

EVALUACIÓN DE UNA TERMA SOLAR CONSTRUIDA CON SUPERFICIE ABSORBEDORA DE LATAS DE ALUMINIO

EVALUATION OF A CONSTRUCTED SOLAR THERM WITH ALUMINUM CAN ABSORBING SURFACE

Hugo Torres Muro¹, Carlos Polo Bravo²,
Jesús Agreda Paredes³, Lilian Cáceres Masco⁴

RESUMEN

En este trabajo se diseñó y evaluó una terma solar, en la cual se usaron latas de aluminio de bebidas gaseosas para la superficie absorbente del colector solar, material que por su alta conductividad térmica asegura buena absorción de la radiación solar incidente para calentar agua, con la finalidad de usarla en diferentes aplicaciones domésticas en la ciudad de Tacna. Para conseguir esto se pintaron las latas con pintura negro-mate de excelente absorbencia comprobada en anteriores experimentos realizados; y para transportar el líquido caloportador se usaron mangueras para riego tecnificado de segundo uso. Los resultados preliminares obtenidos nos indican que la eficiencia instantánea llega al 46 %, lo cual nos permite concluir que el comportamiento térmico de los materiales utilizados es comparable con el comportamiento de los materiales usados por los fabricantes de termas solares convencionales de placa plana. La ventaja de estos sistemas es el menor costo de producción y su contribución al reúso de materiales considerados como residuos sólidos.

Palabras clave: superficie absorbente, terma solar, colector solar, eficiencia instantánea.

ABSTRACT

In this work, a solar thermal bath was designed and evaluated, in which aluminum cans of carbonated drinks were used for the absorber surface of the solar collector, a material that, due to its high thermal conductivity, ensures good absorption of incident solar radiation to heat water. The purpose of using it in different domestic applications in the city of Tacna. In order to achieve this, the cans were painted with black-matte paint of excellent absorbency verified in previous experiments; and for the transportation of the heat transfer liquid hoses were used for technical irrigation of second use. The preliminary results obtained indicate that the instantaneous efficiency reaches 46%, which allows us to conclude that the thermal behavior of the materials used is comparable to the behavior of the materials used by the manufacturers of conventional solar hot plates. The advantage of these systems is the lower cost of production and their contribution to the reuse of materials considered as solid waste.

Key words: absorbent surface, solar thermal, solar collector, instant efficiency.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Tacna, es muy notorio que en los meses de invierno (mayo-agosto) las temperaturas ambientales descienden considerablemente comparadas con aquellas que ocurren en los meses de verano (enero-marzo), esto hace que el uso de agua caliente para aplicaciones domésticas sea una costumbre

y una necesidad en todos los estratos sociales de la población, la misma que se usa en diferentes actividades de la vida diaria. Por ello es necesario que se realicen investigaciones de innovación tecnológica que ponga nuevas tecnologías de bajo costo que pongan al alcance de todos los sectores de la población sistemas de calefacción de agua caliente que mínimamente

¹ Msc con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible
Docente de la Facultad de Ciencias - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna Perú

² Msc con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible
Docente de la Facultad de Ciencias - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna Perú

³ Maestro en Ciencias con mención en Física
Docente de la Facultad de Ciencias - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna Perú

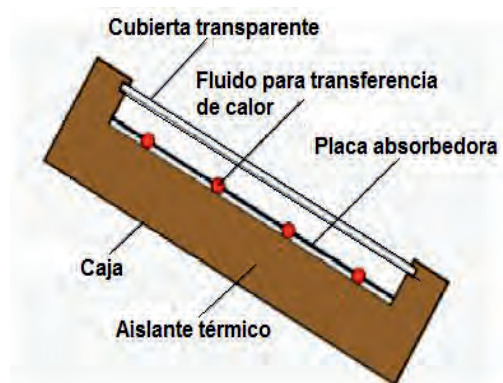
⁴ Egresada de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann - Tacna Perú

tengan el mismo rendimiento o eficiencia de los colectores solares convencionales de placa plana o de tubos de vacío, los cuales son los que en su gran mayoría cubren parte de la demanda de agua caliente, en domicilios, hoteles, postas médicas e instituciones religiosas y sanitarias.

