

## UN MÉTODO DE EVALUACIÓN PARA CALEFONES SOLARES

Fasulo A.<sup>1,2</sup>, Odicino L.<sup>1</sup>, Zizzias J.<sup>2</sup>, Marchesi J.<sup>2</sup> y Venier F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera  
5700 San Luis Tel. 2652-424689 int 103. afasulo@unsl.edu.ar  
<sup>2</sup>Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 Km 601  
5800 Río cuarto Tel. 0358-4676485. jmarchesi@ing.unrc.edu.ar

**RESUMEN:** Se presenta un nuevo procedimiento para evaluar calefones solares para uso doméstico. Este es parcialmente similar al empleado para evaluar colectores solares planos. Resulta similar en que permite presentar curvas de eficiencia en función del mismo parámetro usado en la evaluación de los colectores. Se diferencia en que no requiere descargas del fluido contenido en el acumulador lo que simplifica la tarea. Tiene por desventaja que invade el interior del acumulador para instalar termocuplas. El procedimiento fue sistemáticamente experimentado en un colector solar mono – tanque de unos 600 litros de capacidad, con absorbedor selectivo y separado térmicamente del medio ambiente por dos cubiertas concéntricas de poli carbonato celular. El dispositivo fue operado durante el periodo invernal. Los resultados muestran que el procedimiento conduce a resultados compatibles con las experiencias previas de evaluación de dispositivos similares. Los resultados se presentan por medio de tablas y gráficos.

**Palabras clave:** Colector solar acumulador, evaluación, eficiencia.

### INTRODUCCION

Durante los primeros años de la actividad solar en la Argentina uno de los temas dominantes fue el calentamiento de agua para uso domestico mediante el uso de colectores solares planos. Estos conectados a tanques acumuladores, térmicamente bien aislados, se llamaron calefones solares. La mayor parte de la actividad, en este tema, se centró en los colectores solares. Desde el sector comercial surgen numerosos dispositivos, caracterizados por la variedad en los diseños para su construcción, como restricciones en el uso de materiales, en todos los casos siguiendo desarrollos importados (Ducard J. 1977), (Fernandez R. 1977). Se propusieron procedimientos para evaluar colectores solares (Guerrero et al 1980), así como el calefón solar (Gaspar et al. 1977). Uno de los primeros procedimientos reglados por normas (ASHRAE 93-77) para evaluar calidad de colectores, envejecimiento y principalmente comparación entre distintos diseños y materiales, fue llevado por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (Rappallini et al. 1980, 1981). Las restricciones en el uso de materiales, donde las tendencias indicaban el uso de materiales de alta conductividad, cobre o aluminio, fue abordada por el Laboratorio de Energía Solar en San Luis, donde se mostró que empleando placas de hierro, de bajo costo en el mercado local, se obtienen ventajas económicas que facilitaron la difusión de estos dispositivos (Fasulo et al 1976). Debe destacarse que una de las pocas industrias, de las numerosas que se iniciaron en esa época en la producción de calefones solares y que en la actualidad permanece, iniciaron la producción de colectores solares empleado placas de hierro. Posteriormente se mostró que la conductividad juega un rol secundario para la construcción calentadores solares de agua, Se encontró que estos se pueden construir hasta con materiales aislantes, dependiendo su eficiencia mas en el diseño que en la conductividad del material: Colectores de polipropileno (Fasulo et al 1990), colectores solares de policarbonato celular ( Gea et al 2005), colectores solares de material plástico (Figueroa et al 2006).

