

## **DESTILADOR SOLAR DE BATEA ASISTIDO CON CONCENTRADOR DE FRESNEL. RESULTADOS PRELIMINARES**

**Esteves A., Quiroga N., Buenanueva F., Orduna D.**

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA-CONICET)  
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT)  
Av. Ruiz Leal s/n – Pque. Gral. San Martín – Mendoza – Argentina  
Tel.: 54 261 4288797 int. 109 – Fax: 54 261 4287370  
e-mail: [aesteves@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:aesteves@mendoza-conicet.gov.ar)

**Resumen:** Se presenta un destilador solar de batea, asistido con un concentrador solar de fresnel que reorienta los rayos ingresando la radiación solar por una ventana practicada en el fondo del destilador. Se presenta la construcción del sistema, la producción comparada con un destilador de batea simple y las temperaturas del agua de cada uno de los destiladores. Se presentan los resultados de la producción diaria y horaria, mostrando que cuando el concentrador de Fresnel produce un aumento de la producción horaria del orden del 30 al 50%.

**Palabras clave:** destilación solar, destilación solar asistida, concentradores solares

### **INTRODUCCIÓN**

El destilador solar de batea, es un sistema muy efectivo para depurar aguas contaminadas. Según Hanson et al, (2004), tiene un 99% de efectividad para eliminar la salinidad, dureza total, nitratos y fluoruros. Un valor similar para eliminar contaminantes inorgánicos como el arsénico, molibdeno y selenio. La contaminación bacteriológica resulta eliminada con un 99.9% de eficiencia si uno toma cuidado en el tratamiento posterior, evitando la re-contaminación del agua destilada. En la eliminación de los pesticidas, será dependiente del grado de volatilidad del contaminante.

Fasulo, et al, (2006), compara la producción de dos tipos de destiladores de batea, los construidos con base de hormigón y los construidos con materiales livianos, concluyendo que estos tienen mayor producción que aquellos de hasta una 40% en verano.

De Paul, et al, (2001), investiga el efecto de trabajar distintas pendientes en el vidrio del destilador y distintas temperaturas de agua, tratando de observar el coeficiente convectivo interior para relacionarlo con la productividad. Concluye que es necesario una investigación en régimen transitorio para evaluarlas. Posteriormente en De Paul, et al, (2004), estudia los coeficientes convectivos, tomando en cuenta el régimen no estacionario, y los resultados sugieren que estamos en presencia de un fenómeno de tipo caótico, que se manifiesta en oscilaciones en el calentamiento del agua y la producción de destilado, y valores anormalmente grandes del coeficiente de transferencia térmica, cuando el calentamiento es no estacionario.

Según Franco et al, (2002) indica que independientemente de la complejidad de los procesos involucrados, la producción del destilador depende fundamentalmente de la temperatura del agua en la batea, por lo cual, en las horas de mayor insolación el destilador bajo debe producir más, debido a que el agua tiene una temperatura mayor

Varios han sido los trabajos tendientes a aumentar la producción de agua del destilador con miras fundamentalmente a atender dos situaciones:

- 1- Disminuir la superficie del colector, dado principalmente que los destiladores solares de batea, tradicionalmente utilizados, poseen alta superficie vidriada y con ello posibilidades de producción de roturas, limpieza frecuente, etc.
- 2- Disminuir la relación costo-beneficio del sistema. El destilador solar de batea es un sistema muy sencillo, simple y económico. Sin embargo, cuando debe atender a demandas importantes, la superficie necesaria resulta muy extensa y el costo de mantenimiento de niveles, limpieza de cubiertas, algas, etc., crece con la superficie de cubierta.

Por lo tanto, se han realizado acciones para aumentar el rendimiento del sistema de batea. Esteban et al. (2002), ensayó sistemas de batea y lo comparó un sistema de batea asistido con un colector solar acumulador y otro sistema asistido con colectores planos. Sus conclusiones coinciden con las conclusiones indicadas por Rahim (2003), respecto de que contar con una zona de almacenamiento de energía utilizando bateas con mayor acumulación, tiene poco efecto en la disminución de las temperaturas en la zona de evaporación en el día y así la productividad diaria, mientras que incrementa sensiblemente la producción nocturna del sistema y consecuentemente la eficiencia debido a que el proceso no se corta durante la noche.

