

## **EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN DESTILADOR COLECTOR SOLAR ACUMULADOR**

C. Esteban<sup>1</sup>, J. Franco<sup>2</sup> y A. Fasulo<sup>1</sup>

1. Universidad Nacional de San Luis. Chacabuco y Pedernera. San Luis.  
Tel: 02652-423370. e.mail: [cesteban@unsl.edu.ar](mailto:cesteban@unsl.edu.ar)
2. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 – 4400. Salta  
Tel: 0387-4255489.

**RESUMEN:** Luego de haber concluido el diseño, construcción y puesta a punto de un destilador colector solar acumulador (DCSA), se presenta en este trabajo la evaluación experimental del mismo. La misma se realizó comparando las producciones y eficiencias del DCSA con un destilador tipo batea y con un destilador tipo batea asistido con un colector plano. Los resultados obtenidos muestran que el DCSA tiene una producción de un 70% más que el tipo batea y de un 20% que el batea con colector plano.

**PALABRAS CLAVE:** destilador, solar, colector, acumulador.

### **INTRODUCCIÓN**

Una forma de aumentar el rendimiento de los destiladores solares tipo batea es asistiéndolos térmicamente. Esto, por ejemplo, puede ser llevado a cabo por la incorporación de un colector plano (Kumar *et. al.*, 2000). De acuerdo al estudio de colectores solares acumuladores desarrollados recientemente en nuestro laboratorio (Fasulo *et al.*, 1997), hemos encontrado que los mismos serían un excelente complemento para el destilador convencional. Es por esto que se diseñó y construyó un nuevo tipo de destilador solar asistido. El mismo consiste de un destilador tipo batea cuya base está constituida por un colector solar acumulador de forma cilíndrica.

En un trabajo anterior (Esteban *et al.*, 2000) mostramos detalles del diseño y construcción de este destilador al que denominamos DCSA (Destilador Colector Solar Asistido).

Para comparar el comportamiento del DCSA se construyó un destilador solar tipo batea convencional de igual superficie condensadora y similar tipo de aislamiento. Se realizó la evaluación sistemática y comparativa de ambos sistemas, tomando en cuenta las variables físicas ambientales. Una parte del experimento fue realizado comparando al DCSA con el destilador convencional asistido por un colector plano.

### **RECOLECCIÓN DE DATOS**

Podemos agrupar las experiencias de campo realizadas en 4 partes.

Primera Parte: Se contrastó el funcionamiento del DCSA con el batea. Se realizaron medidas a las 8:30, 13:00 y 20:30 hs de producción de destilado, temperatura del agua de la batea y temperatura de la cubierta de ambos destiladores; también se midieron la temperatura y humedad ambiente. Esta experiencia se realizó durante octubre de 2000.

Segunda Parte: Al batea se le acopló un colector plano de 2m<sup>2</sup> de superficie colectora y se lo contrastó con el DCSA. Se registraron los valores de las mismas variables y a las mismas horas que en la primera parte. Esta experiencia se realizó entre los meses de noviembre y diciembre de 2000.

Tercera parte: Se realizaron medidas semanales de producción del DCSA y el de batea. Los ensayos realizados se extendieron desde enero de 2000 hasta marzo de 2002, con una interrupción en el invierno de 2001 para hacer limpieza de las bateas de los destiladores y del tanque acumulador del DCSA en cuyo fondo se había depositado una gran cantidad de sal.

Cuarta Parte: Durante un día se realizaron medidas de producción de destilado y temperatura de la batea cada dos horas desde las 7:00 hasta las 24:00 hs del DCSA junto con el de batea más colector.

Las medidas de temperatura dentro de los destiladores se realizaron con termocuplas tipo T. La temperatura ambiente se midió con termómetro de mercurio. La producción de destilado de la primera y segunda parte se realizaron con vasos de precipitado con una capacidad de 1 litros y con una precisión de 10 ml. La producción semanal se midió con bidones de 50 l graduados cada 5 litros y con vaso de precipitado de 5 litros y con una precisión de 100 ml.