El sistema de evaluación de los colectores solares planos empleado, básicamente consiste en determinar la relación entre la eficiencia,  $\eta$ , y el parámetro  $\phi$ . Donde  $\eta$  es el cociente entre la energía transformada en térmica por el colector, sobre la radiación solar total que le llega y  $\phi$  un parámetro que da cuenta de las limitaciones que posee el colector para transferir la energía térmica que captura al fluido que circula por su interior debido a sus pérdidas térmicas. Duffie and Beckmann (1975) propone para este parámetro el cociente entre la diferencia de temperatura del fluido a la salida del colector,  $T_{out}$ , menos el de la entrada,  $T_{in}$ , sobre la radiación solar por metro cuadrado que incide sobre este,  $H$ . Sin embargo muchos autores reemplazan el numerador de la relación anterior por la diferencia entre la temperatura media del fluido dentro del colector,  $\frac{1}{2}(T_{out} + T_{in})$  con la temperatura ambiente,  $T_a$ , por considerar que constituye una más apropiada representación del fenómeno (Guerrero et al 1980, Rappallini et 1980). Estos hacen trabajar al colector con distintas temperaturas del agua de entrada. Se pretende llevarlo a las distintas situaciones de funcionamiento en que se encontraría durante un día soleado. Para ello se hace circular agua por el colector a flujo y presión constante, determinando la cantidad de energía térmica capturada por el fluido,  $\Delta T$  (°C), durante intervalos de tiempo pequeños,  $\Delta t$  (min.) en los cuales se mantiene aproximadamente constante la radiación solar, por estas características el procedimiento se denomina eficiencia instantánea. Tomando en sucesivas experiencias valores crecientes de la temperatura de entrada del fluido al colector, se obtienen valores decrecientes de eficiencias, consistentes con el incremento de las pérdidas térmicas del mismo. Se construye una gráfica, normalmente una recta de

pendiente negativa de  $\eta$  en función de  $\phi$ . Una forma de ver la calidad de un colector esta en ver el punto de corte, en el eje  $\phi$ , de la recta de rendimiento. Esto es el valor de  $\phi$  para la cual la ganancia del colector se iguala con sus pérdidas térmicas. (Rappallini et al, 1981) muestra resultados de un conjunto de colectores comerciales evaluados que presentan valores de corte en el eje  $\phi$  de 0.073 para tubos de cobre con chapa de aluminio unidos a presión, de 0.92 para tubos de cobre, chapa de cobre unidos mediante soldadura y valores altos, 0.11 para un colector importado caracterizado por una estructura tipo radiador de aluminio con tubos de cobre unidos a presión. Valores mas altos 0.12 se obtuvieron para colectores con doble cubierta de vidrio.

Los primeros en proponer a nivel nacional la evaluación de sistemas completos, calefón solar fue Gaspar et al (1977), aunque, al igual que en las experiencias de Rappalini, se limitaron a curvas de calentamiento sin ofrecer procedimiento sistemático para la comparación entre dispositivos. Cuando se desarrolló el colector solar acumulador, CSA, (Fasulo et al 1997, 99, 2001) al no disponer de un método de evaluación sistemático y simple se opta por efectuar un seguimiento estadístico comparativo de la capacidad de producción del dispositivo. Este consiste en la extracción tres veces por día de 50 o 100 litros de agua según fuese las dimensiones del dispositivo, durante no menos de quince días seguidos, con la condición que incluyan días claros, seminublados y nublados. Esta secuencia de experiencias se repite durante tres periodos anuales, buscando cubrir las principales situaciones meteorológicas que se presentan en el año. El CSA es operado en simultaneo, comparándolo con un calefón solar comercial de similar capacidad de producción, constituido por colectores solares planos acoplados a un acumulador rodeado con eficientes aislantes térmicos. Con el avance de las experiencias se debió recurrir a una ecuación para co-relacionar los diversos dispositivos experimentados (Fasulo et al 2002). En todos los casos experimentamos el CSA está constituido por un único tanque con pintura negro mate o selectiva con una cubierta de policarbonato celular o tres cubiertas del mismo material, concéntricas y separadas entre si y del tanque por unos 0.02 m.

