

COLECTOR ACUMULADOR SOLAR DE BOLSAS DE PVC CON AGUA¹

M. Gea, G. Figueroa, R. Caso y L. Saravia

Instituto de Investigación en Energías No Convencionales (INENCO - CONICET)

Universidad Nacional de Salta - Buenos Aire 177 C.P. 4400 – Salta

Tel - Fax 0387-4255489 e-mail: geam@unsa.edu.ar

RESUMEN: Como parte del desarrollo de un sistema de cogeneración a bajas temperaturas, se comenzaron a ensayar los componentes del sistema en escala de laboratorio. Para la fuente de calor del sistema se construyeron un colector solar plano y un depósito aislado térmicamente los cuales son estudiados en este trabajo. El colector tiene un área de 100 m² y está constituido por bolsas de PVC que permite calentar 10 m³ de agua. Se realizaron ensayos del colector acumulador y se elaboró un modelo para la simulación del sistema.

Palabras clave: Colector acumulador solar, bolsas de PVC.

INTRODUCCION

Este trabajo se realizó dentro de un proyecto de investigación de un sistema de cogeneración para proveer de energía eléctrica por vía solar térmica a baja temperatura, agua potable y el calentamiento de viviendas e invernaderos en zonas áridas de altura en la región de La Puna en el noroeste de la República Argentina. El sistema estará compuesto básicamente por una poza solar como generador térmico, una turbina de vapor de agua que trabaja a bajas temperaturas, un generador de vapor, un condensador de contacto directo, bombas de agua y de vacío. (Lesino y Gea, 1999)

La generación térmica se realizará a partir de una poza solar de aproximadamente 10.000 m². El generador de vapor será de tipo flash. Debido a la baja presión existente, el agua se evapora usando su propio calor sensible como fuente térmica. La turbina de vapor de agua es de eje vertical y flujo radial saliente cedida por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de los Estados Unidos de Norteamérica. El ciclo que se propone trabajará con una temperatura máxima de 55 - 60 C y se generará una potencia en el orden de los 30 kW. El condensador estará constituido por un intercambiador de contacto directo con relleno estructurado. El agua disipará el calor en una carga térmica que puede ser una vivienda o un invernadero. Como el sistema trabajará por debajo de la presión atmosférica, se instalará una bomba de vacío para realizar el arranque y extraer los incondensables del circuito durante el funcionamiento.

Para el sistema en escala de laboratorio se plantea disponer de una fuente caliente del orden de los 70 C y una fuente fría a temperatura ambiente. Se considera que el evaporador y el condensador utilizarán entre ambos la mitad del salto térmico disponible, por lo tanto se dispone para la turbina de un salto de sólo 25 C aproximadamente. Esto implica que el caudal de agua a mover es elevado, y por ejemplo, para generar un flujo de vapor de 1 kg/s se requerirá un caudal de agua de 23,5 kg/s.

Para obtener una cantidad de agua caliente que permita ensayar la turbina bajo estas condiciones se construyó en el predio experimental del INENCO un colector solar plano de 100 m² y un depósito aislado a fin de obtener alrededor de 10.000 kg de agua a la temperatura de trabajo.

EL COLECTOR ACUMULADOR

El colector se construyó sobre dos plataformas de 50 m² cada una con un sistema de cañerías de descarga común hacia el depósito (Figura 1). Se utilizaron 6 bolsas de PVC de color negro para contener el agua y actuar como superficie absorbidora. Sus dimensiones son 1,30 m de ancho por 13 m de largo cada una y se disponen horizontalmente. Se eligió este material por su disponibilidad y su resistencia a la radiación UV ya que se fabrica para la construcción de piscinas.

La energía solar es absorbida y acumulada por los colectores durante las horas de sol y el agua es descargada luego en un depósito aislado térmicamente cuando no hay radiación. El movimiento de carga y descarga del agua se realiza mediante una bomba monofásica de caudal máximo 230 litros por minuto.