Esteban et al. (2002), indica también que la producción de un sistema de destilador de batea, asistido con un colector solar acumulador alcanza los 17.7 l/m<sup>2</sup> semanales entre los meses de abril a setiembre y de 21.5 l/m<sup>2</sup> entre octubre a marzo en una localidad como Salta. Indicando que la producción de este tipo de destilador, casi duplica a la producción del destilador de batea. En este sentido, se vuelve interesante trabajar con destiladores asistidos.

En este trabajo se presenta un destilador solar de tipo batea asistido con un concentrador de Fresnel. Se presenta la descripción del sistema y la productividad diaria y semanal obtenida durante los meses de invierno de 2009 y medida con respecto a un sistema de destilación solar de batea sin asistencia.

### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de batea está construido a dos aguas, con inclinación de 6° respecto de la horizontal. Consiste en una campana de vidrioado empleado tiene el siguiente esquema:

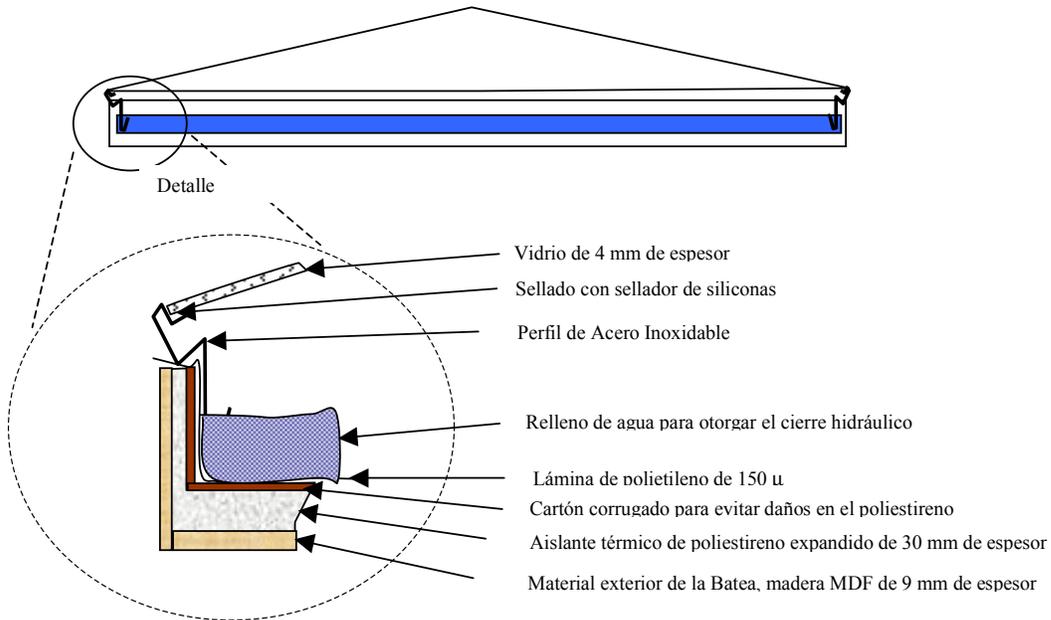


Figura 1: destilador de batea y detalle de los materiales utilizados

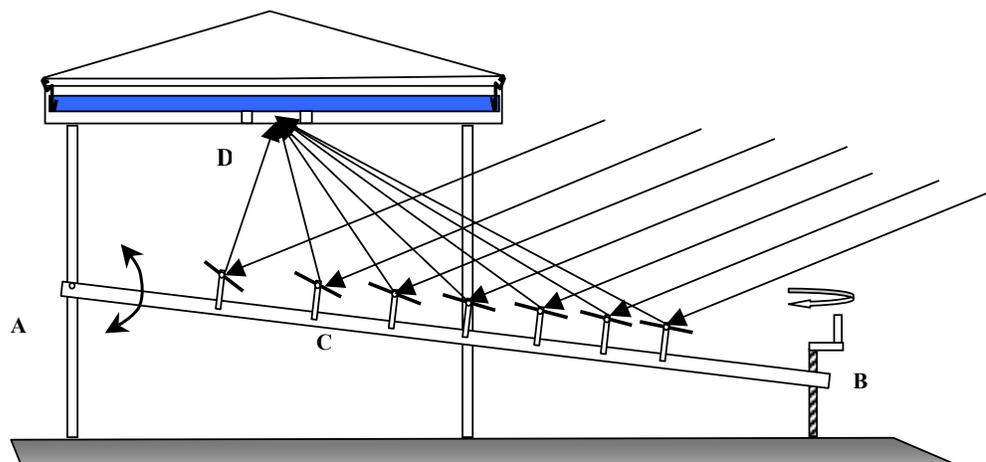


Figura 2: esquema indicativo del funcionamiento del sistema asistido con concentrador de fresnel



Figura 3: sistema completo batea y concentrador de fresnel.



Figura 4: ventana inferior

El sistema con el concentrador de fresnel incorporado, permite la ganancia solar adicional que ingresa por debajo del sistema, a través de una ventana efectuada a tal efecto. Esto calienta una placa de aluminio que transmite el calor directamente al agua que se encuentra en contacto con ella en la otra superficie.