Actualmente varios laboratorios nacionales están poniendo a punto instalaciones en base a los requerimientos de la norma ISO 9459, para evaluar calefones solares, (Nayntoft et al 2009), (Barral et al 2010). La principal característica de este procedimiento de evaluación está en que no invade el interior del dispositivo, se trabaja efectuando mediciones externas, sobre el flujo de fluido entrante y saliente y sobre variables del medio ambiente. Con el CSA podemos proceder de manera diferente, en primer lugar por que este es un dispositivo experimental, de características enteramente distintas a los calefones comerciales, por que no tenemos limitaciones para introducir en su interior termocuplas para determinar la temperatura del fluido, una masa de 570 kg de agua. Esta experiencia surge del estudio de perdidas térmicas al que fue sometido como parte de otro trabajo con un destilador solar acumulador (Zizzias et al 2010), al observar su comportamiento en las curvas de calentamiento con radiación solar cuando es operado a temperaturas altas (60 a 70 °C). Se observó que se estaba en presencia del mismo fenómeno que se presenta en los colectores solares planos cuando equilibran la ganancia con las pérdidas térmicas y que en consecuencia se podía operar el dispositivo para evaluar su comportamiento en forma similar. Al resultar positiva esta experiencia tenemos un nuevo método para evaluar calefones solares. El procedimiento es simple y facilita su aplicación por que no requiere extracción de agua. Podría ser empleado para evaluar los calefones solares comerciales que permiten acceder a su interior por los conductos de dilatación.

## **DISPOSITIVO EXPERIMENTADO**

El colector solar acumulador, CSA, está constituido por un tanque cilíndrico de acero inoxidable de 0.78 m de diámetro y 1,19 m de alto que permite acumular 570 kg de agua. Es colector solar por que la superficie exterior está recubierta con una superficie absorbente, selectiva para la radiación solar. Está separado mecánica y térmicamente del medio ambiente por dos cubiertas de policarbonato celular de 0.004 m de espesor, separadas entre si y del acumulador por unos 0.02 m de distancia. El cilindro lleva adosado en su extremo superior una bandeja del mismo material que permite funcionar como batea de un destilador solar. En esta experiencia la batea es parcialmente invadida mediante una cobertura plástica y una tapa de 0.1 m de poliestireno expandido. Una resistencia eléctrica de 1500 vatios de potencia está instalada a unos 0,2 m por debajo del borde superior, para calentar el fluido y llevarlo a las temperaturas de trabajo que se desee. Para posibilitar la distribución del calor que es incorporado por este medio se instala un conducto externo, aislado térmicamente, entre los tubos para conexiones externas que posee el tanque en la base y su extremo superior. Una bomba accionada eléctricamente permite recircular el fluido desde su extremo inferior al superior. En la figura 1 podemos ver una fotografía del dispositivo.

## **EXPERIENCIAS**

Cada experiencia consiste en el seguimiento del proceso de calentamiento del agua contenida en el CSA, para un día soleado. A primera hora, antes de que salga el sol se toman las temperaturas en el interior del CSA, la temperatura ambiente, las mediciones se repiten cada media hora hasta que se observa cambio en la pendiente de la curva. Igual procedimiento se sigue antes de la puesta del sol y en las horas siguientes. Durante todo el tiempo se registran cada cinco minutos las variables ambientales, radiación solar global horizontal y normal directa.

Las experiencias se efectuaron en el periodo que va del 24 de mayo al 29 de julio, durante las cuales se obtienen 17 puntos. Cada punto esta constituido por un día solar completo, se busco en todos los casos días de pleno sol. Se parte el primer día con toda el agua contenida en el tanque a la temperatura ambiente y se sigue el proceso de calentamiento. Durante los primeros días, al mantenerse el dispositivo en temperaturas bajas, las perdidas térmicas nocturnas son bajas, la temperatura media del agua se la encuentra, cada día, con temperaturas crecientes. Luego en una secuencia de días soleados seguidos podemos obtener curvas diferentes del proceso de calentamiento del fluido y en consecuencia varios punto para la grafica eficiencia Vs  $\phi$ . En la figura 2 podemos ver la evolución de las temperaturas en el interior de CSA. Se observa que todas crecen, casi en forma paralela, esto es consistente con el hecho de que la radiación incide sobre todo el acumulador. Se mantiene el grado de estratificación con tendencia a disminuir durante el periodo de enfriamiento nocturno con excepción del extremo inferior, que muestra valores bajos como consecuencia de las mayores pérdidas térmicas por la tapa inferior del

