

EVALUACIÓN DE UN MODELO DE COLECTOR SOLAR DE BAJO COSTO MEDIANTE EL USO DE SOFTWARE DE SIMULACIÓN

D. Barbero², G. Viegas³, C. Discoli¹, G. San Juan¹, E. Rosenfeld¹, M. Hall², C. Gentile⁴, J. Arévalo⁵, M. V. Barros⁶,
J. Ramírez Casas²

IDEHAB, Instituto de Estudios del Hábitat, UI N°2, FAU, UNLP

Calle 47 N°162. CC 478 (1900) La Plata. www.fau.unlp.edu.ar/institutos/idehab

e-mail: dantebarbero@yahoo.com.ar, gachiviegas@yahoo.com.ar, discoli@rocketmail.com. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587/90

RESUMEN Se presenta una metodología para el desarrollo y ajuste de un modelo de simulación de colector solar de bajo costo para calentamiento de agua. Para ello se cuenta con mediciones a cielo abierto de un prototipo de colector construido y con datos obtenidos a partir de simulación. El ajuste de datos con sus similares obtenidos a partir de la simulación permitirá evaluar diferentes alternativas económico-constructivas mediante análisis de sensibilidad de las variables del modelo.

Palabras clave: colector solar, bajo costo, simulación.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo forma parte del proyecto “Sistemas alternativos de bajo costo para el saneamiento ambiental y la producción energética, aplicado a sectores de escasos recursos”, financiado por la ANPCyT-PICT 2002 N° 13-12601, cuyo objetivo general es desarrollar, ensayar y transferir tecnología apropiada orientada a los aspectos energéticos y sanitarios residenciales, favoreciendo el desarrollo de oportunidades de un sector social en condiciones de pobreza y privado de servicios básicos tales como el acceso al agua caliente para usos sanitarios. Así como vincular acciones de educación y promoción de la salud. Entre los objetivos particulares del proyecto se espera: Desarrollar tecnología de bajo costo con materiales no habituales orientada al calentamiento de agua, Implementar la construcción de un banco de pruebas de colectores de agua y aire, orientado al ensayo de equipos de bajo costo y a la capacitación de instaladores y alumnos; Transferir tecnología apropiada en un ámbito social con característica de capacidad de réplica en la comunidad; Construcción de prototipos. Se ha construido un prototipo de menor escala de colector solar con PVC sobre el cual se realizaron mediciones a los efectos de analizar su comportamiento térmico temporal y comparar los resultados medidos con los obtenidos por medio de la simulación. El programa empleado para la simulación fue SIMUSOL (Saravia et. al, 2000) que corre bajo entorno Linux.

OBJETIVOS

Mediante simulación es posible determinar el rendimiento de prototipos similares pero de diferentes tamaños tan solo con la modificación de unos pocos parámetros. Algo similar ocurre en lo que se refiere a los materiales constructivos. Desde esta perspectiva se plantea como objetivo general elaborar un modelo de simulación que ajuste sus resultados a los obtenidos mediante medición de un modelo fático, el cual permita comprobar rápidamente los alcances y el funcionamiento térmico de otros prototipos predimensionados en base a la variación de tamaño o materiales constructivos. Como objetivos específicos del trabajo se plantean: a) Determinar las variables críticas que definen el comportamiento de este prototipo en base a modelos teóricos, b) Estudiar la viabilidad de la herramienta de simulación utilizada para evaluar alternativas en el diseño de colectores solares con materiales no habituales, c) Comprender a partir de un modelo simulado como funciona el colector contruido con materiales no habituales.

METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo para este trabajo puede resumirse en 3 etapas. La fase 1 “Pre-diseño o construcción del prototipo del colector y construcción del correspondiente modelo a simular” consistió en el armado de diferentes prototipos de colectores, aunque a fines prácticos para esta metodología, sólo sería necesario obtener una especificación precisa del sistema construido (materiales, dimensiones, etc.) y las mediciones correspondientes. La fase 2 “Ajuste del modelo simulado a los datos obtenidos a partir de mediciones” consiste en la creación de un modelo que represente lo mejor posible el comportamiento del colector real. Se entiende por comportamiento al conjunto de funciones que describen como varían las variables más importantes del sistema en función del tiempo. La fase 3 “Posibilidad de probar el modelo simulado bajo diferentes escalas o bajo diferentes materiales constructivos” consiste en que una vez ajustado satisfactoriamente el modelo, el mismo puede con algunos cambios menores, representar el comportamiento del sistema a diferentes tamaños. Algo similar ocurre cuando se cambian los materiales constructivos. Aunque, de modo general, suele ser mayor la cantidad de parámetros a cambiar en éste último caso. Este proceso de 3 etapas no es necesariamente lineal y una etapa puede ser visitada en más de una oportunidad (como sería el caso en que mediante simulación se observa que una mejor aislación produce un notable incremento en la eficiencia, y se decida mejorar la misma en el colector real).

