

COMPORTAMIENTO TERMICO EN DESTILADORES

SOLARES CON CONVECCION ORDENADA

Jorge Luis Guerrero
Consultora Helioenergética
Poste Restante, 1663-San Miguel

Resumen

Se muestran las isotermas internas de un destilador de flujo convectivo cerrado, diseñado para ser usado en viviendas y construido en base a resinas poliéster reforzadas con fibra de vidrio.

Se dan curvas de productividad y se lo compara con resultados de experiencias anteriores del mismo tipo. Se indican las mejoras obtenidas y los inconvenientes a resolver en el diseño.

Abstract

Internal isotherms and yield of a closed convective flux solar still designed to be used in family dwellings and built on the basis of fiber glass reinforced polyester are shown and compared with similar past experiences.

Obtained improvements and shortcomings to be overcome in this design are pointed.

Introducción

El estudio de los procesos de transferencia de masa y de calor dentro de los equipos destiladores solares se ha visto estancado con los resultados obtenidos a fines de la década del 60, luego se ha observado una sistemática repetición en la que se eliminan tanto el análisis en sí de los procesos de transferencia internos como las conclusiones principales que se deducen de los trabajos anteriores.

En algunos trabajos se han puntualizado estas conclusiones y en algunos casos se las usó además como premisas de diseño (1; 2) y se pueden resumir en lo siguiente; Por cuanto un proceso de destilación consiste en evaporar y luego condensar una sustancia, es en sí un proceso de transferencia de una masa y de su calor latente de evaporación y condensación. Toda otra transferencia de calor o movimiento de masa que se realice empleando la energía que se recibe en el sistema, disminuye el rendimiento del mismo.

Lo antedicho no ha sido tomado en cuenta en algunos diseños de equipos destiladores solares (incluso de muy reciente data) en los que para poderse transferir el calor de evaporación-condensación es necesario un salto de temperaturas considerable entre las partes involucradas, o bien , tienen superficies en con-

tacto con el exterior que no son condensadoras de destilado; otros, incluso calientan el agua a evaporar en forma indirecta usando colectores solares generadores de calor sensible, y así de seguido.

Todos estos diseños adolecen de la falta de un análisis racional de los fenómenos internos y su incidencia en el sistema en sí. Los altos saltos de temperatura producen pérdidas de calor sensible; los movimientos caóticos convectivos "gastan energía"; siendo el rendimiento de un sistema el producto del rendimiento de sus partes, con un calentamiento indirecto se reduce el rendimiento global; una superficie no condensante en contacto con el medio exterior es un elemento de intercambio de calor sensible de pérdidas, etc.

En esta presentación se vuelcan los resultados de una experiencia de rutina de un equipo en el que se tomaron en cuenta los parámetros antedichos para su diseño. Se trata de un destilador solar de agua con flujo convectivo de su mezcla aire-vapor en forma cerrada y ordenada, que fue diseñado para una firma industrial con el objeto de ser producido para su uso en viviendas.

Se comparan sus características (extraídas de este análisis técnico elemental) con las obtenidas de una experiencia similar con un modelo experimental, años atrás (3).

Descripción del equipo experimentado.

La vista general del equipo y su corte se muestra en la figura 1. En los espacios comprendidos entre el evaporador y la parte condensante fluye la mezcla de aire y vapor de agua. Las partes curvas del condensador offician de deflectores de la convección. De esta manera, la mezcla asciende por la parte expuesta al Sol, pasa por deflexión a la cámara sombreada para retornar a la primera deflectada ahora por la parte inferior del equipo. Este proceso aprovecha la inercia de la masa de aire para mantener la convección que es ordenada y no caótica, debiendo la energía solar colectada suplir sólo la energía de frenado usada por los deflectores o la pérdida de masa del vapor de agua condensado. Ambas cantidades de energía son pequeñas respecto del calor latente de evaporación del agua.

Isotermas internas.

El conocimiento de la configuración del campo de temperaturas dentro de un sistema donde se produce una transferencia de calor es de suma importancia, ya que la diferencia de temperaturas es el potencial que moviliza al calor para su transmisión. No es el objeto desarrollar este punto en particular, que puede ser consultado en muchos tratados de transferencia de calor y masa (4;5), pero sí marcar algunas características que nos incumben ligadas al sistema que encontramos en la mezcla aire-vapor del presente destilador.

