

# Colector solar de cemento de bajo costo para aplicaciones agrícolas\*

Víctor O. García<sup>1</sup> Víctor H. Luque<sup>1</sup> & Adolfo A. Iriarte<sup>1,2</sup>

(1) *Grupo de Energías Renovables (GERCA) Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa*  
*victorgarcia958@gmail.com*

(2) *Investigador de CONICET*  
*iriarteadolfo@gmail.com.*

*\*Parcialmente financiado por:*  
*INTA - UNCa*

**RESUMEN:** En este trabajo, se presenta el comportamiento térmico de un colector solar de bajo costo. Es de diseño simple, requiriéndose poca habilidad en su construcción y puede hacerse a partir de materiales fácilmente disponibles. Se utiliza una mezcla de concreto con una manguera de polietileno negro incrustada en él por donde circula el agua calentada. En la parte superior se coloca una placa de policarbonato, mientras que en la parte trasera y laterales se utiliza lana de vidrio como aislante. Se ha evaluado el comportamiento del colector solar presentando los resultados de las mediciones de temperatura del agua registrando temperaturas de agua caliente hasta los 52 °C para días de radiación superior a los 500 W/m<sup>2</sup>. Aunque los colectores de hormigón son menos eficientes que los colectores comerciales convencionales, se puede proporcionar agua caliente moderada para el uso en las diversas necesidades agrícolas requeridas en zonas rurales

## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, nos encontramos con problemas energéticos de sostenibilidad y medioambientales que destacan el uso de energías renovables como una mejor opción. Estas energías en los últimos años han madurado y evolucionado, aumentando su confiabilidad para diversas aplicaciones.

Los colectores solares planos para calentamiento de agua, son una de las tecnologías (solares) más simples y más probada teniendo un gran potencial de aplicación en todo el mundo y cada vez más ubicados en diversas zonas del país utilizando diferentes superficies mejoradas.

En nuestro país existen algunas empresas dedicadas a la fabricación y comercialización de colectores solares de agua, que son equipos de base tecnológica aplicada a un sistema de calentamiento de agua a través de la radiación solar, creados especialmente para el ahorro de combustibles, el empleo de energía solar y el cuidado ambiental.

Los calentadores de agua con energía solar que usan colectores de placa plana, son ampliamente

utilizados para proporcionar agua caliente para diversos fines.

Para su fabricación se construyen con diversos materiales como el cobre, aluminio, hierro galvanizado, chapa de acero suave, aislamiento de lana de vidrio, vidrio plano, tuberías, y otros accesorios, etc.

Debido al alto costo de estos colectores comerciales, su uso en las zonas agrícolas es bastante limitado.

El colector que se describe en este trabajo ha sido diseñado para ser construido por los agricultores y otras personas con conocimientos básicos, utilizando materiales de fácil acceso. En las zonas rurales los habitantes, especialmente los agricultores suelen tener espacios disponibles para la construcción de diferentes tamaños de colectores de acuerdo a los requerimientos de su labor siempre que los mismos sean económicamente rentables.

En este trabajo se presentan el diseño y la evaluación experimental de rendimiento térmico de un colector solar calentador de agua utilizando mezcla de concreto pintada de negro como placa absorbidora diseñado para la utilización en zonas agrícolas aisladas.

## 2 DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL COLECTOR

Un esquema del colector utilizado para este estudio, se muestra en la fig 1, fue instalado en el predio que el Grupo de Energía Renovables de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCa, pose en la Estación Experimental de INTA, ubicado en Sumalao, Valle Viejo Catamarca, (lat -28,48, long. -65,63).

El colector cuyas dimensiones son de 0,82 m x 1,43 m, esta construido con una estructura

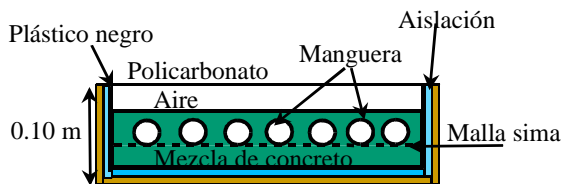


Figura 1. Esquemas del colector de cemento

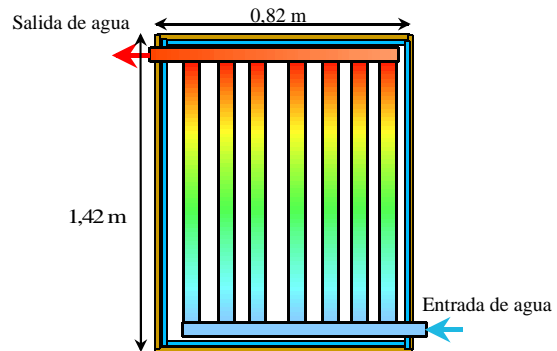
La superficie expuesta de hormigón fue terminada con una llana dentada y pintada de negro mate. El espesor de esta capa es de 0,07 m con una superficie libre de aire de 2,5 cm. Fig. 2. En la parte superior del colector se colocó una placa de policarbonato alveolar transparente de 6 mm de espesor. Una unidad de este tamaño pesa alrededor de 80 kg por lo que puede ser manejado por dos hombres.

