

# COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE SISTEMAS SOLARES CON CAPTADOR A BASE DE POLICARBONATO

Vicente Flores Lara- f117u2@yahoo.com

Francisco Hernández Corona-

Instituto Tecnológico de Apizaco, Departamento de Metal Mecánica

Javier Gutiérrez Ávila-javiguta12@hotmail.com

Instituto Tecnológico de Acapulco, Departamento de electromecánica

**Resumen.** Se presentan los resultados experimentales del comportamiento térmico de captadores solares para colectores planos, contruidos empleando materiales plásticos. Se construyeron captadores solares empleando lámina acanalada de policarbonato, tubería cpvc (Poli-Cloruro de Vinilo Clorado) y silicón para alta temperatura, como junta entre la tubería y la lámina. Se experimento con captadores de  $0.915m^2$  de área de captación en diferentes configuraciones, considerando los niveles de irradiancia solar, temperatura ambiente y velocidad del viento. Los captadores se evalúan como parte de un sistema solar para calentamiento de agua operando en el tipo termosifón y así sus eficiencias globales varían dependiendo de la configuración del captador, desde 42% en el peor de los casos hasta el 87% en la mejor condición de operación.

**Palabras-clave:** captador, policarbonato, comportamiento térmico.

## 1.- INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente en el mercado se dispone de sistemas solares térmicos para calentamiento de agua, que emplean captadores de tubo y aleta de cobre y actualmente de tubos evacuados. Para calentamiento de agua en albercas se dispone también de captadores a base de policarbonato. El costo de los calentadores de agua disponibles en México es en promedio de 750 dls, (Conae, 2007) y el tiempo de recuperación por la compra de un calentador de agua es de entre 2.5 y 8 años, por lo que resulta ser rentable un equipo solar si se considera que su tiempo de vida útil es en promedio de 20 años. A pesar de esto la sociedad no opta por adquirir un calentador solar aunque estén consientes de sus beneficios principalmente del tipo ambiental (Conae, 2007). Una propuesta para aumentar el uso de esta tecnología no solo con el propósito del beneficio ambiental sino también económico, es la de construir su propio calentador solar con otra alternativa en materiales y más accesibles económicamente.

En este trabajo el objetivo principal es analizar el comportamiento térmico de captadores, contruidos a base de lámina de policarbonato y con ello establecer la factibilidad técnica de construir sistemas solares para el calentamiento de agua con materiales plásticos. Lo anterior, ya que la geometría y estructura de la lamina de policarbonato permiten el flujo de fluidos a través de ella, por lo que puede ser acondicionada para absorber los rayos solares y transmitir calor hacia el fluido de trabajo.

En trabajos anteriores (Flores *et al.* 2009) se ha experimentado con captadores solares de  $1.22m^2$  ( $1m \times 1.22m$ ) de área de captación, el inconveniente de trabajar con estas dimensiones se presenta cuando la lámina es expuesta al sol con cierta inclinación, esto conduce que se generen gradientes de temperatura en la placa. Entre la parte inferior y superior se alcanzan gradientes de hasta  $34^{\circ}C$  cuando se exponen al Sol con una inclinación de  $20^{\circ}$  con orientación Norte-Sur; lo cual origina deformación en la lámina, sometiendo a esfuerzos en la unión entre el tubo cpvc y la lamina, ocasionando la desunión entre ellos y posibilidad de fuga de agua. Así mismo, cuando se coloca la lamina dentro de un gabinete aislándola del medio ambiente y reduciendo las pérdidas de calor, la placa absorbadora logra mayores temperaturas y en consecuencia se favorecen las condiciones para la deformación, por lo que se ha propuesto trabajar con captadores en dimensiones de  $0.75m \times 1.22m$ , ya que ha presentado mayor estabilidad térmica y mejor manejo en el acoplamiento como sistema, sin embargo se continua con su estudio experimental bajo diferentes condiciones de operación.