Entre dos placas paralelas a diferentes temperaturas, que encie-

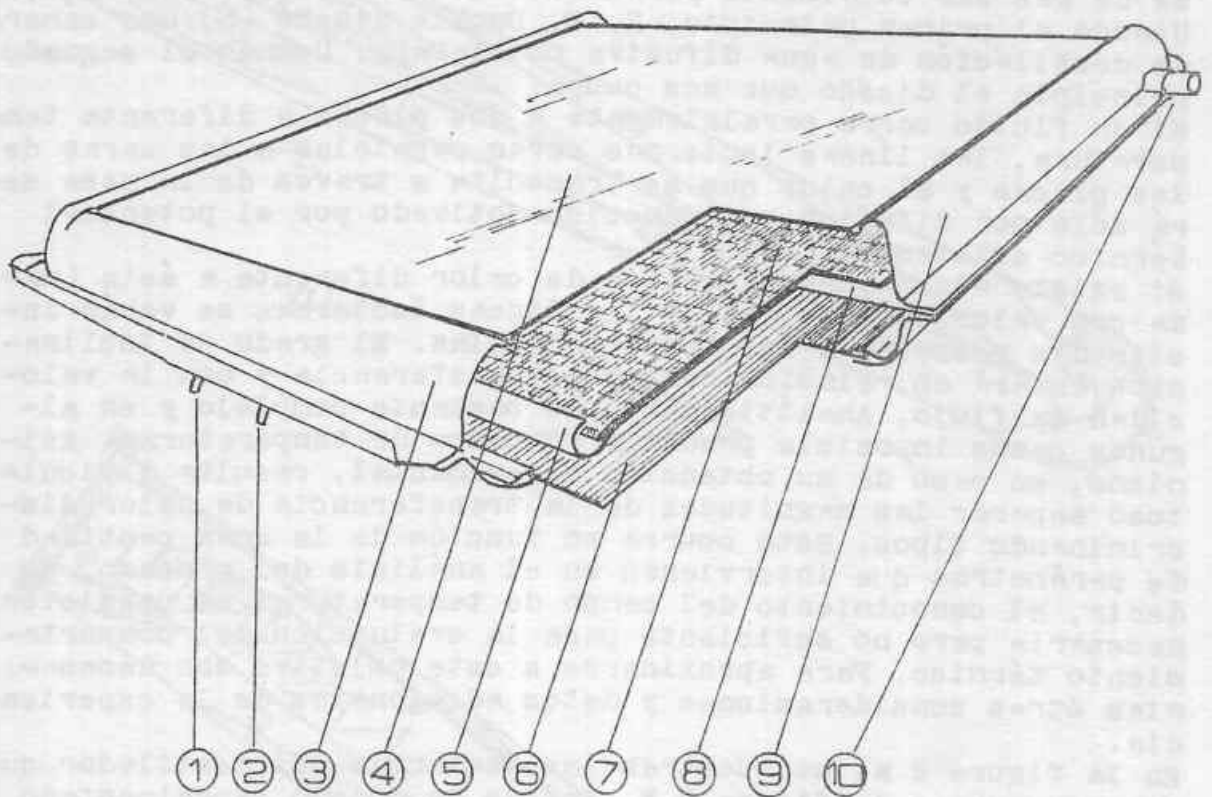


FIGURA 1

Vista y corte del destilador.

1. Descarga de la canaleta de colección del agua de lluvia.
2. Descarga del canal de recolección del agua destilada.
3. Condensador deflector de la convección.(poliester)
4. Condensador expuesto al Sol (vidrio).
5. Canal de descarga del concentrado salino (poliester).
6. Condensador sombreado (aluminio corrugado).
7. Evaporador de tela (fibra de vidrio pintada).
8. Soporte del evaporador (poliester).
9. Carcaza (poliester).
10. Canal de distribución de agua salada. Entrada. (poliester).

rren una masa de gas, las únicas posibilidades de que no haya transferencia de calor por convección son dos; 1) Que la masa de gas esté totalmente quieta y 2) Que el movimiento de la masa de gas sea totalmente paralelo a las placas, (5, pág. 171). Usando el primer principio, R. V. Dunkle diseñó (6) una cámara de destilación de agua difusiva multietapa. Usando el segundo principio el diseño que nos ocupa.