En el laboratorio se dispone de registros de radiación solar sobre superficie horizontal y radiación directa. La radiación solar global horizontal se midió con piranómetro de precisión Eppley. Con un pirheliómetro Eppley montado en un seguidor solar medimos la radiación normal directa.

La carga de agua de las bateas de los destiladores se realizaba a la mañana, inmediatamente después de la primera recolección de destilado del día. Las bateas se llenaban hasta un nivel preestablecido de 3 cm.

## ANÁLISIS DE DATOS

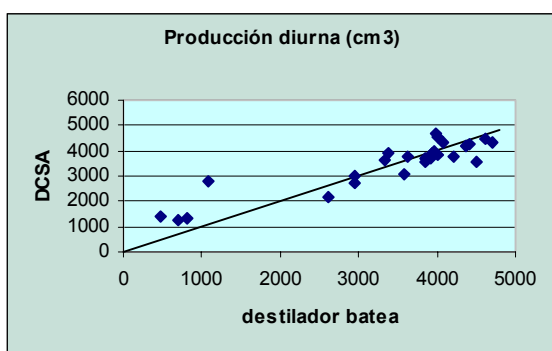
### Análisis diario

Primero comparamos la producción del destilador DCSA con la del destilador tipo batea. Disponemos para este análisis de una muestra compuesta por 25 puntos los cuales han sido tomados midiendo la producción diaria y nocturna de ambos destiladores. La producción diaria corresponde al horario de 8 a 20:30 horas, mientras que la nocturna corresponde al horario de 20:30 a 8 horas. Las mediciones corresponden al mes de octubre de 2000

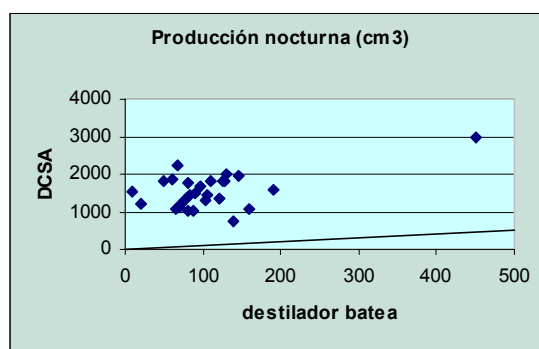
En las Figuras 1 a , b y c podemos comparar las producciones diurnas, nocturnas y diarias respectivamente. Allí también se encuentran graficadas las rectas que corresponden a igual producción de los destiladores. Puntos ubicados por encima de esta recta corresponden a mayor producción del DCSA con respecto al de batea y viceversa para los puntos ubicados por debajo.

En el caso de producción diaria, Figura 1.a, observamos tanto puntos por encima como por debajo de la recta de igual producción. En producción nocturna, Figura 1.b, todos los puntos caen por encima de la recta. La mayor producción del DCSA está justificada por su mayor inercia térmica, lo que hace que mantenga la temperatura del agua de la batea superior a la de la superficie condensadora durante mayor tiempo que en el destilador común

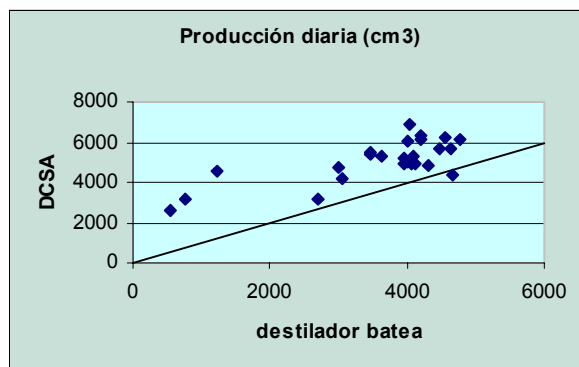
Finalmente podemos comparar la producción diaria a través de la observación de la Figura 1.c. Vemos que todos los puntos, salvo uno, están por encima de la recta. En promedio hay un 69% más de producción en el DCSA.