El sistema funciona de la siguiente manera: se baja totalmente el soporte de espejos girando el tornillo B, de modo que quede en el tope inferior del mismo tornillo B. Se ajustan los espejos individualmente de modo que el reflejo del rayo incida de lleno sobre la ventana D y se ajusta con los tornillos que cada espejo tiene en los extremos. Una vez que todos se han ajustado, se espera el momento del mediodía solar y, colocando el soporte C, directamente orientado paralelo a la dirección N-S. El sistema permanece orientado suficientemente, sólo requiere un cambio de inclinación.

Para eso gira desde la unión A, que a través de ella permite que gire cambiando de inclinación desde la horizontal accionando el tornillo B.

Detalle de la ventana inferior:

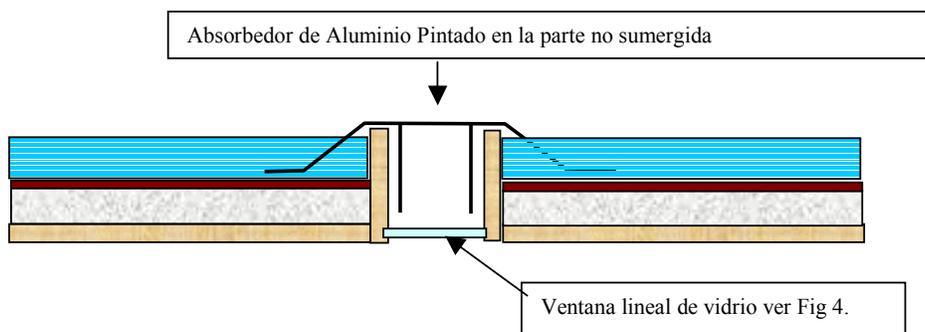


Figura 5: muestra el detalle de la ventana y el absorbedor de la radiación proveniente de los espejos.

## RESULTADOS PRELIMINARES

Se armaron dos destiladores, uno de batea convencional, con ganancia superior, de 1 m<sup>2</sup>; el otro con ganancia superior y ganancia por el concentrador de fresnel inferior.

Se evaluó la producción mediante pesadas del recipiente receptor del destilado para los dos casos. Las pesadas se realizaron con una balanza electrónica marca balanzas electrónicas marca Kretz. Se midieron la temperatura del aire y la humedad relativa con un data logger HOBO con termocupla tipo T, la radiación solar sobre plano horizontal con un solarímetro marca Kipp y Zonen combinado con un data logger HOBO.