Si un fluido corre paralelamente a dos placas a diferente temperatura, las líneas isotermas serán paralelas a las caras de las placas y el calor que se transmita a través de la masa será solo por difusión y conducción motivado por el potencial térmico existente.

Si existe alguna transferencia de calor diferente a ésta (masa con calor latente, etc.) las líneas isotermas se verán inclinadas respecto a las caras paralelas. El grado de inclinación estará en relación con esta transferencia y con la velocidad de flujo. Analíticamente es bastante complejo y en algunos casos imposible predecir el campo de temperaturas. Asimismo, en caso de su obtención experimental, resulta dificultoso separar las magnitudes de la transferencia de calor discriminando tipos. Esto ocurre en función de la gran cantidad de parámetros que intervienen en el análisis del proceso. Es decir, el conocimiento del campo de temperaturas es condición necesaria pero no suficiente para la evaluación del comportamiento térmico. Para aproximarse a este objetivo son necesarias otras consideraciones y datos adicionales de la experiencia.

En la figura 2 a, se muestran las isotermas del destilador que nos ocupa y en la figura 2 b, las de un modelo experimentado años atrás (3) bajo condiciones de funcionamiento casi idénticas. En ambos la velocidad media del flujo es del orden de los 0,3 m/seg.

La diferencia en la configuración de las isotermas y el valor de las temperaturas media y extremas, están motivadas fundamentalmente por el distinto freno que ofrecen los deflectores del flujo en cada caso. Es más por su mayor pendiente, el de la figura 2 b está en condiciones gravitatorias más favorables para que exista una mejor circulación del flujo y a pesar de ello, debido al mencionado freno, necesita de saltos de temperatura mayores.

Productividad.

En el gráfico de la figura 3 se ve la productividad del equipo en relación a la radiación que sobre él incide. Debido a cuestiones inevitables del lugar donde se realizó la experiencia, durante los primeros momentos después del amanecer y los últimos antes del ocaso, el Sol no incidió sobre el equipo, siendo las curvas reales de radiación incidente y productividad las N°1 y N°2 respectivamente. Las curvas N°3 y N°4 son extrapolaciones de lo que incidiría y produciría de haber sido iluminado todo el día.