1. Investigador CONICET; 2. Becario ANPCyT; 3. Becaria CONICET; 4. Docente-Investigador FAU; 5. Colaborador; 6. Becaria CIC.

Descripción del prototipo real y toma de datos

El colector a simular es un prototipo de menor tamaño de los que serán transferidos a una comunidad de escasos recursos. El motivo por el cual se analiza en menor tamaño es comparar distintas alternativas de materiales y al mismo tiempo reducir costos de construcción. El colector a simular está compuesto de una caja de 1 m. de alto por 0.5 mts. de ancho y 0.12 m. de espesor. La caja es de chapa galvanizada con un coeficiente de conductividad térmica (λ) de 110 W/m°C, aislada en la base y en los laterales con poliestireno expandido de 2.5 cm. de espesor de una densidad de 20 kg/m³ y $\lambda=0.035$ W/m°C. La cubierta es de vidrio simple ($\lambda=0.75$ W/m°C). La placa intercambiadora tienen montantes de PVC de 0.05 m. diámetro y 0.78 m. de largo y colectores compuestos por uniones T hembra/macho de 0.05 m. de diámetro también de PVC, adheridos ambos por adhesivo fundente para PVC. La densidad del PVC es de 1350 kg/m³ y el calor específico es de 1000 W/kg°C. La terminación es de pintura negra mate ordinaria con una emisividad de 0.9. El tanque de almacenamiento se compone de 2 tanques: el interior con una capacidad de 40 litros y el exterior con capacidad de 50 litros; ambos de plástico con un espesor de 0.04 m. ($\lambda=0.35$ W/m°C). La aislación que separa ambos tanques es de 2 pulgadas, siendo en los laterales de lana de vidrio ($\lambda=0.04$ W/m°C) y en la base de poliestireno expandido ($\lambda=0.035$ W/m°C). Se estimó un caudal de 0.0003 litros/segundo.

Mediciones en el prototipo

En un banco de pruebas móvil a cielo abierto se midieron los prototipos. Los adquirentes de datos se ubicaron en cuatro partes del prototipo para determinar el comportamiento del sistema: i)Entrada de agua fría al colector; ii)Salida de agua caliente de colector a tanque de acumulación; iii) Estrato superior de tanque y iv) Estrato inferior de tanque. Las mediciones se realizaron en un *sistema cerrado*, lo que significa que no se le suministra o extrae agua. La radiación se midió con solarímetro sobre el plano de inclinación que poseen los colectores y para la temperatura ambiente se ubicó un adquirentes de datos en el banco de pruebas de los mismos.

La construcción del modelo de simulación

El modelo real no posee placa intercambiadora como se observó en otros modelos simulados mediante este programa. Por consiguiente la captación de la energía la realiza directamente la masa del caño que compone la parrilla del colector lo que queda representado en el modelo con el símbolo de un acumulador (ver “masa de colección” en figura 1).

