

# NUEVO DISEÑO DE DESTILADOR SOLAR EN CONTRACORRIENTE

L.R.Saravia, J. Franco y S. Esteban

INENCO

Universidad Nacional de Salta

Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina

Fax : 54-87-255489, E-mail: saravia@ciunsa.edu.ar

## RESUMEN

Se describe un nuevo diseño de un destilador solar en contracorriente, se detallan los aspectos constructivos del mismo y se describen los primeros resultados obtenidos. El destilador en contracorriente ha sido discutido en trabajos anteriores (Saravia y Franco, 1993). Aquí se ha adoptado una nueva geometría con las superficies de intercambio verticales y separadas en una distancia de 4 cm. El agua salada se desliza por la placa caliente, siendo distribuida por una tela adherida a la superficie y se evapora condensando en la superficie más fría. La nueva geometría aumenta el coeficiente de transferencia térmica entre las placas mejorando la productividad del sistema, y permite una circulación más ordenada del agua en el intercambiador.

## INTRODUCCION.

El principio de funcionamiento de un destilador solar en contracorriente se esquematiza en la Fig. 1. Consta de un intercambiador formado por dos ramas en las que circula el agua en contracorriente, así como un calentador y un disipador que permiten mantener una diferencia de temperatura entre las ramas. En una de las ramas se produce la evaporación de agua por distintos procedimientos de acuerdo a cada diseño y en la otra se condensa el agua destilada a producir. La cantidad de calor transmitida entre las ramas, relacionada con la producción de agua destilada, es multiplicada por un factor respecto a la cantidad de calor entregada en el calentador, lo que permite mejorar el coeficiente de performance del sistema. Este coeficiente se define como la relación entre la cantidad de agua destilada producida y la cantidad de calor entregada en el calentador. La relación entre las cantidades de calor depende de las temperaturas en la entrada y salida de las dos placas, las que se indican en la Fig. 1. Eligiendo adecuadamente las superficies de intercambio y de disipación se pueden obtener valores del coeficiente de performance mayores que 1, logrando un aprovechamiento del calor entregado bastante mejor del que se obtiene con el destilador solar clásico de batea.



Fig. 1.- Esquema del principio de funcionamiento de un destilador en contracorriente

Baumgartner et al. (1991) desarrollaron un destilador de este tipo, esquematizado en la Fig. 2.a, en el cual el agua que circula es el agua salada y la placa caliente está formada por telas verticales en las que el agua se embebe y va cayendo por gravedad produciéndose la evaporación directa. Al usarse un circuito abierto no hay necesidad de instalar un disipador. La placa fría es un intercambiador de tubos de plástico. Roman et al. (1993) han propuesto una variante de este diseño. Joyce et al. han publicado una variante esquematizada en la Fig. 2.b, en la cual el agua salada se atomiza en vez de deslizarse por telas. Saravia y Franco (1993) han desarrollado un destilador en contracorriente con circulación cerrada de agua no salada que se esquematiza en la Fig. 2.c. La placa caliente es plana y está colocada horizontalmente en una batea de poca profundidad donde se coloca el agua salada. La placa fría también es plana y se coloca verticalmente sobre la batea.

La experiencia adquirida con el destilador de placas planas ha llevado a diseñar un nuevo modelo que es el objeto de este trabajo y se detalla en la Fig. 3. Tiene simetría cilíndrica y usa una rama central caliente y dos ramas frías a ambos lados de la anterior, las que se alimentan en paralelo. Las superficies son cilíndricas y están formadas por una cañería de polietileno de ½ " de diámetro y paredes delgadas envuelta en espiral. El caño de la rama caliente está forrado con una tela de algodón que permite distribuir el agua salada que gotea desde un distribuidor colocado en la parte superior. Tres canaletas circulares recogen el agua destilada y el concentrado salino sobrante.