(a)



(b)



(c)

Figura 1. Comparación entre las producciones del DCSA y el destilador batea a)diurna , b) nocturna y c) diaria

Con respecto al batea + colector: se dispone de 44 puntos de medición, los cuales fueron tomados en los meses de noviembre y diciembre de 2000

En producción diurna el batea + colector destiló un 10% más que el DCSA, pero debido a que la producción nocturna del DCSA supera ampliamente al batea + colector (en un 746%) ) la producción diaria resulta en un 20 % más en el DCSA. En la figura 2 podemos comparar las producciones diaria de ambos destiladores.

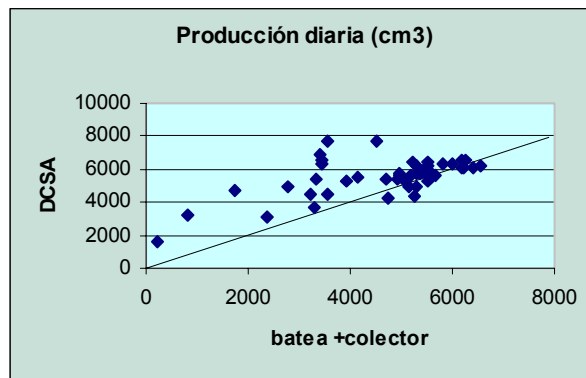


Figura 2. Comparación entre las producciones diarias del DCSA y el batea más colector

*Análisis semanal*

Se realizaron medidas de producción semanal del DCSA y del destilador batea. Se realizaron medidas desde octubre de 2000 hasta febrero de 2002, con una interrupción en los meses de mayo y junio de 2001 para limpieza y acondicionamiento de los destiladores. En total se obtuvo una muestra de 50 puntos, donde cada punto corresponde a la producción de 7 días.

En la figura 3 contrastamos las producciones de ambos destiladores. Se observa que semanalmente el DCSA tiene mayor producción que el batea, como era de esperar por lo ya visto en el análisis diario.

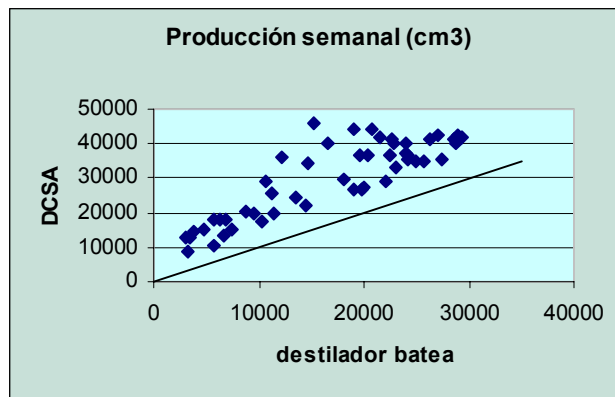


Figura 3. Comparación de las producciones semanales del DCSA y el destilador batea.

En la figura 4 se puede ver la evolución temporal de las producciones semanales de los destiladores. En la misma se observa que los máximos de producción ocurren entre los meses de diciembre y enero, mientras que los mínimos entre mayo y julio.

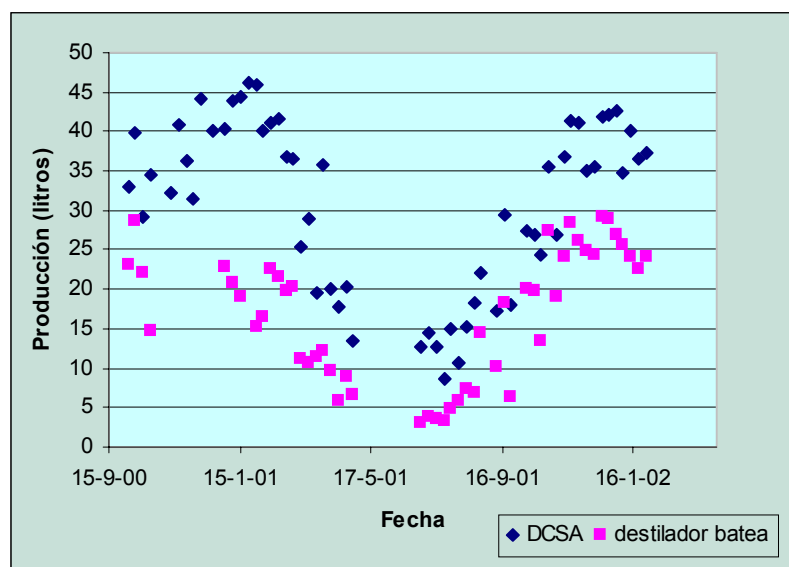


Figura 4. Producciones semanales de los destiladores DCSA y batea desde octubre de 2000 a marzo de 2002.