La lámina acanalada de policarbonato es un material empleado en el techado de edificaciones, sus características mecánicas son, alta resistencia al impacto, muy ligera ( $1 \text{ kg/m}^2$ ) para un espesor de 6 mm, térmicamente resistente a temperaturas extremas de  $-40^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$ , (datos del fabricante), además presenta una estructura interna en forma de canales por los cuales puede hacerse fluir el agua, de aquí que permite adaptarse para usarse como captador solar.

## 2. SISTEMA SOLAR CON CAPTADOR A BASE DE POLICARBONATO

Se construyeron captadores solares con diferentes configuraciones y se acoplaron al sistema solar operando en el tipo termosifón, la capacidad de almacenamiento para cada uno de los sistemas fue de 200 litros con dimensiones del captador de  $0.75\text{m} \times 1.22\text{m}$  para un área de captación de  $0.915\text{m}^2$ , con estas dimensiones resulta un captador con 217 canales de  $5\text{mm} \times 5\text{mm}$  y espesor de paredes de 1mm, para un volumen de agua estancada de 4 l, si esto se compara con un captador comercial de tubo y aleta de cobre que aproximadamente tiene un área de captación de  $2\text{m}^2$  tendría un volumen de  $1.6\text{m}^3$ .

En la construcción de los captadores solares los materiales principales son, la lámina acanalada de policarbonato, tubería hidráulica cpvc, de 19 mm de diámetro, silicón para alta temperatura o junta automotriz y pintura acrílica negra mate. La lámina de policarbonato hace la función de superficie absorbadora y transmisor de calor hacia el fluido de trabajo, la tubería cpvc hace la función de cabezales en el captador. A los cabezales con longitud de 1.35m se les hace una ranura longitudinal, equivalente al ancho de la lámina de policarbonato (1.22m), y el ancho de la ranura será equivalente al espesor de la lámina (0.006m), lo anterior con la finalidad de ensamblar (0.005m) cada extremo de la lámina en las ranuras realizadas en los tubos de cpvc. A continuación en todo el contorno de la unión entre los dos materiales se aplica de tres a cuatro películas pegamento para tubería cpvc y finalmente una película de silicón para alta temperatura. Una de las superficies de la lámina de policarbonato, tiene un tratamiento para no degradarse ante los rayos ultravioleta y es aquí donde se aplica la película de pintura negra mate, finalmente se tiene el captador solar o placa absorbadora (Flores *et al.* 2009).

## 3. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Las pruebas experimentales se desarrollaron en la localidad situada a  $19^\circ 30'$  latitud norte y  $90^\circ$  longitud Oeste en el periodo de enero a junio del 2010, las variables registradas fueron temperatura del agua en la entrada y salida del captador, irradiancia solar, temperatura ambiente y velocidad del viento. Se emplearon termopares tipo K para la medición de temperaturas, un anemómetro modelo Lutron AM-4205 para la velocidad del viento, los datos de irradiancia solar se obtuvieron de 3 estaciones solarimétricas del servicio meteorológico nacional localizadas en la región, además se empleó un solarímetro portátil modelo 776E. Para no tener un efecto significativo en el comportamiento de los captadores con respecto a la velocidad del viento, todas las pruebas fueron efectuadas cuando el anemómetro registraba valores inferiores a 1.5m/s. Sin embargo, con esta velocidad del viento ya se registran pérdidas de calor en los captadores, principalmente en los que no incluyen cubierta transparente. La instalación del sistema solar para las pruebas experimentales se muestra en las figuras 1, que corresponde a al captador de lámina de policarbonato sin aislar y aislado dentro del gabinete.



Figura 1. Instalación de los captadores estudiados en dos configuraciones diferentes.