acumulador. Debe destacarse que el día previo al presentado en la gráfica fue un día claro, que las características de evolución térmica de la masa de agua contenida en el CSA mostrada en la figura 2 se repiten día a día. Los días siguientes presentan en consecuencia imágenes similares con valores iniciales un poco mas elevados y una continua disminución en el salto térmico de la temperatura media entre el final del proceso de calentamiento y el inicial,  $\Delta <T>$ . Disminución consistente con el aumento de las pérdidas térmicas, al operar el CSA a mayores temperaturas.



Figura 1 Imagen del destilador solar colector acumulador convertido en CSA con la cubierta superior construida con una placa de poliestireno expandido. En el lateral izquierdo se puede ver el conducto de recirculación usado para acondicionar y operar el sistema a las temperaturas de trabajo deseadas.

Por otra parte por medio del aporte de energía eléctrica y recirculación del fluido se llevo el agua contenida en el CSA a temperaturas elevadas, por encima de los  $70^{\circ} \text{C}$ . En este instante se corta ambas: energía eléctrica y recirculación, permitiendo su enfriamiento del CSA. Luego de una secuencia de días nublados en los cuales el enfriamiento es continuado se produce un día claro con una radiación solar en el plano vertical de  $15,5 \text{ MJ/m}^2$ . Obtenemos la evolución térmica en el interior del CSA que se muestra en la figura 3, para temperaturas que están entre  $54^{\circ} \text{C}$  y  $57^{\circ} \text{C}$ . Nuevamente encontramos una figura de evolución y distribución térmica en el interior del CSA similar a la obtenida para bajas temperaturas. En este caso la temperatura correspondiente a la termocupla inferior, T6, se encuentra algo mas alejada de las otras y presentando un  $\Delta T_6$  levemente mas elevado. Esto nos permite afirmar que en todo momento, independiente de la temperatura media a la que se encuentre, el agua contenida en el CSA se mantiene y evoluciona térmicamente con un nivel de estratificación generado por las pérdidas térmicas desde la base del tanque. Introducir las modificaciones que sean posibles, para bajar las pérdidas térmicas por la base del acumulador permitirá mejorar su desempeño.

Otra diferencia que se observa es que el periodo de crecimiento de las temperaturas se encuentra desplazado en más de una hora respecto al intervalo de radiación solar. Esto es consecuencia de la inercia térmica, la onda térmica que se surge apenas llega el sol a la superficie del acumulador e inicia el periodo de calentamiento debe recorrer  $0,39 \text{ m}$  para llegar a las termocuplas, que se encuentran a lo largo del eje del cilindro.