¹ Trabajo parcialmente financiado por el CONICET

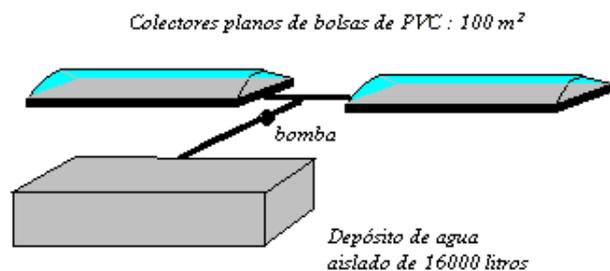


Figura 1: Esquema del colector y depósito de agua

Las bolsas se colocaron sobre placas de poliestireno expandido de 5 cm de espesor y éstas sobre suelo apisonado con un pequeño desnivel hacia el medio de los colectores donde se encuentra la bomba para la descarga de agua. A lo largo de la plataforma, sobre el poliestireno, se colocaron listones de madera que tienen como función contener las bolsas para que tomen una altura uniforme una vez llenadas (figura 2 a y b).



Figura 2: a) Fotos de la aislación inferior del colector y b) de la colocación de las bolsas de PVC

Como aislación térmica superior se colocó una cubierta transparente de plástico que apoya sobre una estructura de caños flexibles. Estos caños van empotrados en los cordones de hormigón que conforman los bordes de la plataforma (figura 3a). En la foto de la figura 3b se pueden observar las dos plataformas de los colectores en construcción, el depósito de agua cubierto con chapa ondulada y el laboratorio para ensayos de la turbina.

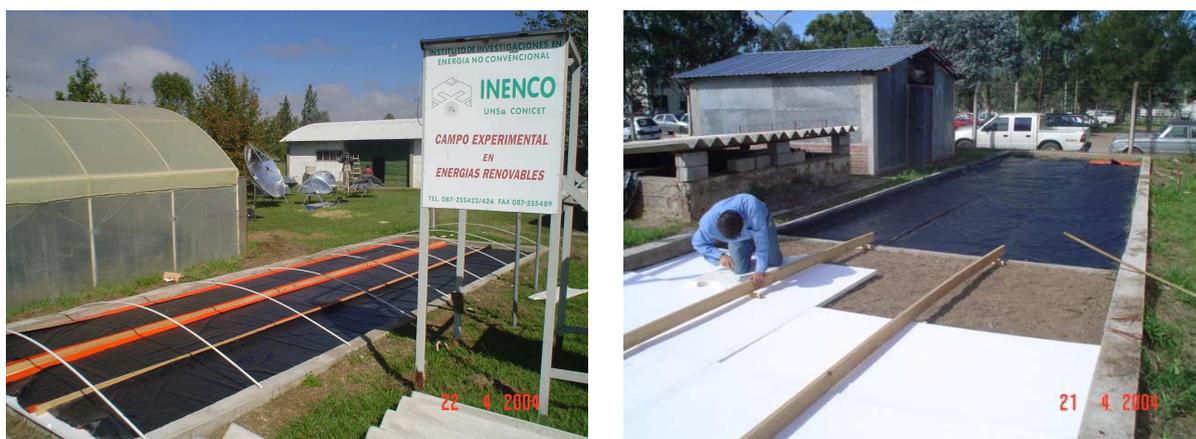


Figura 3: a) Foto de la estructura de caño flexible para la cubierta. b) Foto del depósito, laboratorio y colector en construcción.

En la figura 4 se muestra la colocación de la cubierta transparente, la cual fue fijada mediante cable-canal con la parte inferior atornillada en el cemento y la tapa aprisionando y tensando el plástico. El depósito de agua fue construido en hormigón armado con una área de la base cuadrada de 4 m por 4 m y una altura de 2 m. En el fondo y en los costados interiores se colocaron placas de poliestireno de 5 cm de espesor y sobre ellas un plástico donde asienta el agua. La parte superior de la

pileta fue también cubierta con placas de poliestireno de 5 cm y por encima de éstas, a 50 cm se colocaron chapas onduladas de fibrocemento como protección mecánica (figura 3b).