En el análisis de comportamiento térmico, tres configuraciones de captadores solares fueron empleados, en el primero, el captador consiste en la lámina de policarbonato con acabado en negro mate, el área de captación es de  $0.915\text{m}^2$  y la capacidad del termotanque de 200l, para el segundo, la lámina de policarbonato con su tratamiento en

negro mate, se coloca dentro de un gabinete, con sus paredes aisladas y sin incluir cubierta transparente en la parte superior del captador. El área de captación es de  $0.915\text{m}^2$  con termotanque de  $200\text{l}$ . El tercero es semejante al segundo, incluyendo ahora la cubierta transparente. La primera y tercera configuración se presentan en la figura 1.

#### 4. RESULTADOS Y ANALISIS

Los valores más representativos de los parámetros de operación de los sistemas solares con captadores con lamina de policarbonato, se presentan aquí en forma grafica y tabulada.

La grafica de la figura 2 presenta la evolución de las temperaturas entre la entrada y la salida del captador, cuando este se encuentra dentro del gabinete con cubierta de vidrio. Este caso muestra la mejor condición de operación del sistema, ya que la prueba se desarrollo durante un día completamente despejado, con velocidad del viento de  $1.6\text{ m/s}$ , temperatura ambiente de  $27^\circ\text{C}$  e irradiancia solar promedio de  $951\text{W/m}^2$ , su eficiencia global de operación fue del  $87\%$ . Al mismo tiempo se experimentó con los captadores restantes registrándose los valores de temperaturas del termotanque, estas son presentadas a modo de comparación entre los tres captadores en la grafica de la figura 3, la cual muestra el mejor desempeño del captador cuando se coloca dentro del gabinete y con cubierta de vidrio, sin embargo con el captador solo de placa de policarbonato, las mínimas eficiencias son del  $42.2\%$ , logrando temperaturas máximas de  $36^\circ\text{C}$ . También se observa como los incrementos de temperatura con respecto al tiempo son mayores, cuando el captador tiende a estar completamente aislado de los efectos del medio ambiente, por lo que en menor tiempo logra su máxima temperatura. Finalmente en la tabla 1 se recaba la información que respalda el excelente comportamiento térmico de los captadores en las tres configuraciones, además se incluyen resultados de operar dos captadores con el sistema solar de  $100\text{l}$  de almacenamiento de agua. Para todos los casos la eficiencia global se evalúa con respecto al incremento máximo de temperatura en el agua del termotanque, durante el día. La menor eficiencia se obtiene cuando el captador solo se compone de la lámina de policarbonato, expuesta a pérdidas de calor hacia el ambiente, siendo su valor de  $42\%$ . El mayor valor de eficiencia,  $87\%$ , se logra cuando el captador se coloca en un gabinete metálico aislado y con cubierta transparente de vidrio de espesor de  $6\text{mm}$ .

Debido a las dimensiones y geometría de los canales, cuyas paredes hacen la función de aletas, mejorando la transmisión de calor entre la superficie absorbidora y el fluido, la ganancia de calor en el agua es inmediata, a pesar de la baja conductividad térmica del policarbonato ( $0.21\text{W/m K}$ ). Con base en los valores de temperaturas, graficados en las figuras 2 y 3, puede observarse el incremento inmediato de la temperatura del agua a su paso por el captador.