El agua no salada circula en el sistema. Su temperatura se incrementa en el calentador e ingresa a la rama central donde calienta el agua salada que gotea y se distribuye en las telas para tener un buen contacto térmico con la cañería que

transporta el agua caliente. El agua enfriada pasa por el disipador donde sufre otro descenso de temperatura y entra por debajo en la rama fría constituida por dos espirales en paralelo que rodean la superficie caliente. El aire saturado de vapor de agua en la placa caliente convecta y entra en contacto con las ramas frías, donde condensa el agua y desliza por gravedad para ser recogida por las canaletas. El agua que sale de la parte superior de las ramas frías es impulsada por una bomba y cierra el circuito volviendo al calentador.

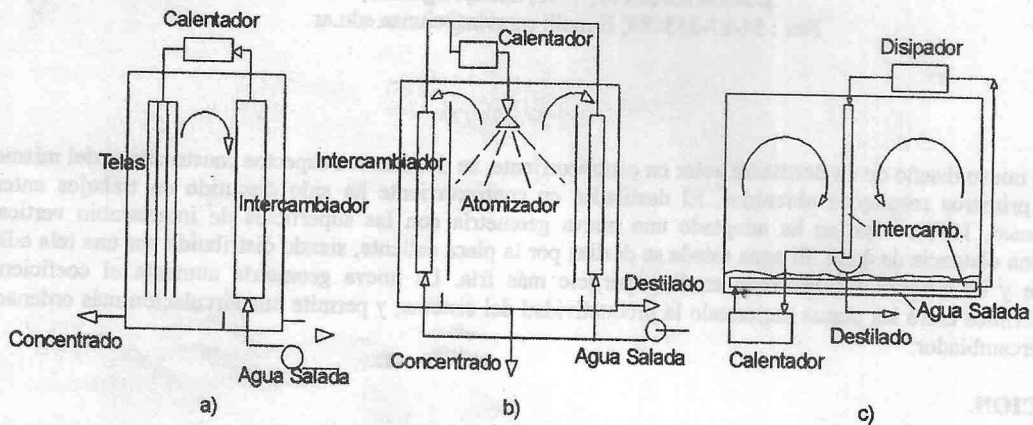


Fig. 2.- Muestra esquemas de tres tipos de diseño de destiladores en contracorriente desarrollados por distintos autores. Los modelos a) y b) corresponden a circuitos de agua abiertos mientras que el c) usa un circuito cerrado.

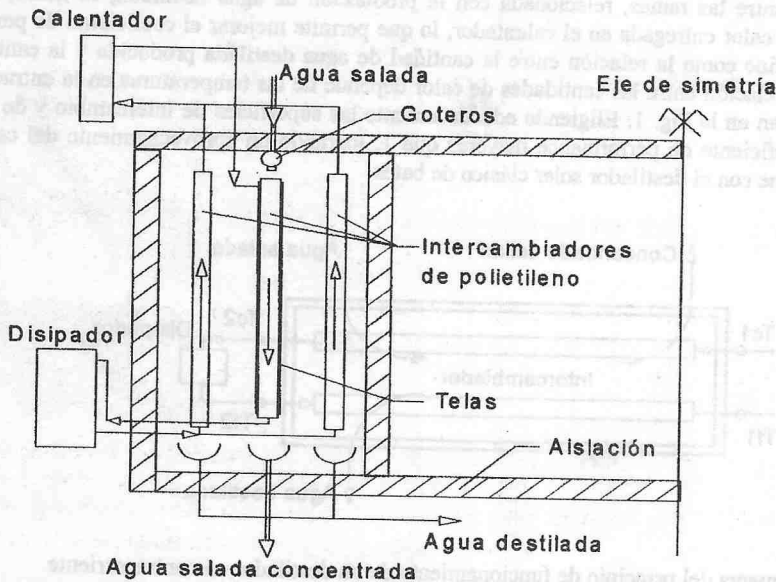


Fig. 3.- Muestra un corte esquemático del destilador, que tiene simetría cilíndrica. El dibujo no conserva las escalas con el fin de mostrar en detalle los intercambiadores.