Figura 5: a) y b) Fotos de la colocación de la cubierta de plástico

ENSAYO Y TOMA DE DATOS

Se realizó un ensayo del funcionamiento del colector durante un período de dos días, acumulando calor durante las horas de sol y conservándolo durante la noche guardando el agua en el depósito aislado. Para ello se cargó inicialmente en el depósito una cantidad de aproximadamente 5000 litros de agua medidos en la altura del nivel de agua a fin de ensayar la mitad del sistema conformada por una plataforma con tres bolsas con 50 m² de área de colector.

A la mañana del primer día se cargaron las bolsas mediante la acción de la bomba en un proceso que llevó alrededor de 30 minutos, con lo cual las bolsas quedaron cargadas con una espesor medio de agua de 10 cm uniformemente distribuida ya que las bolsas se encuentran a la misma altura y conectadas entre si. Durante los dos días que duró la experiencia el cielo estuvo claro por lo que la descarga se realizó a la tarde, cuando cayó la radiación. El agua permaneció en el depósito aislado durante la noche y se volvió a cargar las bolsas a la mañana del día siguiente. La activación de la bomba para los procesos de carga y descarga se realizó en forma manual.

Se colocaron termocuplas dentro de una de las bolsas, en el ambiente interior entre las bolsas y la cubierta, en el ambiente exterior y en el depósito de agua (figura 6). Se midió la radiación total sobre superficie horizontal mediante un solarímetro Kipp y Zonen CM10. Los datos fueron acumulados mediante un sistema compuesto por una palmtop HP 200L y módulos de conexión seriada ADAM 4018 para las termocuplas y 4011 para el solarímetro.

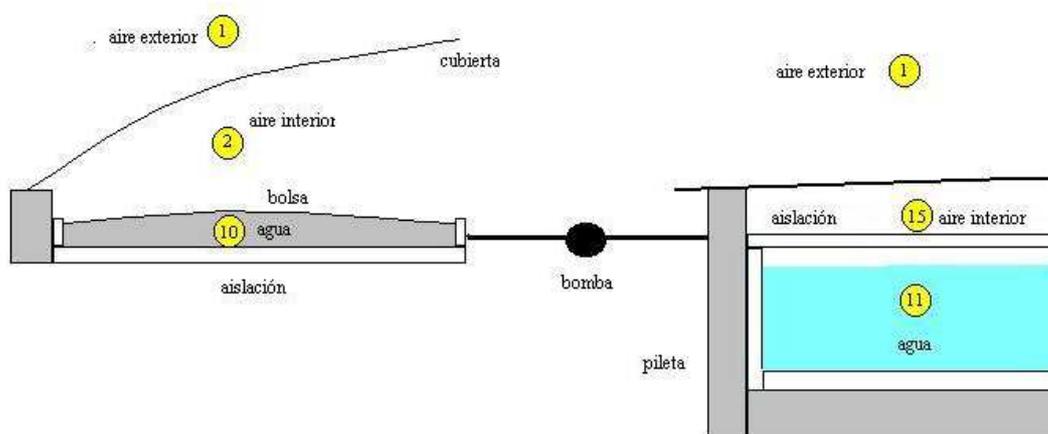


Figura 6: Esquema del sistema y ubicación de los nodos de temperatura y puntos donde se colocaron termocuplas

MODELO Y SIMULACIÓN

Se elaboró un circuito térmico para realizar el modelo el sistema. En él se supuso que la temperatura del agua es uniforme en cada bolsa y que las temperaturas de todas las bolsas son similares. Esta temperatura corresponde al nodo 10 de las figuras 6

y 7. La temperatura del aire exterior se representa con el nodo 1 y la temperatura del aire entre la cubierta y las bolsas con el nodo 2. En la pileta el nodo 11 es la temperatura del agua supuesta uniforme y el nodo 15 representa la temperatura entre el agua y la cubierta de chapa de fibrocemento.