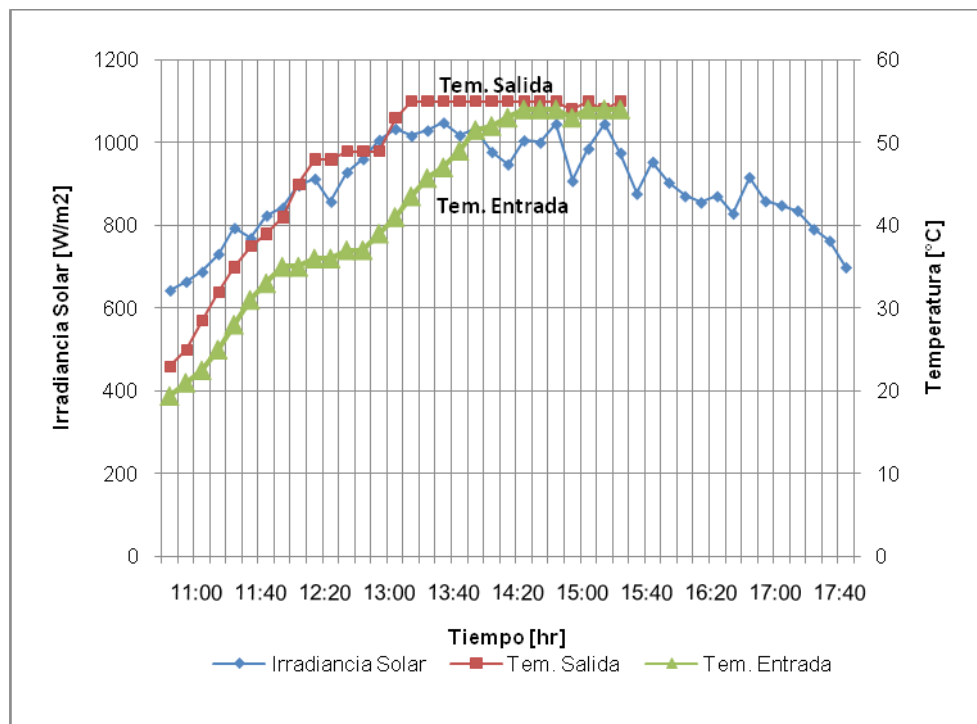


Figura 2.-Evolución de las temperaturas entre la entrada y la salida del captador solar

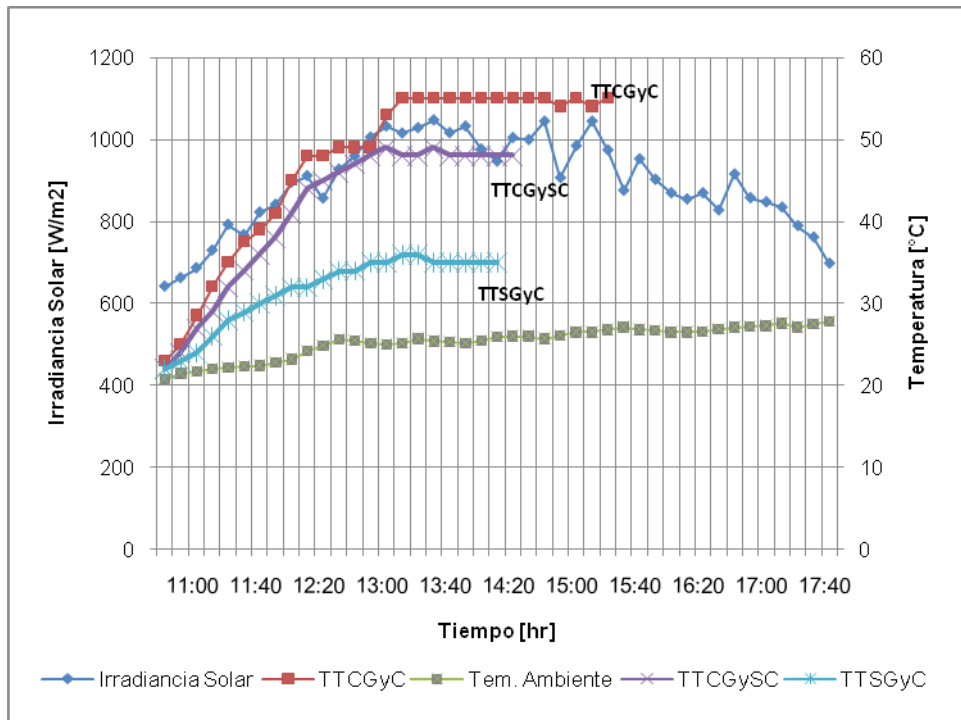


Figura 3.- Comparativo de las temperaturas en el termotanque, para los tres captadores  
 TTCGyC: Temperatura del termotanque con gabinete y cubierta  
 TTCGySC: Temperatura del termotanque con gabinete y sin cubierta  
 TTSGyC: Temperatura del termotanque sin gabinete y cubierta