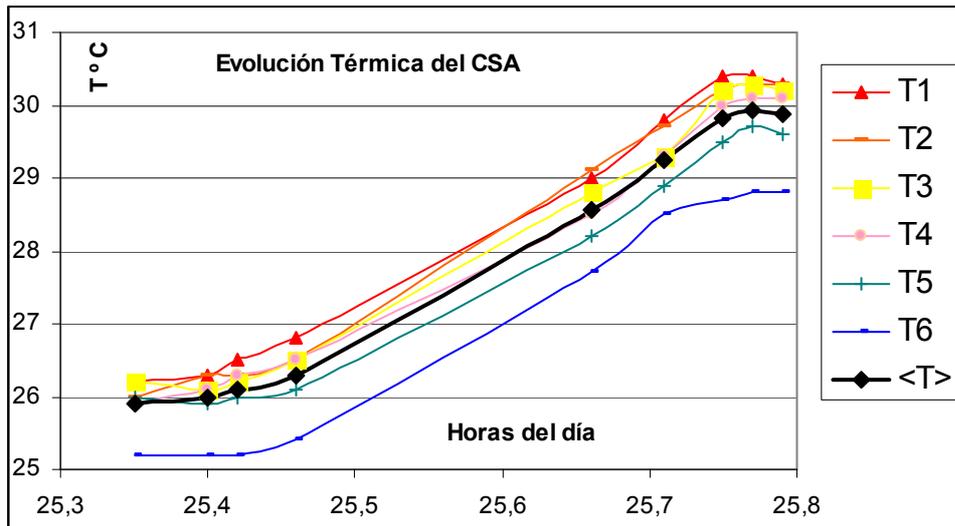


Figura 2 Evolución térmica de la masa de agua del CSA en un día claro con  $H(90^\circ)$  de 13.9 MJ. Donde se ha resaltado el valor medio,  $\langle T \rangle$ .

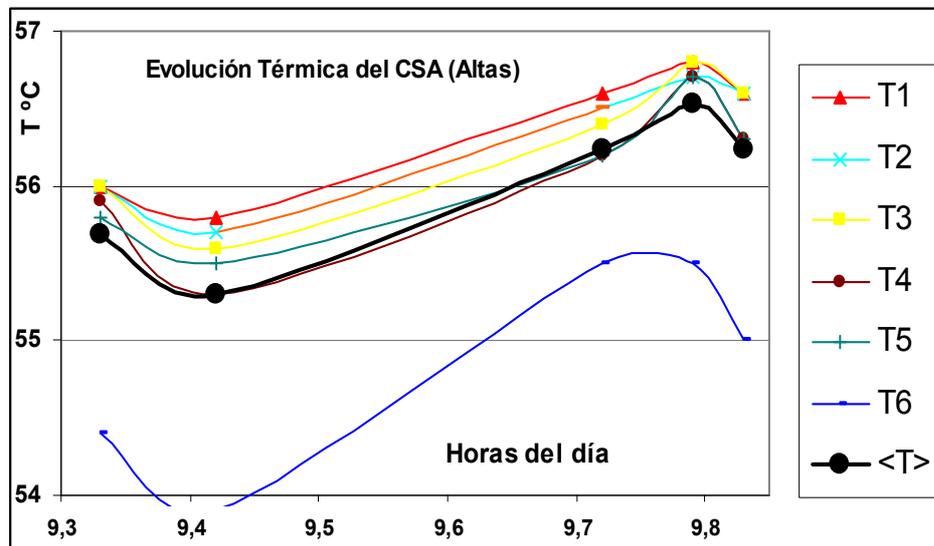


Figura 3 Evolución térmica del CSA para temperaturas altas, en un día claro,  $H(90^\circ)$  de 15,5 MJ. Donde se resalta el valor de  $\langle T \rangle$ .

A partir del estado mostrado en la figura 2, en el cual el CSA se encuentra con temperaturas por encima del estado de equilibrio con el medio ambiente, se producirá un continuo enfriamiento nocturno y día a día presentarán valores de eficiencia y de  $\phi$  distintos. Valen las mismas consideraciones efectuadas previamente para el proceso de calentamiento, estos es: de presentarse una secuencia de días soleados consecutivos parte de los datos necesarios para la evaluación del CSA se obtienen desde la operación del sistema en estos días. Con estas dos secuencias de datos y los obtenidos para valores intermedios se puede representar la capacidad del dispositivo para transformar la radiación solar en térmica y acumularla, con la única restricción de operar el equipo en días claros.

Para obtener experiencias con  $\langle T \rangle$  del colector en puntos intermedios de la escala procedemos de la siguiente forma: Ante la expectativa meteorológicas de disponer de un día claro, se prepara el CSA durante la tarde del día previo. Mediante el uso de energía eléctrica y recirculación se lleva la temperatura del agua a valores por encima de los que se pretende tener en el arranque del día claro, tan por encima de estos como las determinadas pérdidas térmicas nocturnas que se predicen. Durante la noche, dado que las pérdidas térmicas son mayores por el extremo inferior del cilindro por la mañana siguiente encontraremos la distribución de temperaturas con el grado de estratificación que corresponde.