El máximo y el mínimo de producción para el DCSA fueron de 46.3 y 8.6 litros respectivamente. Mientras que para el batea fueron de 29.3 y 3.0 litros respectivamente.

Para el DCSA el promedio de producción semanal entre los meses de octubre y marzo fue de 36.5 litros, lo que corresponde a un promedio de 5.2 litros diarios. Entre los meses de abril y septiembre el promedio de producción semanal fue de 17.7 litros, lo que corresponde a un promedio diario de 2.5 litros.

En el caso del destilador tipo batea encontramos un promedio de producción semanal entre los meses de octubre y marzo de 21.5 litros, y entre los meses de abril y septiembre de 7.7 litros, lo que corresponderían a promedios diarios de 3.1 y 1.1 litros respectivamente.

A lo largo de todo el período de medición encontramos que el DCSA produce un 77 % más de destilado que el batea

#### Análisis horario

Se realizaron medidas cada dos horas durante las horas con radiación solar para comparar como variaba la producción de agua destilada en el DCSA con respecto al batea + colector. Estas mediciones se encuentran representadas en la Figura 5. Podemos observar en la misma que desde el mediodía hasta aproximadamente las 21 hs el DCSA destila menos cantidad de agua que el batea más colector, mientras que en el resto del día su producción supera al batea + colector. Esto es consistente con la variación de temperatura en las bateas de ambos destiladores: el batea+ colector tiene mayor temperatura que el DCSA entre el mediodía y las 21 hs. como se puede observar en la figura 6.

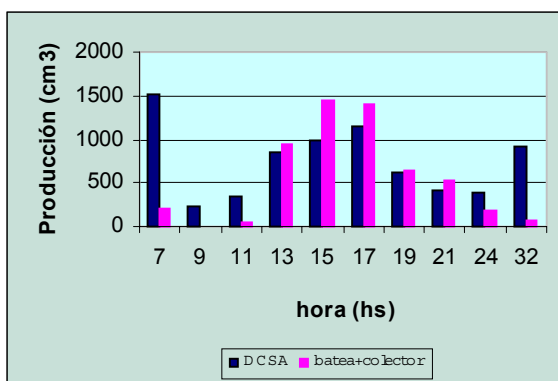


Figura 5. Producción cada dos horas del DCSA y del batea más colector

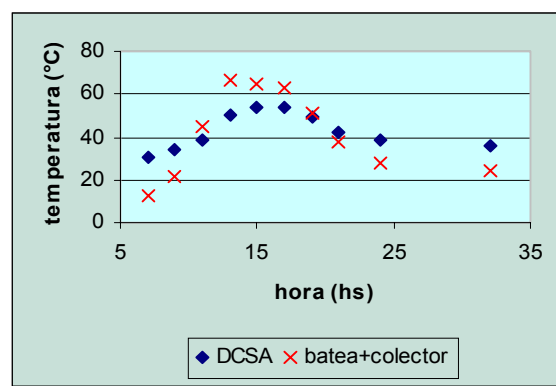


Figura 6. Temperatura de las bateas del DCSA y del batea más colector.

#### Eficiencia

La eficiencia de los destiladores se define como (Howe, 1974):

$$\eta = \Delta h w / H$$

donde

$\Delta h$  es el cambio de entalpía desde agua fría a vapor (2.5 MJ/ kg)

$w$  es el peso de destilado por metro cuadrado (de superficie de agua de la batea) por unidad de tiempo (kg/m<sup>2</sup>)

$H$  es la intensidad de la radiación solar por metro cuadrado (de superficie de captación de radiación) por unidad de tiempo (MJ/m<sup>2</sup>)

En el caso de los destiladores ensayados la superficie de captación de radiación es distinta en cada uno de ellos. En el caso del destilador batea es igual a la superficie de agua de la batea, y en el DCSA, se agrega el área del cilindro colector.