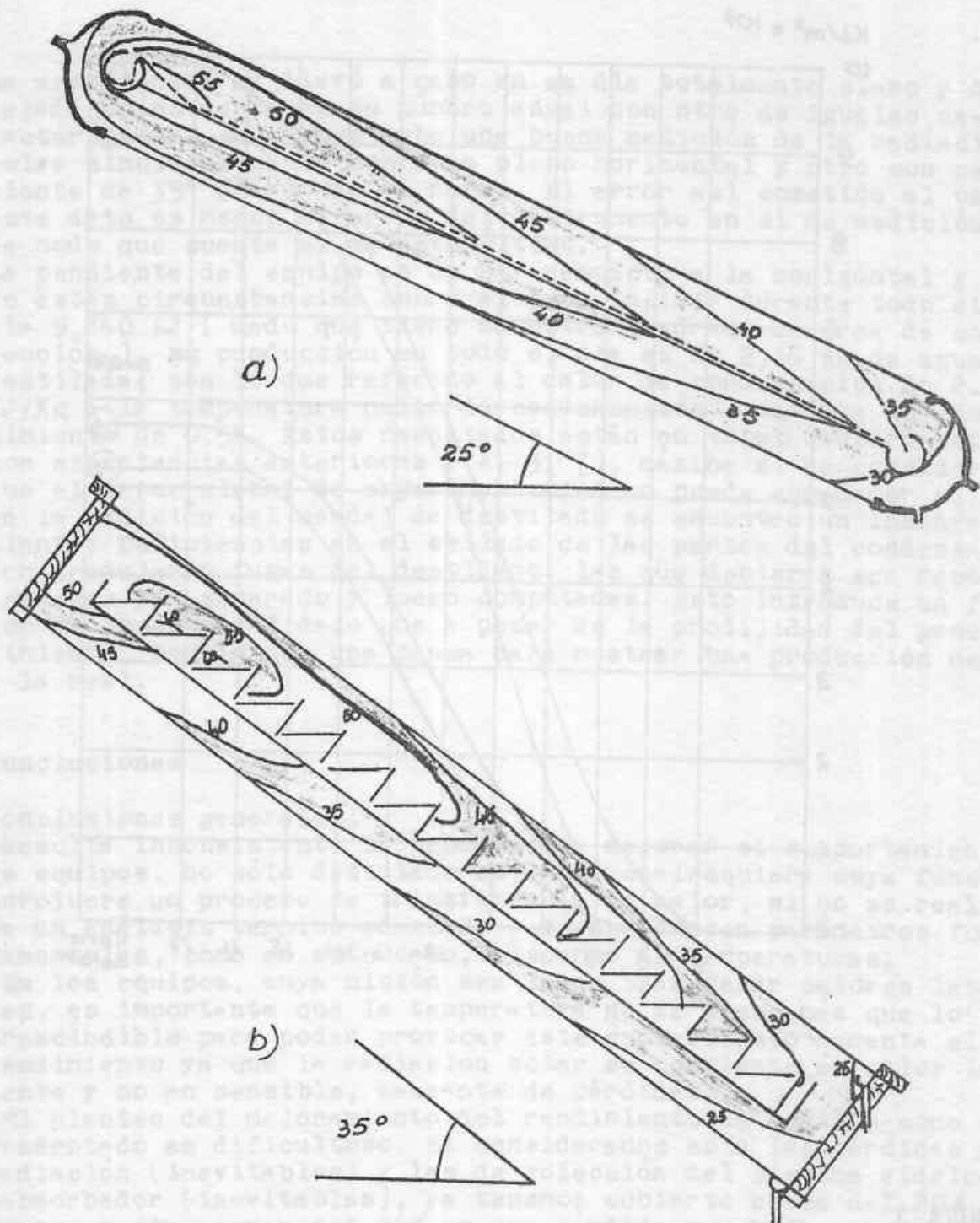


FIGURA 2

Isotermas internas de destiladores solares con convección ordenada
 a) Diseño actual en base a poliéster reforzado con fibra de vidrio
 b) Modelo experimental (primer equipo en su tipo).
 Los valores de las isotermas están en °C.