Este modelo presenta las siguientes ventajas :

- 1) el agua que recircula no tiene sal, por lo que no causa problemas en el colector solar (el calentador), la bomba o la cañería. Cabe indicar que en los modelos que circulan agua salada deben tomarse precauciones en el colector, por lo que de cualquier manera sería necesario instalar un intercambiador u otro sistema equivalente fuera del destilador.
- 2) Las superficies caliente y fría están muy cercanas, por lo que se puede mejorar el coeficiente de transferencia térmica aumentando la performance del sistema.
- 3) Se puede lograr un buen empaquetamiento del equipo debido a la poca distancia entre las mismas. Ello redundará en menores pérdidas hacia el exterior y ahorro de material.
- 4) En cada rama se usa un solo camino para el flujo de agua, la cañería en espiral, en contraste con el caso de la placa plana donde se usaban varios canales en paralelo para el agua. Esto evita las irregularidades en la distribución del agua sobre la superficie del intercambiador y el estancamiento de burbujas de agua.

En las secciones que siguen se describe el prototipo de destilador que se ha construido, el banco de pruebas en el que se ensaya y los primeros resultados obtenidos.

## **DESCRIPCION DEL PROTOTIPO**

El destilador se ha instalado en un tanque cilíndrico de fibrocemento de 500 litros. Las tres canaletas fueron construidas con caños de PVC partidos por la mitad a lo largo y doblados en forma circular por calentamiento. Una unión T une los extremos y permite la salida del agua recogida. Las mismas se apoyan en piezas de chapa de acero inoxidable que se han doblado cuidadosamente para evitar que el agua pase de una canaleta a otra. Las tres ramas se instalan en sucesión colocando separadores de madera y varillas metálicas recubiertas de plástico que se fijan a las piezas de acero inoxidable con el fin de mantener las distancias entre las mismas y su posición respecto a las canaletas. Entre el tanque y la primera rama, así como por dentro de la tercer rama, se colocó aislación de poliestireno expandido en capas finas para permitir su adaptación a la forma cilíndrica.

La cañería de la rama central va envuelta en tela de algodón, para lo cual se utilizaron bandas de vendas que se fueron arrollando alrededor de la cañería y pegando con cemento únicamente en sus extremos.

El flujo de agua salada se controla mediante el uso de goteros similares a los que se instalan para riego por gotero. El modelo adoptado se clava en la cañería, por lo que primero se dobla dándole el diámetro necesario y luego se colocan los goteros.

El diámetro de la rama central es de 80 cm y su altura de 90 cm. El área de intercambio es de 4 m<sup>2</sup> teniendo en cuenta la superficie total de la cañería. Para aprovecharla se ha colocado una rama fría a cada lado de la rama central caliente. Las ramas frías están a 5 cm de la central. Cada una tiene una llave separada que permite balancear la circulación de agua entre las dos ramas.

## **EL BANCO DE PRUEBAS**

El prototipo se ha instalado en un local cuya temperatura es controlada y se fija para cada experiencia a un valor igual a la media de la temperatura dentro del prototipo, minimizando las pérdidas de calor al exterior.

Para la circulación de agua se usa la bomba de un baño termostático. La temperatura de control del mismo se selecciona al valor que interesa para la temperatura de entrada del agua fría. El disipador es una manguera de varios metros de largo que se coloca fuera del local. El agua que sale de la rama central caliente pasa por el mismo y luego se vierte en el baño con una temperatura que deberá ser menor a la del baño para permitir la acción de control por parte del mismo.

Se usa un calentador eléctrico que reemplaza al colector solar. Consta de dos caños cilíndricos entre los cuales corre el agua. Por dentro del caño central se coloca la resistencia adecuadamente aislada. Un variac alimenta a la resistencia y permite controlar el flujo de calor entregado al agua. Las pérdidas del calentador son mínimas ya que el agua rodea completamente a la resistencia eléctrica.