De acuerdo con esto tenemos que las eficiencias porcentuales para los destiladores ensayados son:

*destilador común* ( $\eta_c$ ): el área de la superficie de agua de la batea es igual a la superficie de colección de radiación y es igual a 1m<sup>2</sup>. Por lo tanto

$$\eta_c = \frac{2.5 * w}{H} * 100$$

donde  $H$  es la radiación total sobre superficie horizontal.

*DCSA* ( $\eta_D$ ): el área de la superficie de agua es igual a 1 m<sup>2</sup>, mientras que la superficie de colección de radiación es la de la superficie de la batea más la superficie del tanque inferior.

A la batea llega la radiación total sobre superficie horizontal; a la mitad del cilindro enfrenteado con el sol llega la radiación total sobre superficie vertical ( con una superficie de 0.96 m<sup>2</sup>) y a la mitad del cilindro que queda a la sombra le llega radiación difusa (con una superficie de 1.5 m<sup>2</sup>). Luego

$$\eta_D = \frac{2.5 * w}{H_h + H_v * 0.96 + H_D 1.5} * 100$$

donde  $H_h$  es la radiación sobre superficie horizontal,  $H_v$  es la radiación sobre superficie vertical,  $H_D$  es la radiación difusa.

Se utilizaron para los cálculos los datos de producción recolectados semanalmente, por lo que se tomó como unidad de tiempo una semana. La radiación sobre los destiladores se calculó a partir de datos horarios (Duffie y Beckman, 1991).

De acuerdo con esto los promedios para las eficiencias fueron de 28% para el batea común y de 25% para el DCSA. Si unificamos y consideramos como área la de la superficie de la batea para ambos destiladores entonces obtenemos para el DCSA una eficiencia de 51 %.

### CONCLUSIONES

De la comparación del nuevo destilador asistido con energía solar, DCSA, con un destilador tipo batea convencional y con un batea convencional asistido con un colector plano se obtuvo que:

1. la producción del DCSA en horario diurno es mayor o igual a la del batea y ligeramente inferior a la del batea asistido con el colector plano. Esto último es consistente con la mayor temperatura alcanzada por la batea del batea más colector que en la del DCSA.
2. la producción del DCSA en horario nocturno siempre es superior a la de los otros dos.
3. la producción diaria del DCSA siempre supera a la de los otros dos. En alrededor de un 70% al batea, y en alrededor de un 20% al de batea más colector plano.
4. El promedio de producción semanal para el DCSA es de 17.7 litros entre los meses de abril a septiembre, y de 21.5 litros entre los meses de octubre a marzo.
5. La eficiencia del DCSA es ligeramente inferior al de batea debido a la mayor superficie de captación de energía. Si consideramos para el cálculo el área de la superficie de agua de la batea para ambos destiladores entonces la eficiencia del DCSA es casi el doble de la del destilador tipo batea.

La frecuencia de limpieza en el DCSA es inferior a la del batea ya que las sales se acumulan en la base del tacho y no en la batea. El DCSA tiene una cubierta de fácil desmontado para limpieza y se piensa en mejorar el diseño para próximos trabajos.

### BIBLIOGRAFÍA

- Duffie, J. and Beckman, W. (1991). Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley. New York
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. (2000). Destilador solar asistido con colector solar acumulador, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 1, 3.39.
- Fasulo A., Perelló D. y Follari, J. (1997). Un colector solar acumulador, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 1, 93-96.
- Kumar, S., Tiwari, G. and Singh, H. (2000) Annual performance of an active solar distillation system. Desalination, Vol 127, 79-88.

**ABSTRACT:** We present the results of the experimental evaluation of a distiller accumulator solar collector (DASC). The evaluation was carried out comparing the productions and efficiencies of the (DASC) with a distiller type it bats assisted with a plane solar collector. The obtained results show that the (DASC) he has 70% of more production if it compares it to him with the distiller type it bats, and 20% of more production if it compares it to him with the one distilled assisted with the plane solar collector.

**KEY WORDS:** still, solar, storage, collector