Tabla 1. Eficiencias promedio de los captadores evaluados

Carga [kg/día]	Irradiancia Solar Promedio [W/m²-día]	$\Delta T$ , generado en el agua del termotanque [°C/día]	Eficiencia global [%]	Comentarios
200	950	33	87	Captador colocado en gabinete y cubierta transparente
200	950	26	77	Captador colocado en gabinete, sin cubierta transparente
200	950	14	42	Captador, solo lamina de policarbonato
100	820	43	78	Captador colocado en gabinete y cubierta transparente
100	820	34	59	Captador colocado en gabinete, sin cubierta transparente

#### 4 CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los resultados experimentales del comportamiento de captadores para colectores planos construidos a base de lámina acanalada de policarbonato, en tres configuraciones. Es evidente que su comportamiento depende de cada configuración, pero en los resultados se demuestra la capacidad de generación de calor útil cuando opera aislado de las posibilidades de pérdida de calor y aún cuando la placa queda completamente expuesta al intemperie, lo anterior se refleja en el valor de la eficiencia global para ambos casos. Hasta ahora las

dimensiones de los captadores que aquí se han estudiado, son las que mejor resultado presentan a la deformación y al manejo durante su acoplamiento al sistema, aunque en menor tamaño es notable el aumento de rigidez.

Se continuará con la construcción de un sistema solar con captadores como los aquí estudiados, para ser evaluados con base a la norma nacional NMX-ES-004-NORMEX-2010 para colectores solares planos.

A pesar de que la puesta en operación de sistemas solares con captador a base de lamina de policarbonato ha presentado excelentes resultados, aun quedan muchos cuestionamientos del funcionamiento del equipo, como son, conocer el área óptima con la cual el captador no sufra deformaciones por el aumento de presión y temperatura. En la construcción del captador con los materiales que aquí se consideran, es recomendable poner atención en la unión del policarbonato y el cpvc, ya que la manipulación brusca del captador puede originar daño en dicha unión, de aquí que es importante establecer las condiciones termohidráulicas de operación de la unión de silicón. En lo siguiente se buscará y experimentará con materiales compatibles químicamente con la tubería y la lámina, para que el ensamble entre ambos garantice el manejo del captador sin quedar expuesto a que haya fuga de agua, aún cuando se logren las más altas temperaturas en el absorbedor.

## 5. REFERENCIAS

CONAE 2007, Programa para la promoción de calentadores solares de agua en México 2007-2012. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.

Flores, V., Hernández F. y Ramirez B.D., 2009. Calentador solar a base de policarbonato. Memorias de la XXXIII Semana nacional de energía solar. Guadalajara Jalisco, México.

NMX-ES-004-NORMEX-2010, Energía solar-evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua-método de prueba, Dirección General de Normas

Olvera, A. Muhlia y D. Morillon, 2005. Bases para la normatividad del análisis de rendimiento y eficienciatérmica de colectores solares en la república mexicana. Memorias de la XXIX Semana nacional de energía solar. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, México.

Takeo S. and Hamdy H., 2002. A pilot solar water disinfecting system: performance and testing. Solar Energy, Vol. 2 No. 3, pp 261-269

**Abstract.** *In this paper, experimental results of the thermal behavior of solar receivers to flat plate collectors is presented, the receivers is constructed, using plastics materials, fluted polycarbonate sheet, pipe cpvc and silicone for high temperature, like meeting between pipe and sheet. The experiment were realized with receivers of 0.915m<sup>2</sup> of captation area in configurations different, considering itself the solar irradiance, temperature and wind speed. The receivers is evaluated as a passive Solar system for water heating operating in the type thermosiphon and so that his global efficiencies vary following the configuration of the receiver, from 42% in the worse cases to 87% in the operation condition best.*

**Keyword:** receiver, polycarbonate, thermal behavior.