Las temperaturas se miden con un equipo de adquisición de datos que consta de una computadora personal con una tarjeta de adquisición con 16 entradas análogas. Se registran las cuatro temperaturas de entrada y salida a las ramas del destilador. El flujo de agua y la salida de agua destilada se obtienen en forma manual con cronómetro. Se registra la temperatura externa al prototipo y la del agua salada a la entrada, así como algunas temperaturas a lo largo de la rama caliente.

Las condiciones de funcionamiento del prototipo se pueden seleccionar eligiendo tres parámetros: la potencia entregada en el calentador, el flujo de agua y la temperatura de entrada del agua en la rama fría.

## **RESULTADOS EXPERIMENTALES**

Se han realizado las primeras experiencias con el fin de poner a punto el sistema

El flujo de agua de recirculación está provisto por la bomba del termóstato. Se colocó un retorno a la salida de la bomba, que se puede controlar con una llave para adecuar el flujo que llega al equipo. El agua pasa por los dos serpentines fríos en paralelo. Se han colocado una llave en cada uno con el fin de equilibrar el flujo en cada uno. Las experiencias realizadas muestran que el agua condensada en cada serpentín depende críticamente de los flujos en cada uno, por lo que es necesario regularlos con cuidado. Las primeras experiencias se llevaron a cabo con un flujo de 0.005 kg/s, o sea 18 kg/hora. La temperatura del agua en el termóstato fue fijada en 42.7 C, siendo esta la temperatura del agua de entrada a las superficies de intercambio frías. La potencia entregada en el calentador se reguló mediante el variac hasta que se obtuvo una temperatura de entrada al serpentín central, donde se evapora el agua, de 88 C. En estas condiciones la temperatura de salida del agua del serpentín caliente fue de 46.6 C y la de salida del agua del serpentín frío fue de 65.7 C. En estas condiciones la producción de agua destilada llegó a 0.0006 kg/s o sea 2.16 kg/hora.



Las temperaturas en las entradas y salidas no están aún bien equilibradas, ya que del lado caliente se tiene un salto de temperatura de 42 C mientras que del lado frío solo llega a 23 C.

El funcionamiento general del sistema es adecuado. La circulación de agua por los serpentines es buena y no han aparecido estancamientos producidos por burbujas que alteran el flujo. El punto que ha dado lugar a mayores problemas es la alimentación de agua salada que gotea sobre el algodón que rodea el serpentín central, para lo cual se está usando por el momento agua de la red potable. La misma muestra fluctuaciones que conspiran contra el funcionamiento estable y la obtención de medidas confiables. Los goteros utilizados no han resultado ser de buena calidad y existen variaciones de presión en la línea que obligan a colocar un tanque regulador intermedio.

Una vez que se corrijan estos problemas se procederá a realizar medidas sistemáticas.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los Sres. R. Caso y C. Fernández del taller del Depto. de Física de la UNSa, por la colaboración prestada en la construcción del equipo y su puesta en funcionamiento.

### REFERENCIAS

Baumgartner, T., Jung, D., Kossinger, F., y Sizmann, R., Multieffect low temperature process for solar desalination. Proceedings of the Seminar of New Technologies for the Use of Renewable Energy Sources in Water Desalination, Athens, 1991.

Román, R., Corvalán, R., Ponce, D. y Doria, J., Sistemas multiefecto de una etapa para purificación de aguas salobres. Actas del 7mo. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Energía Solar(ALES), La Plata, Argentina, pp. 554, 1993.

Joyce, A., Loureiro, D. y Collares Pereira, M., Dessalinizacão de agua do mar. Actas del 7mo. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Energía Solar(ALES), La Plata, Argentina, pp. 571, 1993.

Saravia, L. R. y Franco, J., Nuevo diseño de destilador atmosférico de tipo multievaporativo, Actas del 7mo. Congreso de la Asociación Latinoamericana de Energía Solar(ALES), La Plata, Argentina, pp. 601, 1993.