Este proyecto pretende contribuir en la búsqueda de nuevos materiales de bajo costo, para innovar creando prototipos de colectores solares que permitan disminuir los costos de producción de estos sistemas, de forma que los mismos se puedan masificar a partir de su producción en serie por algunos empresarios o gobiernos locales que deseen invertir en este producto posible nuevo, limpio y amigable con el medio ambiente.

Los colectores solares de placa plana son los más usados para calentar agua en los hogares y para los sistemas de calefacción. Un colector de placa plana como el que se muestra en la figura 1 se compone básicamente de una caja metálica con aislamiento con una cubierta de vidrio o de plástico (la ventana) y de **una placa absorbidora de color oscuro**. La radiación solar es absorbida por la placa que está construida de un material metálico que transfiere rápidamente el calor a un fluido que circula a través de tubos en el colector.

Figura 1. Esquema de un colector de placa plana con cubierta transparente.



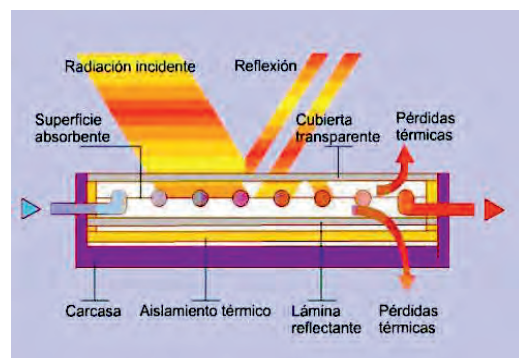
Fuente: Cora Placco, Luis Saravia, Carlos Cadena, (2009).

Por lo general, la parte más costosa de un colector solar es la placa absorbidora la cual típicamente puede ser de aluminio o de cobre cubierta con una capa fina de pintura o una película de negro de humo, por lo tanto, **si deseamos diseñar un colector solar de menor**

costo que los que existen en el mercado en la actualidad, se nos plantea el desafío de encontrar una solución de bajo costo pero con características de comportamiento térmico muy similares a los que tienen los materiales usados en la actualidad. Teniendo en cuenta este desafío tecnológico, el objetivo general es diseñar y evaluar un colector solar con absorbedor de latas de cerveza y de bajo costo, para incrementar la producción de agua caliente para uso doméstico en la ciudad de Tacna.

El proceso de captación y absorción de radiación solar por un colector solar de placa plana permite a estos dispositivos por diferentes mecanismos de transferencia de calor, aprovechar la energía solar incidente sobre una superficie para calentar agua o aire, los que a su vez son aprovechados para diferentes aplicaciones domésticas e industriales, dependiendo del tipo y magnitud de la tecnología utilizada para tales fines. En la figura 2 se muestra un esquema de este proceso de captación y absorción de la energía solar incidente.

Figura 2. Proceso de captación y absorción de la radiación solar en un colector solar de placa plana.



Fuente:

http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf

El rendimiento del colector está determinado por su eficiencia instantánea, la cual se define como la relación entre el calor útil en períodos de tiempo específicos sobre la energía solar incidente en un área determinada en el mismo período. A partir de esta definición, la representación conveniente de la eficiencia para colector solar de lámina y tubo es:

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c I_o}$$

$$\eta = \frac{mc(T_s - T_e)}{A_c I_o}$$

Mediante un balance energético se puede hallar la distribución de la energía solar incidente sobre un colector de placa plana, su transformación en energía útil y las pérdidas térmicas. En la figura 2 también se muestran los mecanismos de ganancia y pérdida de calor que ocurre en un colector solar de placa plana.

$$A I_o \tau_s \alpha_{sp} = Q_u + q_{pérdidas} + q_{almacenado} = A k I_s \alpha_s$$

Donde:

A es la superficie del colector, igual en la cubierta que en la placa absorbente, k es un factor de conversión de la radiación (difusa y directa), que sirve para evaluar la energía solar incidente en el plano del colector, τ_s es la transmitancia solar efectiva de la cubierta del colector, α_{sp} es la absorbancia solar de la placa absorbente del colector, $q_{pérd}$ es la cantidad de calor perdida desde la placa absorbente del colector al medio exterior tanto por convección, como por conducción y radiación, q_{alm} es la energía almacenada en el colector, I_s la energía solar incidente, Q_u es el calor útil que se transfiere al fluido caloportador que circula por el colector solar, de valor:

$$Q_u = G F C_p F (T_{sal} - T_{ent}) = C_{col} (T_{sal} - T_{ent})$$

Siendo C_{col} la capacidad calorífica del fluido del colector. Esta energía perdida lo es hacia arriba, hacia abajo y hacia los laterales del colector.

El valor de $q_{pérd}$ se puede poner en función del coeficiente global de pérdidas de calor del colector U_c . Si se conoce U_c y si la placa del colector se sabe está a una temperatura media T_p el valor de $q_{pérd}$ se puede poner, siendo T_a la temperatura ambiente, en la forma:

$$q_{pérd} = U_c A (T_p - T_a)$$

MATERIALES Y MÉTODO

Para la construcción del colector solar se usarán los siguientes materiales:

- Se recolectaron 90 latas de aluminio, de las cuales 40 latas con 16 cm de altura y 50 latas con 12,33 cm de altura, todas con el mismo diámetro 6,5 cm.
- Se hicieron agujeros con diámetro de 19 mm en la base de las latas de aluminio.
- Se pintaron las latas de aluminio con pintura negro-mate.
- Se colocaron los tubos de riego tecnificado y se colocaron los tubos PVC para agua caliente en forma de T.
- Se construyó la caja del colector con triplay, cartón prensado y ángulos de aluminio.
- Se colocó la capa de tecnoport como aislante y se montaron los tubos con las latas de manera conveniente.
- Se colocó la cubierta de vidrio de acuerdo a las especificaciones generales

Figura 3. Proceso de construcción y montaje de los diferentes elementos de la placa absorbente del colector solar.



Fuente: Archivos propios, (2016)

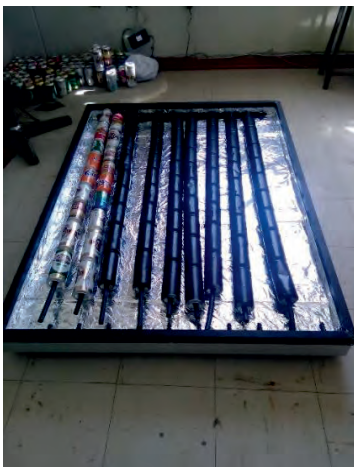
Las medidas de la temperatura del agua se realizaron a la entrada y salida del colector solar, bajo un régimen estacionario, para determinar la eficiencia instantánea y media y posteriormente se determinará la eficiencia en régimen transitorio con la simulación de consumo de agua correspondiente aproximadamente al de una familia de cuatro integrantes, en un horario y volúmenes preestablecidos para tal fin.

Para realizar las mediciones se usaron los siguientes instrumentos:

- Termopilas de níquel-cromo-níquel para medir las temperaturas de entrada y salida del agua y la temperatura ambiente.
- Piranómetro Kip and Zonen para medir la radiación solar global en plano inclinado.
- Registrador de datos, para registrar las medidas antes mencionadas durante el periodo de evaluación.
- Un reductor de presión a la entrada del agua fría al colector, para evitar accidentes.

En la figura 4 se muestra parte del proceso de construcción y ensamblaje de cada una de las partes del colector solar.

Figura 4. Proceso de construcción y montaje final del colector solar.



Fuente: Archivos propios, (2016)

RESULTADOS

En la evaluación preliminar realizada al sistema colector con el tanque almacén de agua caliente, se determinó la eficiencia instantánea del colector en régimen estable. En la figura 5 se muestra el diseño experimental para la evaluación del comportamiento térmico del colector solar y la determinación de la eficiencia instantánea.