Como sistema de acumulación de agua se utiliza un tanque de plástico de 120 litros, colocado en el interior de un tanque de 200 litros pintado de blanco. Para aislar el sistema de acumulación de agua, entre el espacio de los tanques se ha



Figura 2. Colector solar

externa de madera de 0,025 m de espesor y 0,10 m de alto pintada con membrana en pasta, en su interior se colocó 0,025 m de aislamiento de lana de vidrio cubierta con un plástico negro sobre el se colocó una capa de concreto para colocar formando zigzag, las mangueras de polietileno negro de ½ pulgada del tipo k4 cubriéndolas en su totalidad con concreto, para evitar el resquebramiento de la mezcla preparada con 3 partes de cemento y una de arena se colocó una malla sima.



incorporado 0,05 de perlita de poliestireno expandido. Fig. 3.

Para fines de evaluación del colector, fueron instalados termopares cobre – constantán (tipo T), calibrados con una precisión de  $\pm 0,5$  °C. Estos sensores, se conectaron a módulos de adquisición y almacenamiento de datos ADAM 4018M, con 8 entradas analógicas, resolución de 16 bits, interfaz de salida RS – 485 conectado a un módulo convertidor ADAM 4520. Este convertidor se conecta a una computadora personal para la posterior descarga de datos. Los módulos antes descriptos se alimentan de CC comprendida entre 9 y 30 V.



Figura 3. Sistema colector y tanque de acumulación

Se midieron las siguientes temperaturas; de entrada y salida del agua del intercambiador, sobre la superficie colectora, del aire entre la cubierta y la superficie colectora, y superficie interna de la cubierta. Se utilizó agua de red como fluido de transferencia de calor.

Los datos climáticos del ambiente exterior, de radiación global temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, son proporcionados cada 30 minutos por una estación meteorológica tipo Davis.

El colector que se describe aquí, cuesta aproximadamente \$ 650. Esto incluye mezcla arena y cemento, manguera, aislamiento, cubierta, marco de madera y clavos, y sistema de acumulación.

### 2.1 Evaluación térmica del colector

Se evaluó el colector bajo condiciones de uso, mientras que los parámetros de funcionamiento se mantienen de acuerdo a las recomendaciones descritas por Duffie Beckman (1991).

El colector se puso a prueba durante los períodos de insolación solar superior a los 500 W/m<sup>2</sup>, y durante días claros, entre los meses de Abril y Junio del presente año. El caudal de agua fue de aproximadamente 0.015 l/s m<sup>2</sup> que se corresponde aproximadamente 700 cm<sup>3</sup>/min para el colector.

La orientación del colector es hacia el norte, de manera que los datos climáticos especialmente

la radiación directa se pueda utilizar para determinar el nivel de insolación sobre la superficie del colector.

La energía que pasa a través de la cubierta del colector y absorbida por la placa tiene que moverse a través del hormigón y la manguera de vinilo para alcanzar el fluido.

Debido a que el hormigón tiene una conductividad térmica baja, (0,89 W/m°C) retrasaría el movimiento de calor, esto parece no ser un factor limitante en la transferencia de calor. El área de contacto entre el hormigón y la manguera de polietileno es donde la resistencia al flujo de calor es mayor. También existen pérdidas de radiación de onda larga importantes ya que la emisividad del hormigón pintado es también alta, alrededor de 0,8.

En la fig. 4 se muestran los valores de temperaturas para los días 30 de abril y el 4 de Mayo del corriente año, La temperatura ambiente (Tamb.) osciló entre 13,8 y 29,9 ° C, con días claros con valores de irradiancia que alcanzaron los 774 W/m<sup>2</sup>. Las mediciones de la temperatura de entrada del agua (Te-agua) estuvieron comprendidas entre los 17 °C a la 7 hs y 42,9 ° C a las 15 hs. Mientras que las temperaturas de agua medidas a la salida del colector (Ts-agua), fueron de 17 °C la mañana, y con valores máximos de 52 °C, obteniéndose una diferencia de temperatura entre salida y entrada de agua de hasta 16 °C.