## EFICIENCIA DIARIA

Se calcula la eficiencia diaria del CSA mediante la relación:

$$\text{Efic.} = (c \cdot M \Delta \langle T \rangle) / H(90^\circ) \quad (1)$$

Donde  $c$  es el calor específico del agua,  $4,19 \text{ kJ/kg } ^\circ \text{C}$ .,  $M$  es la masa de agua contenida en el CSA  $676 \text{ kg}$ .,  $\Delta \langle T \rangle$  es la diferencia de las temperaturas medias de la masa de agua contenida en el CSA al final del periodo de calentamiento con la temperatura media al inicio del calentamiento.

$$\Delta \langle T \rangle = \langle T \rangle_{\text{final}} - \langle T \rangle_{\text{inicial}} \quad (2)$$

Fecha	$\langle T \rangle_{\text{ini}}$ °C	$\langle T \rangle_{\text{fin}}$ °C	$\langle T_a \rangle$ °C	$\langle \langle T \rangle \rangle$ °C	$H(90^\circ)$ MJ	Efi% %	FI °Cm <sup>2</sup> /M.
24/05	24,9	28,2	13,6	26,7	14,1	46	0,022
25/05	25,9	29,9	15,1	27,7	13,9	56	0,0215
30/05	21,2	24,7	13,5	22,9	14,5	48	0,0157
31/05	22,9	26,8	15,8	24,6	13,7	54	0,0152
02/06	27,2	28,9	13	28,1	8,6	35	0,0371
04/06	27,5	30,8	16,6	29,1	13,2	49	0,0225
05/06	29,2	32,7	18	30,9	14,2	48	0,0218
06/06	31,7	34,7	17,5	33,0	14,1	42	0,0264
24/06	26	29,1	15,3	27,6	12,4	48	0,0234
12/07	26,2	28,6	7,5	28,0	14,5	33	0,033
13/07	31,3	33,8	9,9	32,5	13,3	35	0,04
19/07	29,2	31,6	9,7	30,2	13,9	33	0,035
20/07	33,4	35,6	11,8	34,3	14,1	30	0,038
21/07	36	37,2	8,9	36,6	14,4	15	0,046
26/07	29,5	32,8	15,8	31,0	14,7	45	0,025
27/07	36	38,3	16,6	37,0	14,9	31	0,032
29/07	32,6	35,2	16,2	33,8	13,4	37	0,031

Tabla 1 Valores de temperaturas, iniciales, finales, ambiente, radiación solar total diaria incidente sobre el CSA, eficiencia y parámetro de referencia  $\phi = \varphi$ . Obtenidos experimentalmente entre los días 24 del 05 y 29 del 07.

$H(90^\circ)$  es la radiación solar normal horizontal que incide sobre la superficie del acumulador mas el 50% de la radiación difusa que llega hasta el dispositivo por el sector sin radiación solar directa.

$$H(90^\circ) = \Sigma ( I_n \text{sen}\theta_z + I_d ) \quad (3)$$

Donde  $\Sigma$  es sobre todas las horas con del día con sol,  $I_n$  ( $\text{MJ} / \text{m}^2$ ) es la radiación horaria normal directa,  $\theta_z$  el ángulo azimutal e  $I_d$  la radiación solar difusa horaria ( $\text{MJ} / \text{m}^2$ ).

Siguiendo el procedimiento empleado para colectores solares planos ajustaremos los datos de eficiencia en función de la expresión relacionada con las pérdidas térmicas empleada en el análisis de los colectores solares planos, esto es:

$$\varphi = (\langle \langle T \rangle \rangle_d - \langle T_a \rangle_d) / H(90^\circ) \quad (3)$$

Donde  $\langle \langle T \rangle \rangle_d$  es la temperatura media del acumulador durante la parte del día con sol.

$$\langle \langle T \rangle \rangle_d = (\langle T \rangle_{\text{inicial}} + \langle T \rangle_{\text{final}}) / 2 \quad (4)$$