Figura 5. Diseño experimental para el proceso de evaluación del colector solar.



Fuente: Archivos propios, (2016)

La tabla de datos 1 muestra los datos obtenidos en la primera evaluación, donde se detallan los valores para diferentes horas del día de la temperatura de salida de agua caliente, temperatura de entrada del agua fría, el valor de la radiación solar incidente para cada hora del día, además conociendo el área de la superficie absorbadora y el calor específico del agua obtenemos la eficiencia instantánea η .

Después de esta primera evaluación es necesario realizar otras evaluaciones que nos permitirán determinar algunos parámetros importantes que nos indicarán las características térmicas y la calidad técnica de este prototipo.

Tabla N° 01. Datos de la evaluación preliminar del comportamiento térmico del colector con

Tiempo (h)	Tamb (°C)	Te (°C)	Ts (°C)	Ts - Te (°C)	Tm (°C)	G W/m ²	η
11:10	27,3	26.3	29.8	3,5	28.05	641.83	0.126
11:15	26,5	26.3	32.7	6,4	29.50	733.52	0.2
11:20	27,0	26.7	36.1	9,4	31.40	1008.59	0.215
11:25	27,6	27.1	37.2	10,1	32.15	1008.59	0.231
11:30	28,1	27.0	37.7	10,7	32.35	916.90	0.269
11:35	27,0	27.1	40.2	13,1	33.65	1008.59	0.299
11:40	27,6	27	42.3	15,3	34.65	1008.59	0.349
11:45	27,5	27.5	44.7	17,2	36.10	916.90	0.425
11:50	27,5	27.2	42.7	15,5	34.95	825.21	0.377
11:55	27,6	27.5	42.6	15,1	35.05	916.90	0.3793
12:00	29,0	27.5	45.0	17,5	36.25	916.90	0.441
12:05	27,0	27.5	47.7	20,2	37.60	916.90	0.507
12:10	27,9	27.7	48.0	20,3	37.85	916.90	0.51
12:15	26,0	27.0	51.2	24,2	39.10	916.90	0.608
12:20	26,9	27.5	53.0	25,5	40.25	825.21	0.711
12:30	29,0	27.8	53.0	25,2	40.40	825.21	0.703
12:35	29,2	27.9	55.1	27,2	41.50	733.52	0.854
12:40	24,8	27.8	55.7	27,9	41.75	825.21	0.779
12:45	27,9	28.1	55.6	27,5	41.85	825.21	0.768
							0.468

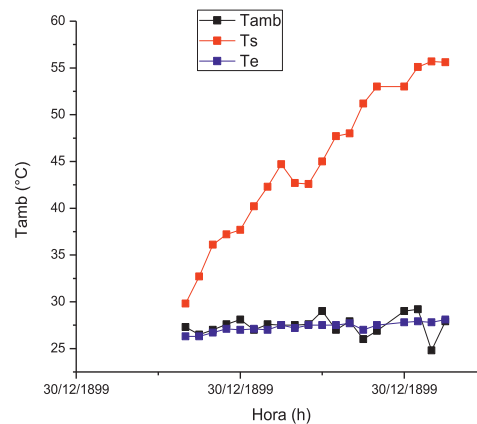
absorbedor de latas de aluminio.

Fuente: Elaboración propia, (2016)

En la figura 6 se muestra una gráfica que resume los resultados de la evaluación del colector solar construido. En esta figura claramente se puede observar que la temperatura de entrada del agua es de apenas entre 20 °C según sea que el

sistema recién empiece a funcionar o de 25 °C si el sistema ya se encuentre funcionando por varios días. Mientras que la temperatura de salida del agua se va incrementando al mismo tiempo que las horas del día van transcurriendo, hasta llegar a temperaturas de 55 °C o mayores.

Figura 6. Gráfica que muestra el comportamiento térmico del agua. Se observa la temperatura de salida Ts y la temperatura de entrada Te del agua, así como la temperatura ambiente Tamb.