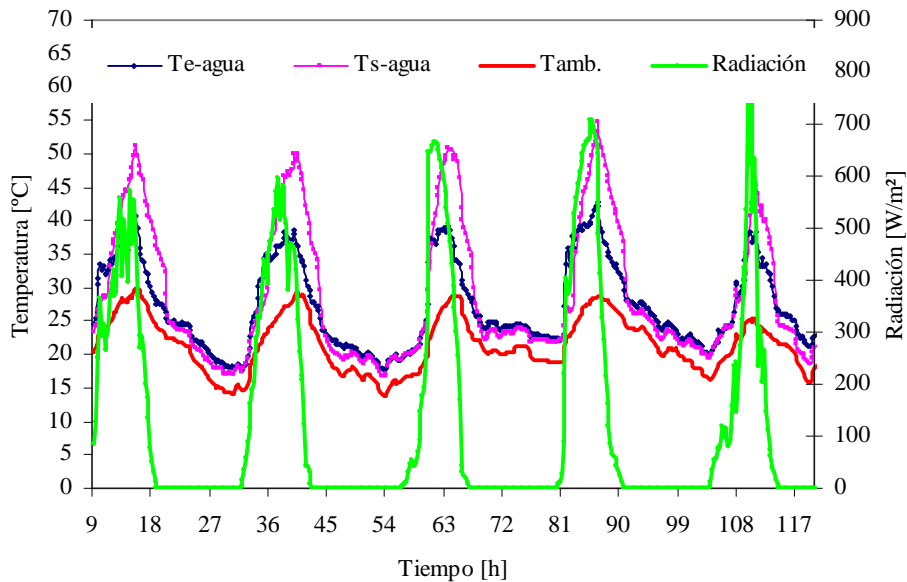


Figura 4. Temperatura ambiente, de entrada y salida de agua del colector y radiación exterior. 30 de Abril al 04 de Mayo de 2013

En la siguiente figura, se muestra el comportamiento del colector en los días 22 y 23

de Mayo, fueron días claros con radiaciones de hasta 600 W/m<sup>2</sup>, con una temperatura ambiente,

mínima de 5 °C y una máxima de 24 °C. Como se observa que el agua ingresa al colector con temperaturas de hasta 30 °C. También se aprecia que el colector a partir de las 11 hs, inicia su

aporte de agua caliente hasta alcanzar un valor máximo de 39 °C, cuando la temperatura en la superficie de la placa colectora fue de 49 °C.

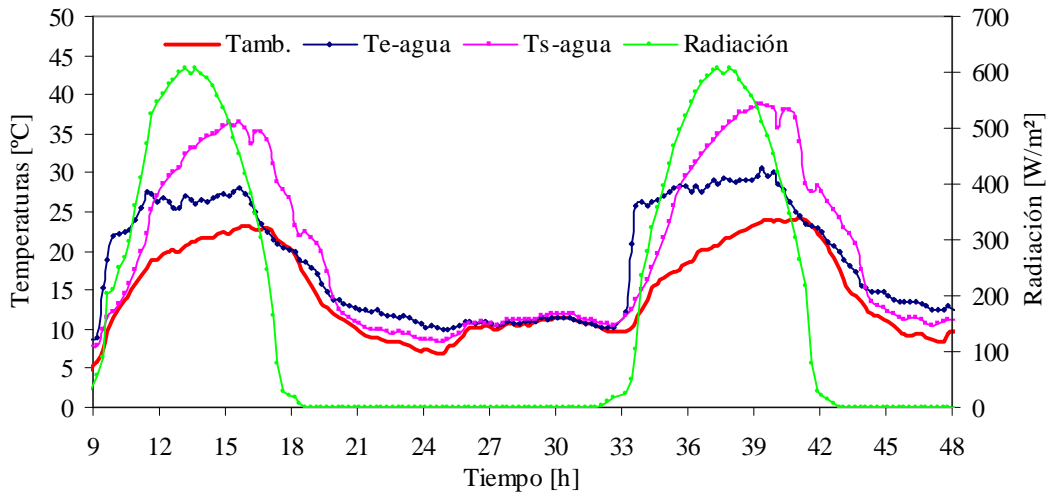


Figura 5. Temperatura ambiente, de entrada y salida de agua del colector y radiación exterior. 22 y 23 de Mayo 2013.