El circuito térmico está representado en la figura 7. Para su resolución se utilizó el programa SIMUSOL (Alia y Saravia, 2004) que permite la simulación de sistemas térmicos. La temperatura exterior viene dada por la fuente E1 y sus valores se extraen desde una tabla de datos experimentales. E2 representa la temperatura de cielo supuesta 15 C menor que la temperatura ambiente. La radiación solar se representa con la fuente de calor J1, la cual, afectada por la transmitancia de la cubierta, incide sobre la superficie de la bolsa. Sus valores se extraen de una tabla de datos experimentales. La temperatura de la superficie absorbidora se indica con el nodo 3. Los acumuladores C2 y C4 representan la inercia térmica del suelo bajo el colector y el depósito respectivamente y el acumulador C1 corresponde a la inercia térmica del agua. Las resistencias R1, R6, R2 y R7 representan las transferencias convectivas a ambos lados de las cubiertas del colector y del depósito. Las resistencias R4, R8 y R12 representan las transferencias conductivas en la aislación de poliestireno expandido. R3 y R5 son las resistencia radiativas al cielo.

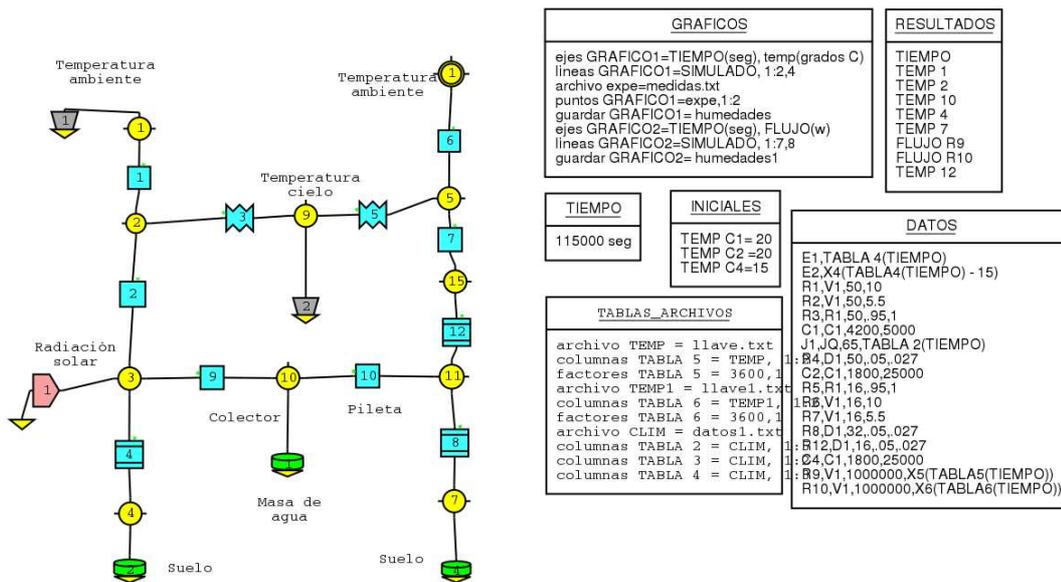


Figura 7: Circuito térmico del sistema realizado con el programa SIMUSOL

Para considerar que el agua se encuentra dentro de las bolsas durante las horas de sol y luego es depositada en la pileta hasta que vuelve a incidir la radiación solar, se incorporaron las resistencias R9 y R10 que actúan como llaves. Sus valores surgen de tablas conformadas por unos y ceros en función del tiempo y tomas valores complementarios: cuando R9 vale 1, R10 vale 0 y viceversa. De esta manera se consigue en la simulación que cuando el agua está dentro de las bolsas, la resistencia R10 es muy grande, R9 vale cero. Las pérdidas se producen entonces por la rama izquierda del circuito. Cuando el agua se transporta a la pileta, R9 es muy grande, R10 vale cero y las pérdidas ocurren por la rama derecha del circuito.