$\langle T_a \rangle$  es la temperatura media ambiente durante las horas de sol. Con estos datos obtenemos la tabla 1

$$\text{Efic.} = 71,6 - (1096,7) ((\langle \langle T \rangle \rangle - \langle T_a \rangle) / H(90^\circ)) \quad (5)$$

Expresión que nos permite determinar el punto de corte en el cual las ganancias del CSA se equilibran con las pérdidas térmicas y nos da:  $\varphi$  (efic. = 0) = 0,0065 con una ordenada al origen de 71,6 ° C. Comparado con los datos de los colectores solares planos comerciales experimentados en el banco de pruebas de la Comisión Nacional de Estudios Espaciales resulta en valores levemente inferiores a uno de ellos. Debe hacerse notar que este resultado obtenido en el periodo invernal es consistente con las experiencias anteriores que mostraron que el CSA solo permitía reemplazar a los calefones solares convencionales, produciendo agua caliente por encima de 40 ° C. durante unos seis meses en torno del periodo estival (Fasulo et ya mencionados). El resto del año puede ser utilizado como pre calentador.

Representados gráficamente eficiencia en función de  $\varphi$  tenemos la ecuación de interpolación lineal:

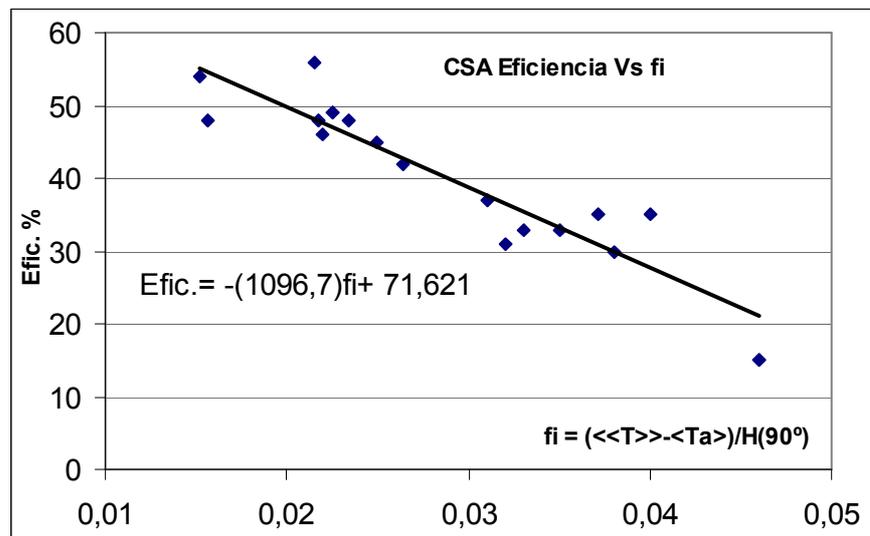


Figura 4 Representación gráfica de los valores de la eficiencia, Efic. % en función de la variable  $fi = \varphi$  Para los 17 días, entre mayo y julio, experimentados con el CSA.

## CONCLUSIONES

Se dispone de un nuevo procedimiento para evaluar el colector solar mototank. El procedimiento es simple y no requiere extracción de agua. El procedimiento se ve facilitado si se lo opera siguiendo una secuencia de días soleados durante las etapas extremas del programa de evaluación, de calentamiento y de enfriamiento. El procedimiento puede ser aplicado también a los calefones solares comerciales que, por el tipo de construcción, permitan el acceso al acumulador con termocuplas. Del estudio efectuado al CSA se determinó que las mayores pérdidas térmicas se producen por la base. El mayor mérito del método consiste en que presenta sus resultados como la eficiencia del dispositivo para convertir en agua caliente la energía de la radiación solar, que no lo permiten los métodos actuales. El mayor defecto lo constituye que es necesario invadir el interior de tanque acumulador con termocuplas para su evaluación.