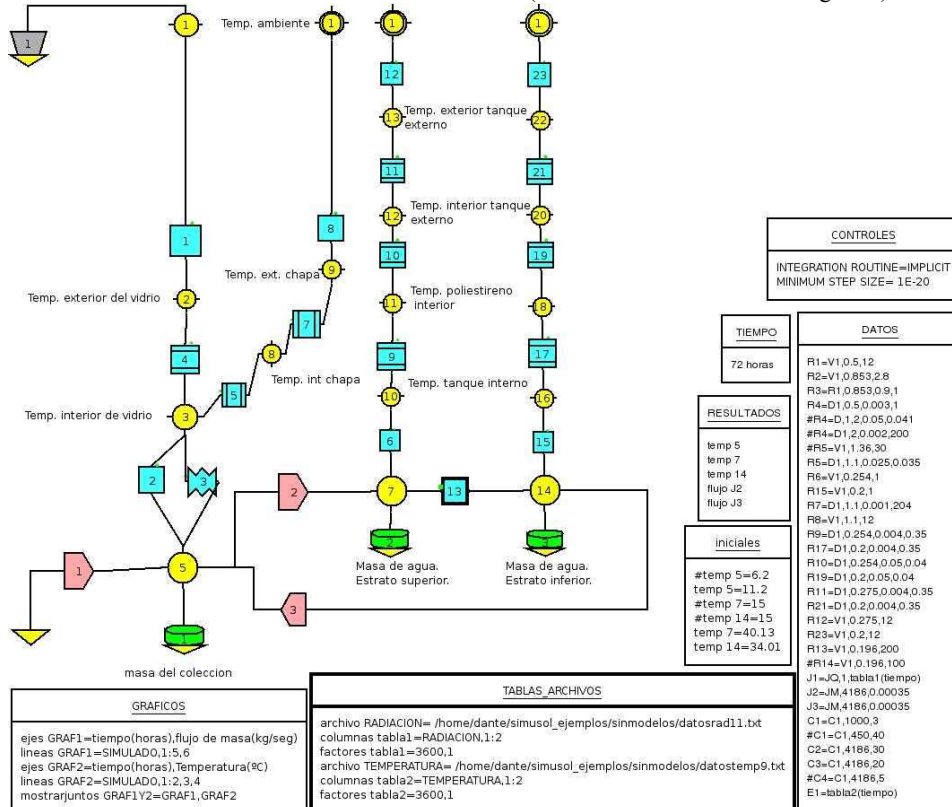


Figura 1: Diagrama del modelo simulado.

Para determinar los parámetros que intervienen en el modelo se recurrió a distintas fuentes bibliográficas (IRAM 11601: 1996 sobre aislamiento térmico de edificios) donde se observó que los mismos variaban en rangos a partir de los cuales se optó por la selección de algunos de ellos en base a experiencias previas. Para representar la estratificación en el tanque de acumulación, la masa total del fluido caloportador se divide en dos capas. Las mismas se interconectan con una resistencia convectiva a través de la cual intercambian calor. El fluido toma el calor acumulado en la masa de colección y lo transporta hacia la parte superior del tanque. Las pérdidas térmicas se consideraron para cada estrato del tanque y para la caja del colector, en forma separada. La falta de un dato medido de caudal en litros por segundo para este prototipo de colectores, requirió la estimación del mismo.

Comparación de resultados teóricos y experimentales

Se observan que los resultados obtenidos a partir del modelo simulado (figura 2a) se asemejan con lo que podría esperarse.

No obstante, se aprecian ciertas diferencias que las atribuimos a distintos motivos: a) El programa de simulación no pudo realizar la prueba tomando los datos de temperatura ambiente y radiación cada un minuto como se hizo con la medición sobre el colector real. En su lugar, y dado que la prueba se hizo para 72 horas, la frecuencia de muestreo fue de una medición cada 10 minutos a los efectos de poder realizar la simulación, b) Pueden observarse a partir de la figura 2 las diferencias obtenidas entre el modelo medido (línea azul) y el simulado (rojo) en lo que respecta a temperaturas superior e inferior del tanque durante 3 días consecutivos. Se observa la radiación para esos tres días en la figura 2b. Es evidente una mayor reacción a la incidencia de la radiación en el modelo experimental que en el real para días en que los valores de la radiación son bajos o inestables. Creemos que esto se debe a que la radiación del primer día de simulación al ser baja no le permite al sistema real (tanque + colector) producir el efecto termosifónico y levantar la temperatura en el estrato del tanque. Lo que podría estar sucediendo es que se produce un efecto termosifónico local dentro del colector el cual funciona en sí mismo como acumulador debido a sus dimensiones, c) Ante la búsqueda del ajuste del modelo simulado y el real se determinó que existen variables críticas para determinar la sensibilidad del modelo. En este caso la variación en el valor del flujo de masa que produce que el agua circule desde el tanque hacia la parrilla del colector, genera grandes cambios en las temperaturas obtenidas en el modelo simulado. Este es un parámetro con el que no se contó para esta simulación.