Se obtuvieron los resultados mediante la simulación del sistema durante dos días, en correspondencia con los datos experimentales con que se cuentan. Estos datos se obtuvieron durante el mes de abril. En la figura 8 se presentan las gráficas elaboradas con los resultados de la simulación. En ella se observa que después de dos días el agua alcanza un valor de temperatura superior a 50 C. Con línea de puntos se representan los valores experimentales de la temperatura del agua los cuales tienen un buen ajuste con los obtenidos con la simulación

Al cabo de dos días la masa de 50 m3 de agua, que inicialmente estaba a 20 C, alcanza una temperatura de 52 C. Considerando que la radiación solar total que incidió sobre el colector en el período del ensayo fue de 1525,5 MJ, se obtiene que el sistema tuvo una eficiencia de 43,9 %.

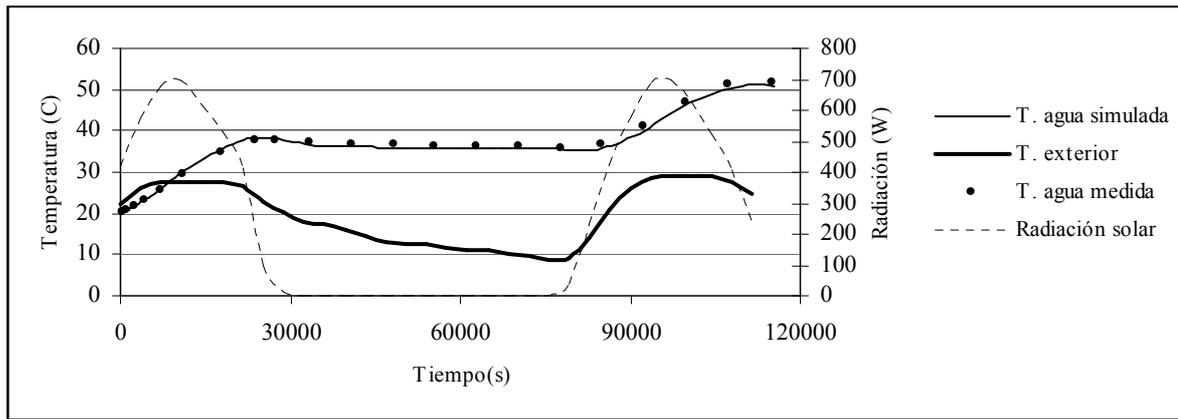


Figura 8: Evolución de la radiación y de las temperaturas medidas y simulada

CONCLUSIONES

La utilización de bolsas de PVC permitió la realización de un colector de una gran área a un costo relativamente bajo, con detalles constructivos sencillos y una eficiencia aceptable.

El modelo elaborado quedó validado con los datos experimentales y la simulación permitirá el estudio del sistema bajo distintas condiciones de trabajo.

El colector desarrollado permite el calentamiento de grandes masas de agua necesarias para la siguiente etapa del proyecto que será la generación de vapor y el ensayo de la turbina.

REFERENCIAS

- Lesino G. y Gea M., 2000. Prediseño de un Sistema Solar de Cogeneración a Baja Temperatura. Avances en Energías Renovables. Volumen 4. Energías Renovables I (ISSN 0329-5184) Volumen 4. 2000.
 Alia D y Saravia L. (2004). Programa Simusol. Simulación de Sistemas Solares. Inédito

ABSTRACT

We report the construction and testing of components of a laboratory scale low temperature cogeneration system. These are a 100 m² flat plate solar collector made of PVC bags and a 10 m³ isolated thermal deposit. The storage collector was tested and a model was elaborated for the system simulation.

Keywords: Solar storage collector, PVC bags.