## REFERENCIAS

- Ducard J. 1977. El termosol de SMRT SAIC. Actas de la tercera Reunión de Trabajo de ASADES, pp.57 a 64.
- Duffie J and Beckman W. (1975). Solar Energy Thermal Processes. Wiley and Sons, New York.
- Fasulo A., Marcolini M. y O. Gomez (1976) Colección plana de energía solar. Actas de la 2da reunión de Trabajo de ASADES. Tomo 1, pp.39 a 46.
- Fasulo A., Perelló D. y Follari J. (1997) Un colector solar acumulador. AVERMA Vol. 1, pp. 1.93 a 96.
- Fasulo A., Follari J. y Barral J. (1999) Un colector solar acumulador. AVERMA Vol. 3, pp. 03- 45 a 48.
- Fasulo A., Follari J. y Barral J. (2001) Comparison between asimple solar collector accumulator and a conventional accumulator. Solar Energy Vol. 71 N° 6, pp. 389 to 401.
- Fasulo A., Follari J. y Barral J. (2002). Un nuevo Colector Solar Acumulador.- ERMA Vol.10 pp. 43-50.
- Fasulo A., Follari J. y Torres M.. (1990). Un colector solar de polipropileno. Actas de la 14va Reunión de trabajo de ASADES, pp. 211 a 218.
- Fernandez R. (1977). Modelo numérico para el cálculo de superficies óptimas de colección solar plana. Actas de la 3ra Reunión de Trabajo de ASADES, pp.47 a 56.
- Figueroa G., Sánchez B., Mendoza P., Fernández C., Caso R., Gea M. y Saravia L. (2006). Calefones solares con placa colectora de material plástico. AVERMA Vol. 10 pp. 03-41 a 45.

- Gaspar R., Lara M. y Piacentini R. (1977). Ensayo, Modelización de un sistema colector-acumulador de agua a circulación natural. 3ra Reunión de Trabajo de ASADES, pp. 33 a 56.
- Gea M., Sánchez B., Mendoza P., Caso R. y Saravia L. (2005) “Colector solar plano de policarbonato alveolar”. Comunicación en la reunión de XXIX Reunión de ASADES.
- Guerrero J., Heredia R., Heredia M. y Plos R. (1980). Ensayo de colectores solares. Actas de la 6ta Reunión de Trabajo de ASADES, pp. 117 a 133.
- Nayntoft C., Garreta F. y Sanni P. (2009) Banco de ensayos y certificación de colectores solares planos y equipos integrados: primeros ensayos bajo normas ISO 9459-2 adaptadas. Comunicación al XXXII Congreso de ASADES pp. 08.13 a 18
- Rapallini A., Chiabrera M., Muñoz O., Pellegrini O., Bruno M. y Asis F. (1980) Ensayo de colectores solares en el banco de pruebas de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales. Actas de la 6ta de ASADES, pp.97 a 115.
- Rapallini A., Chiabrera M., Asis F., Mandel B., Muñoz O. y Peralta M. (1981) Banco de prueba de colectores solares; resultados obtenidos en el periodo 1979 – 81. Actas de la 7ma Reunión de Trabajo de ASADES, pp.116 a 122.
- Zizzias J., Fasulo A., Venier F., Marchesi J. y Odicino L. (2010). Evaluación detallada de un destilador solar acumulador. Presentado ante la XXXIII Reunión de Trabajo de ASADES.

**ABSTRACT:** This work presents a new procedure to evaluate domestic solar water heaters. It is partially similar to the tests used to evaluate flat plate collectors. It allows to present efficiency plots as a function of the same parameter used for flat plate collectors. The difference is that it does not require the discharge of the fluid contained in the storage, which simplifies the task. For the method to work it is necessary to install thermocouples inside the tank, which is an invasive action considered as a disadvantage. The procedure was systematically tested in a monotank solar collector of 600 liters, which has a selective absorber and is thermally separated from the ambient by two cellular polycarbonate concentric covers. The prototype was operated during winter period. The results, presented by means of tables and plots, show that the procedure results in good agreement with previous experiments made on similar collectors.

**Keywords:** Integral collector storage system, evaluation, efficiency