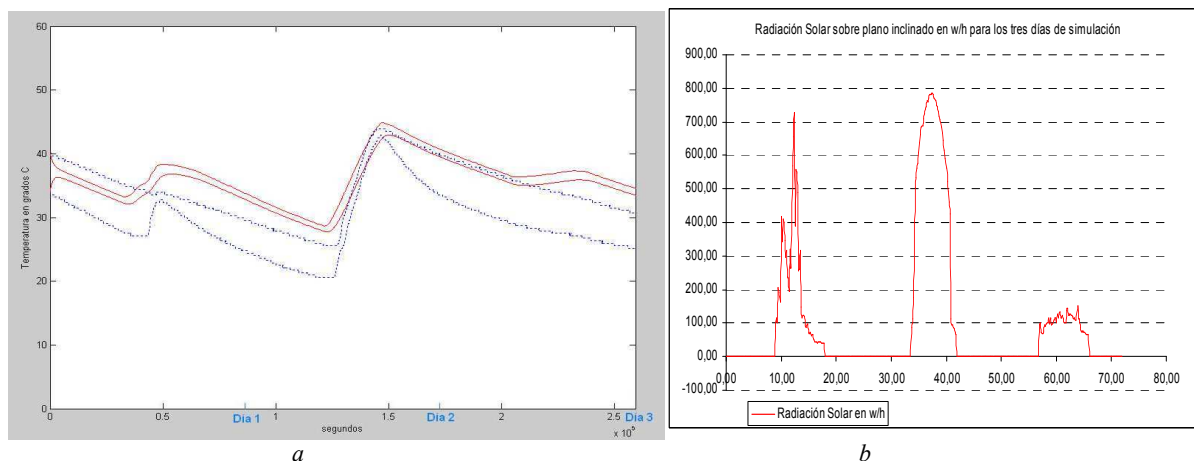


Figura 6: a) Gráfico de temperaturas de los estratos superior e inferior de tanque del prototipo medido (líneas azules) y del modelo simulado (líneas rojas). b) Radiación Solar en Watt/m^2 sobre plano inclinado para los tres días considerados.

En la actualidad no se ha llegado a la etapa 3 ya que el proyecto se encuentra en poco más de la mitad de su desarrollo. Resta también lograr un mejor ajuste para finalizar la etapa 2. Asimismo, se están evaluando el uso de materiales alternativos al PVC, puesto que el mismo no es recomendable para conducción de agua destinada al consumo humano.

CONCLUSIONES

Es posible testear como se comportaría el prototipo estudiado (rendimiento, temperatura máxima, etc.) variando los parámetros que definen las características de los materiales constructivos. Esto evita, además, la necesidad de comprar, armar y probar tan solo modificando algunos parámetros del modelo en Simusol. Otra ventaja importante es que podemos observar el comportamiento de un prototipo en estudio bajo diferentes tamaños con la modificación de unos pocos parámetros.

Falta ajuste en la simulación del efecto termosifónico, para poder lograr que los estratos del tanque presenten diferencias en la pérdida de temperatura como se observa en el caso real. Se considera necesario obtener mediciones reales del flujo másico entre tanque y colector para llegar a resultados más exactos. Por otro lado se puede decir que en el tanque del sistema real se están produciendo elevadas pérdidas por la parte inferior. En síntesis, en el marco del desarrollo de prototipos de colectores solares usando materiales no habituales, el uso de herramientas de simulación permite acelerar en gran medida el desarrollo de colectores ya que el testeado de soluciones con diferentes materiales constructivos y en diferentes tamaños es más rápido que el desarrollo y construcción del colector real.

REFERENCIAS

- Saravia, L. R. Saravia, D. Saravia, D. A. (2003). Manual de Simusol.
 Saravia, L. (2002c). Concentrador con doble reflexión para cocina solar. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 6. N°1, pág. 03.1-03.6.
 Quiroga, M. Saravia, L. Cadena, C. (2001b). Aplicación del programa Sceptre para la simulación de una cocina solar tipo caja. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 5. pág. 08.115-08.120.

ABSTRACT This paper presents a methodology for the development and adjustment of a low-cost solar collector simulation model for water heating. Measurements from a real collector prototype and with data obtained from simulation have been analyzed. The adjustment from real to obtained data from simulation model allows to evaluate different economic-constructive alternatives by means of sensibility analysis of model variables.

Keywords: solar collector, low-cost, simulation.