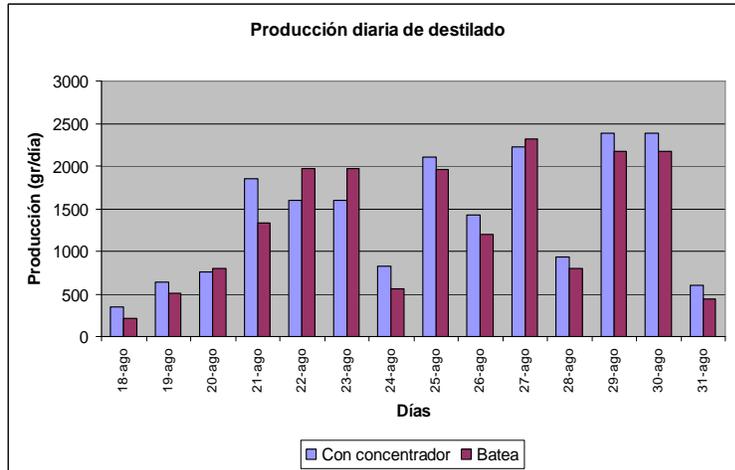


Figura 6: producción diaria de los dos destiladores

La producción diaria resulta muy pareja. Esta se puede observar en la Figura 4, Se puede observar que la producción es dependiente de la radiación solar incidente, lo mismo indica Rahim (2003). Además las producciones están de acuerdo con los valores indicados en la bibliografía (Esteban et al, 2002; Marchesi et al, 2007)

Tal como están armados los prototipos, se observa que el efecto del concentrador de fresnel impacta sobre el sistema durante un corto tiempo, desde las 12 hr, hasta las 15 hr (desde las 10:30 hr hasta las 13:30 hr solar). Por eso se midió también la producción horaria durante esas horas para conocer la diferencia del comportamiento del sistema. Un sistema de destilador puede trabajarse en un conjunto lineal donde los espejos lineales tengan una dimensión interesante. Por ejemplo Saravia et al, 2008 muestra un sistema para producción de energía eléctrica utilizando un concentrador de Fresnel y adopta dimensiones de 6 m de largo x 0,50 m de ancho. Esto produce menor efecto de borde.

