0,52
23,6	31,2	41,8	1011,93	0,52
21,9	31,5	38,5	1009,26	0,56
28,0	48,9	53,3	1020,83	0,22
22,7	44,1	47,6	894,45	0,24
28,1	50,4	64,3	952,30	0,17
33,6	60,0	68,0	807,75	0,13
25,1	43,2	47,9	756,75	0,20

Tabla 1: Valores medidos de Temperaturas y Radiación

De la tabla 1 puede observarse un importante salto térmico entre entrada y salida para ciertos valores. Recordando como se realizó el ensayo, todos estos valores están afectados por el caudal que se le imponía al colector. Luego estos datos no son los obtenidos por convección natural (termosifón) sino que según la Norma de ensayo hay que hacer circular un caudal conocido por el colector y obtener un valor (en este caso promedio) de la temperatura de entrada y salida del equipo.

El caudal se midió considerando el tiempo que tardaba en llenarse una probeta graduada en mililitros, como capacidad de la misma se utilizó 0,5 l.

Del análisis de esta gráfica puede observarse que si bien la eficiencia es menor a la del colector plano, resulta interesante observar que debido a pesar de tener una pequeña área de colección y sin aislación el rendimiento que se obtiene es bastante aceptable. Por otro lado también habría que considerar el costo de construcción de ambos tipos de colectores. Esto último no se presenta en el trabajo, pero por simple inspección se puede deducir que este tipo de colector es muy barato frente a los que se pueden adquirir en el medio comercialmente.

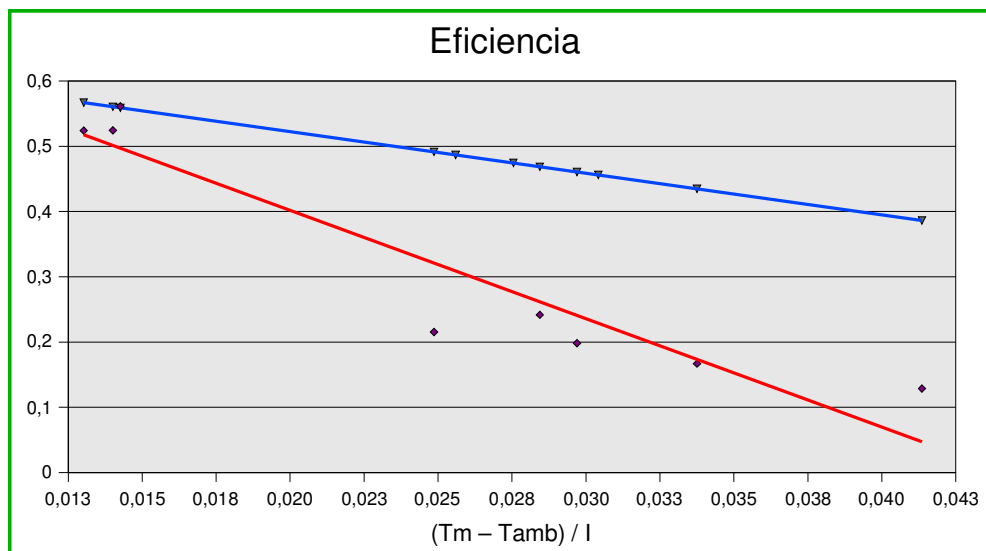


Figura 6: Comparación de eficiencias

Otro factor a tener en cuenta en el análisis de la gráfica presentada es que el absorbedor no fue recubierto con superficie selectiva además el sistema no cuenta con aislación en la parte posterior o sea en su base. Estos factores como también la cantidad de cubiertas influyen en el valor final de la eficiencia neta del sistema. La gráfica que se muestra se compara con un colector comercial de una sola cubierta de vidrio.

La propuesta presentada intenta aportar una nueva alternativa en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. Para próximos trabajos se considerarán mediciones del sistema completo, colector acumulador con el propósito de brindar una mejor evaluación del equipo.

Los datos presentados muestran en general un buen comportamiento del equipo. Es importante destacar que por no haber muchas uniones del tipo chapa tubo, la transferencia de energía es muy estable en el tiempo. Durante el ensayo se detectaron ciertos factores de diseño que deben ser considerados que tenderían a aumentar la eficiencia.

Una consideración que si es importante destacar, es que a partir de elementos de bajo costo se puede construir este tipo de colector y obtener así una alternativa económica que puede ser válida a la hora de considerar la instalación de un colector solar para uso doméstico. Todo esto se traduce en que puede ser una posible solución par adquirir un calentador de agua con una muy baja inversión inicial.

REFERENCIAS

Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes, 2ª edición, Wiley Interscience, New York.

Welford W. T. ,Winston R. (1989), High Collection Nonimaging Optics, Academic Press, San Diego, CA.

Saravia L. (2004), Diseño Gráfico de Concentradores de Tipo CPC, AVERMA, Vol 8 No 1 ISSN 0329-5184 p.p. 03.25

Echazú R., Cadena C. Saravia L.(2000), Estudio de Materiales Reflectivos para Concentradores Solares, AVERMA, Vol 4 No 1 ISSN 0329-5184 p.p. 038.11

www.vademarco.com.ar/Productos/Curvas%20de%20Rendimiento.pdf

ABSTRACT: This paper deals about design, constructive details and testing of a solar CPC domestic hot water device.

In order to determine efficiency curve consequently as indicate by ASHRAE 93/77 and IRAM norm, water and air temperatures also solar irradiance was mesured with T termocuples and LI-250 pyranometer connected to 16 bit Nudam 1618 data logger. A comparison with conventional plane solar collector efficiency curves is showed.

Keywords: CPC, solar energy, hot water, solar collector