Fuente: Elaboración propia, (2016)

De la tabla de datos y de la gráfica se puede indicar que la temperatura de salida del agua llega a valores hasta de 55 °C, lo cual es suficiente para ser usada en aplicaciones domésticas. La eficiencia media del colector solar con absorbedor de latas de aluminio es de 46,8 %, lo cual está entre los valores previstos y muy cercanos a los valores de eficiencia instantánea de los colectores solares convencionales de placa plana comercial. También podemos indicar que la temperatura de entrada del agua en todo momento se mantiene casi constante y muy cercana al valor de la temperatura ambiente.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta primera evaluación preliminar podemos obtener las siguientes conclusiones:

- Es posible construir una terma solar con colector solar cuya superficie

absorbidora sea hecha de latas de aluminio, y que este material tiene propiedades térmicas que hacen de este dispositivo una forma mucho más económica para calentar agua que las termas solares convencionales que se comercializan en las empresas de energía solar, existentes en la Región.

- La primera evaluación preliminar permite predecir que la eficiencia del sistema puede llegar a valores muy cercanos a las eficiencias de las termas solares que usan colectores solares de placa plana convencionales, y que las temperaturas a las que llega el agua caliente tienen valores que permiten su uso para aplicaciones domésticas y artesanales.
- Que el uso de latas de aluminio de segundo uso o de deshecho es una opción que puede ser viable para la construcción de colectores solares planos para producir agua caliente, los que a su vez por su bajo costo, puede ser una alternativa de solución para proveer agua caliente a la población de bajos recursos económicos de la región Tacna, mejorando su calidad de vida, sobre todo en los meses de invierno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

POLO BRAVO, CARLOS; ACERO LAURA, GOHNNY; (2013), Optimización y caracterización de una sauna solar seco con acumuladores térmicos, XX Simposio Peruano de Energía Solar, Tacna, Perú.

CORA PLACCO, LUIS SARAVIA, CARLOS CADENA, (2009), Colectores solares para agua caliente, INENCO, UNSa-CONYCET, Salta, Argentina.

MESA CLAROS, F., (1998), Colector Solar de Placa Plana, Universidad Nacional. Bogota, D.E., Colombia.

FAUROUX, LUIS ENRIQUE Y JAGĚR, MARIANO, (2013), Diseño y Análisis de Colectores Solares Planos, Universidad Nacional de La Matanza, Bns. Aires, argentina.

CAMARGO MACÍAS, A., (2013), Diseño y construcción de un colector solar con botellas reciclables PET y análisis comparativo con otros colectores, Tesis de titulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

ÁVILA GÓMEZ, E., MENDOZA FANDIÑO, M., BELTRÁN SARMIENTO, J., (2010), Evaluación

energética de un colector solar de placa plana de doble cubierta, Ingeniería y Desarrollo, N° 27, 93-212.

PINEDA MEDINA, J. G., (2014), Modificación, evaluación y análisis de eficiencia del colector solar de tubos al vacío comercial, Tesis de titulación, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

FLORES LARAV., HERNÁNDEZ CORONA, F., Y GUTIÉRREZ ÁVILA, J., (2012), comportamiento térmico de sistemas solares con captador a base de policarbonato, Instituto Tecnológico de Apizaco, México.

DE FRANCISCO, A. Y CASTILLO M., (1985), Energía Solar: Diseño y dimensionamiento de instalaciones, Editorial Publicaciones del Monte de Piedad, Cordoba.

CREUS SOLÉ, (2004), Energías Renovables, Ediciones Ceysa, Barcelona, España.

J. A. DUFFIE, and W. A. BECKMAN, Solar engineering of thermal processes, 3rd ed. New York: Wiley, 1980, pp. 251-299.

FERNÁNDEZ DIEZ, P., (2003), Procesos termosolares en baja, media y alta temperatura, Universidad de Cantabria, España

Energía solar térmica manual de energías renovables

http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf

Energía solar térmica Fagor

http://www2.fagor.com/es/solar/productos/solarter/catalogos/solar_termica.pdf

INDECOPI, (2001), NTP: COLECTORES SOLARES. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares, Lima, Perú.