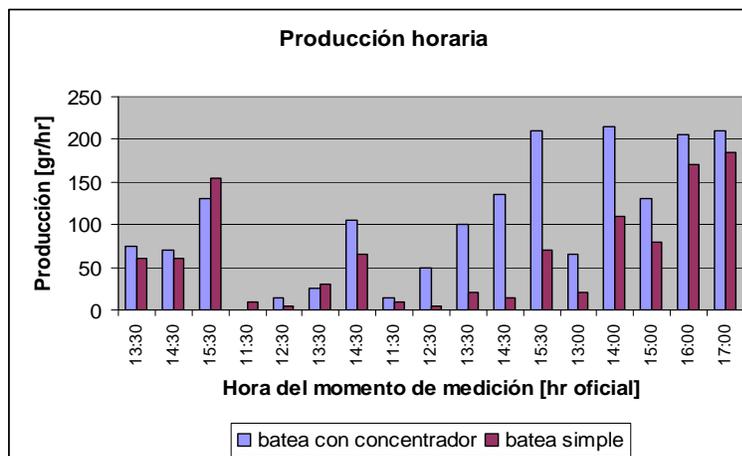


Figura 7: producción horaria con los dos destiladores ensayados

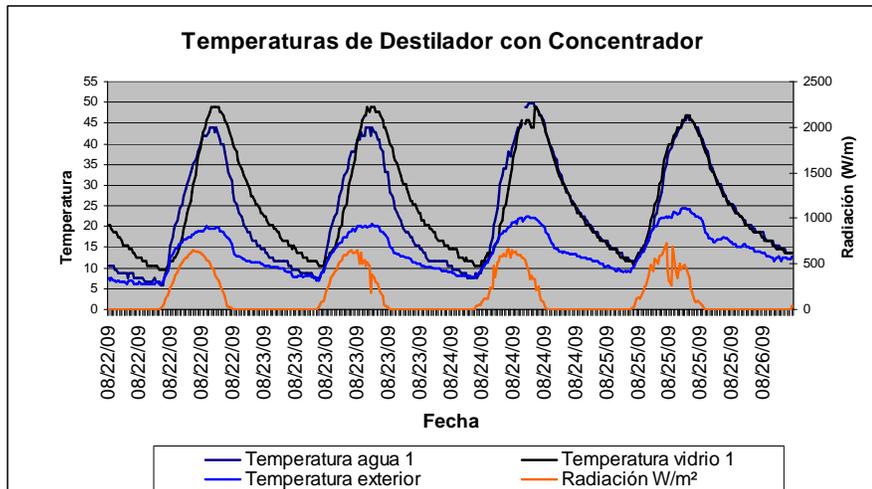


Figura 8: temperaturas del vidrio y agua del destilador con concentrador, temperatura exterior y radiación solar

La Fig. 8 muestra las temperaturas registradas durante el trabajo del destilador con concentrador. Se indican las temperaturas del agua y del vidrio. Además se agregan la temperatura exterior y la radiación solar. Como se puede observar la temperatura del agua y del vidrio crecen rápidamente en la mañana, disminuyendo lentamente durante la tarde, dado por la inercia propia del destilador (40 litros).

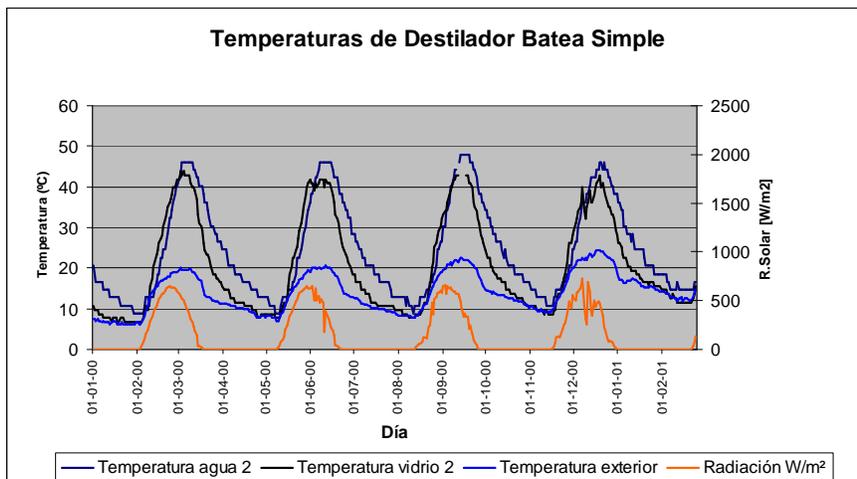
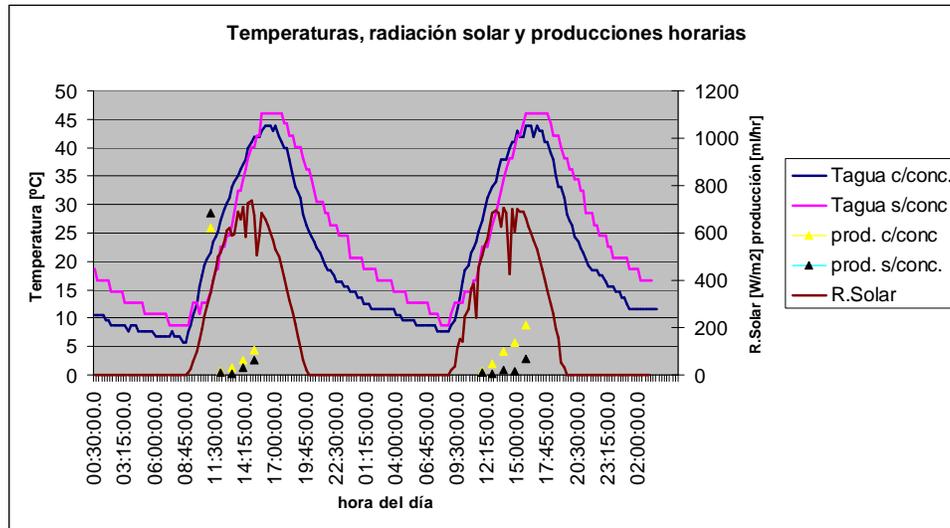