El día 04 de junio, estuvo despejado, con una radiación de 540 W/m<sup>2</sup> al medio día solar, con temperaturas ambiente comprendidas entre 6 y 27 °C. La temperatura con que ingresó el agua durante las primeras horas de la mañana fue de 12 °C alcanzando su máximo valor de 35 °C a las 15 hs. En el interior del colector se midieron

temperaturas de 57 y 62 °C en la placa colectora y el aire lo que proporciona una temperatura de salida de agua de 47 °C. Durante este día se registraron dos extracciones de 40 litros de agua cada una, a las 14 y 17 hs, por lo que la temperatura disminuyó en ambos casos 6 °C a la salida como se muestra en la Fig. 6.

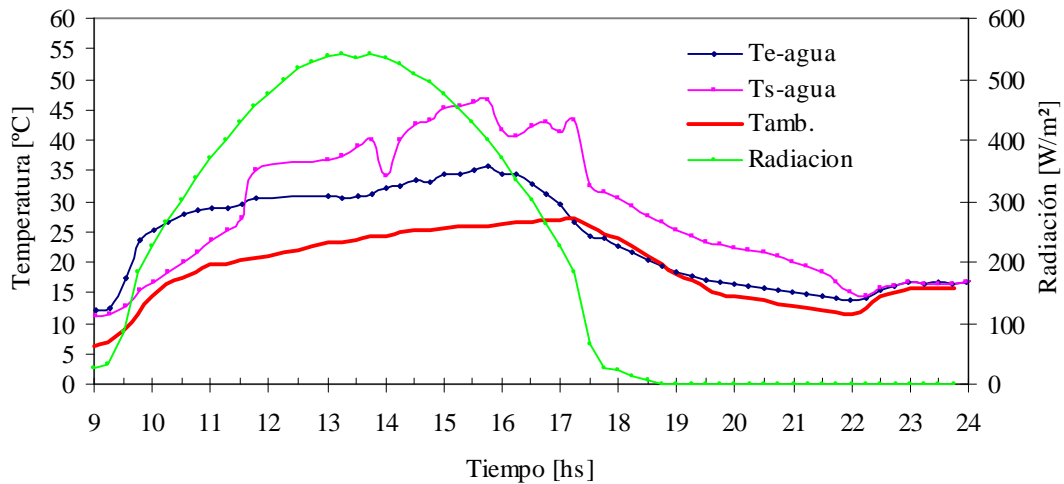


Figura 6. Temperatura ambiente, de entrada y salida de agua del colector y radiación exterior. 04 de Junio 2013.

Para calcular la eficiencia instantánea del colector se emplea la ecuación recomendada en Duffie & Beckman (1991) considerando la radiación, la temperatura de entrada y salida del fluido, el área del colector, y la radiación solar.

$$\eta = \frac{\dot{m}C_p(T_f - T_i)}{A_T G} \quad (1)$$

Donde:

$\dot{m}$  : El caudal del fluido,  
 $C_p$ : Calor específico  
 $T_f$ : Temperatura de salida  
 $A_c$ : Área del colector.  
 $G$ : Radiación incidente.

Debido a que el colector tiene muy poca inclinación con respecto al plano horizontal ( $10^\circ$ ), se utiliza la radiación medida con la estación meteorológica.

La eficiencia alcanzada por el colector de cemento, es del orden del 45%.

### 3. CONCLUSIONES

El colector solar de cemento de bajo costo evaluado térmicamente en este trabajo, funciona adecuadamente comparado con los colectores de uso comercial, con un rendimiento aceptable para el uso en aplicaciones rurales.

Este colector puede tener una mejor aplicación en situaciones que se requiere bajas temperaturas, como en el calentamiento de agua para riego en un invernadero, o en el precalentamiento de agua para el teñido de lanas.

La baja eficiencia en comparación con los colectores de mayor tecnología tendrá que ser compensado por una superficie de colector más grande que limita su aplicación a la ubicación donde el espacio no está limitado.

Debido a su construcción sencilla y su uso de materiales fácilmente disponibles puede ser construido por los agricultores y otras personas que tienen niveles relativamente bajos de habilidad

### 4. REFERENCIAS

- Bartok, Jr., J. W. & Aldrich R A. Active collector systems for solar greenhouse. Proceedings 3<sup>a</sup> Energy Conserving Greenhouse Conference. 1982.
- Duffie J. A., & Beckman W. Solar engineering of thermal processes. Second Edition. John Wiley & Sons, INC. 1991.
- Neyeloff, S., & Bartok, Jr Desing, construction and evaluation of a low cost solar collector for rural applications. Agricultural Energy. American Society of Agricultural Engineers. Pub. 3 – 81. St Joseph, MI. 1981.