Figura 9: temperaturas del vidrio y agua del destilador de batea, temperatura exterior y radiación solar

La Fig. 9 muestra las temperaturas del agua y el vidrio para el destilador de batea simple. Se agrega la temperatura del aire y la radiación solar. Como se puede apreciar, también la temperatura tiene un camino similar al destilador con el concentrador de fresnel.

La Fig. 10 muestra los valores de temperatura para dos días y para ambos destiladores y se puede apreciar la diferencia ocasionada por el concentrador. Durante las horas de sol, cuando el efecto del concentrador se hace sentir, se puede observar que la temperatura crece más rápidamente en el destilador con concentrador generando una diferencia que se nota en la producción horaria que se indica en la misma Fig. 10 y también en la Fig. 9.



## CONCLUSIONES

Tomando en cuenta la diferente producción durante las horas de sol, y teniendo en cuenta que el prototipo construido es muy limitado en longitud lo que ocasiona un efecto limitado del concentrador (el destilador no se mueve), se justifica estudiar la construcción de un sistema constructivo de mayor longitud (digamos 6 m), con campanas de 2 m, que permitan un efecto mayor, especialmente desde las 9 a las 15 hr solar que es cuando la energía solar es más intensa (85% del total en los meses de invierno).

Es de destacar que si utilizamos un colector solar para asistir al destilador de batea logramos mayores producciones a costa de un costo también mayor, muchas veces con dificultad de poder pagarlo por parte de las personas de las comunidades rurales aisladas. Este trabajo indica la posibilidad de avanzar hacia un estudio más profundo.

## REFERENCIAS

- De Paul et al. (2001) Comparación del comportamiento térmico y producción de destiladores con distinta pendiente en las cubiertas en estado estacionario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 5, Secc. 3 pp.01.,06. Salta.
- De Paul I., Quintana J. M. 2004. Peculiaridades del funcionamiento no estacionario de un destilador solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, Nº 1. Secc 3, pp. 01-06. Impreso en la Argentina.
- Esteban C., Franco J., Fasulo A. 2002. Evaluación experimental de un destilador colector solar acumulador. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 6, Nº 1, pp. 06.81-06.85.
- Fasulo A., Esteban C., Odicino L. Follari J. 2006. Pequeña planta experimental de destilación solar. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 10, Secc. 03, pp. 61-68. Impreso en la Argentina.
- Franco J., De Paul I., Esteban S. Producción y comportamiento térmico en destiladores de batea con distintas pendientes en la cubierta. primeros resultados. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 4. Nota técnica. Salta.
- Hanson A., Zachritz W., Stevens K., Mimbela L., Polka R., Cisneros L. 2004. Distillate water quality of a single-basin solar still: laboratory and field studies. *Solar Energy* 76, 635–645.
- Marchesi J., Ducculi E., Adaro J., Fasulo A. 2007. Sistematización de las mediciones de producción y temperaturas de destiladores solares en la U.N.R.C. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, pp. 123-130. Salta.
- Rahim N.H.A. 2003. New method to store heat energy in horizontal solar desalination still. *Renewable Energy* 28 (2003) 419–433.

## Abstract

It is presented a basin solar distillator powered by fresnel concentrator that oriented solar radiation to incide in the low part of basin through windows built in the bottom of distillator. It is presented construction details, the water production in comparison with simple basin distillator and water temperature for two distillatory. Diary and hourly distillate production it is presented too, indicating a difference of 30 to 50% higher in production of solar destilator with fresnel concentrator in central hours of day.

**Keywords:** solar distillation, solar assisted distillation, fresnel concentrator.