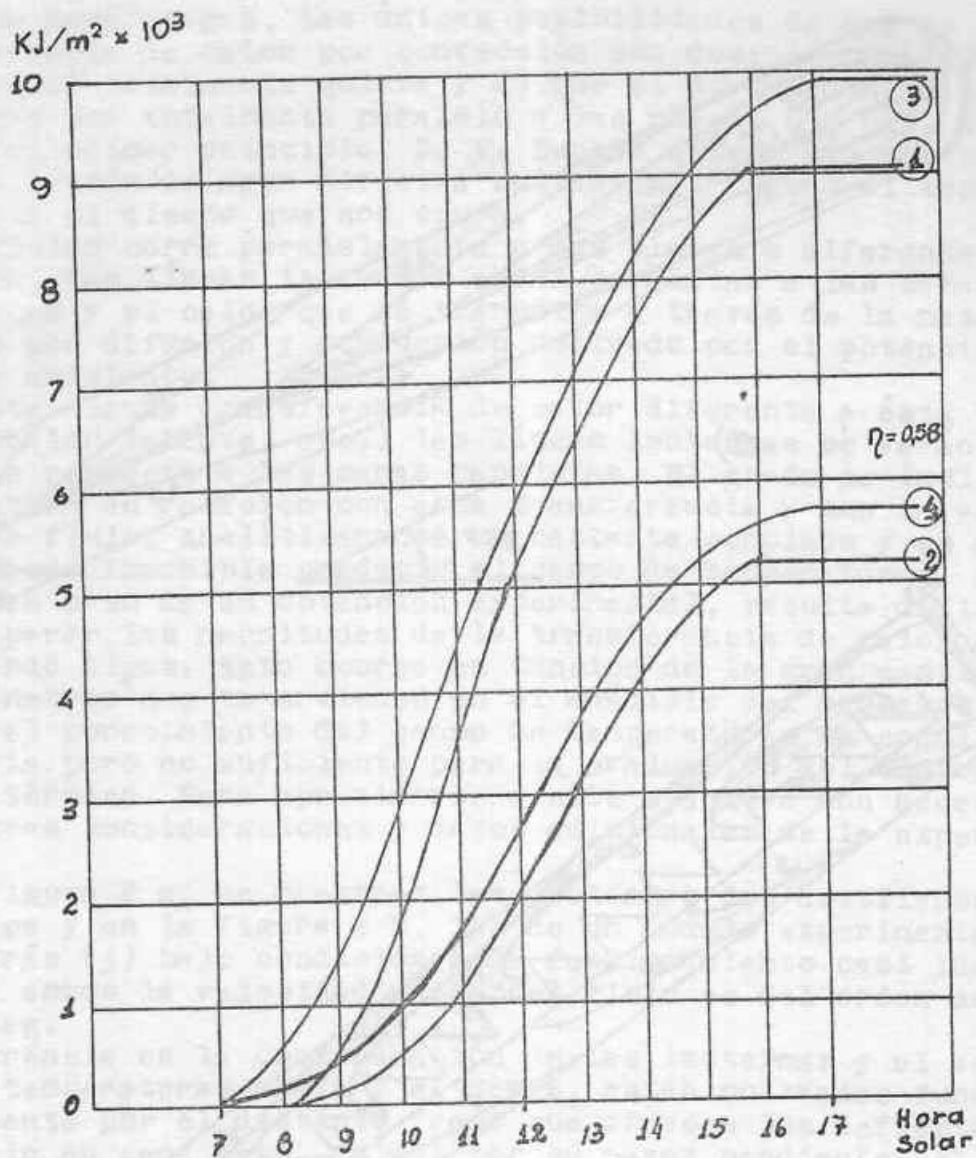


FIGURA 3

Radiación solar incidente sobre el equipo y calor de condensación del destilado producidos acumulativos.

1. Radiación incidente realmente sobre el equipo.
2. Producción real del equipo.
3. Extrapolación de la radiación que debería haber incidido.
4. Extrapolación de la producción potencial en ese día.

La experiencia se llevó a cabo en un día totalmente claro y despejado coincidente en su número anual con otro de iguales características en el que hubo una buena medición de la radiación solar simultáneamente sobre un plano horizontal y otro con pendiente de 35° orientado al norte. El error así cometido al usar este dato es menor al error del instrumento en sí de medición, de modo que cuenta el de este último.

La pendiente del equipo es de 25° respecto a la horizontal y bajo estas circunstancias sobre él debe incidir durante todo el día $9,840 \text{ KJ}$ (dado que tiene un metro cuadrado de área de colección), su producción en todo el día es de $2,36 \text{ Kg}$ de agua destilada, con lo que referido al calor de condensación de 2.400 KJ/Kg a la temperatura media de condensación, resulta un rendimiento de $0,58$. Estos resultados están en total concordancia con experiencias anteriores (1; 3; 7), máxime si se considera que el error global de experimentación no puede ser menor al 4% . En la medición del caudal de destilado se encontró un inconveniente: Deficiencias en el sellado de las partes del condensador produjeron fugas del destilado, las que debieron ser recordadas por separado y luego computadas. Esto introduce un factor de inseguridad dado que a pesar de la prolijidad del procedimiento, podría ser una causa para mostrar una producción menor a la real.

Conclusiones

Conclusiones generales:

- Resulta inconsistente la tendencia a mejorar el comportamiento de equipos, no sólo destiladores, sino cualesquiera cuya función involucre un proceso de transferencia de calor, si no se realiza un análisis térmico adecuado y se desconocen parámetros fundamentales, como en este caso, el campo de temperaturas.
- En los equipos, cuya misión sea la de transferir calores latentes, es importante que la temperatura no se eleve más que lo imprescindible para poder provocar este proceso. Esto aumenta el rendimiento ya que la radiación solar se convierte en calor latente y no en sensible, causante de pérdidas.
- El planteo del mejoramiento del rendimiento de equipos como el presentado es dificultoso. Si consideramos solo las pérdidas por radiación (inevitables) y las de colección del sistema vidrio-absorbedor (inevitables), ya tenemos cubierto cerca del 20% y lo que resta, cerca del 20% , es una pérdida muy baja para poder ser disminuida. Está distribuida en rendimientos termodinámicos del transporte y movimientos de masa y en otras formas de transferencia de calor.

Conclusiones sobre el diseño:

- El equipo puede ser producido industrialmente. Su costo es similar al de uno de tipo invernadero de igual área de colección, similar característica de operatividad y vida útil semejante. Claro está que con la ventaja de su mayor productividad.
- El diseño tiene errores en el sistema de sellado del condensador.

Se hacen necesarias algunas reformas no substanciales al respecto para su producción en serie sin inconvenientes.

Referencias

1. J.L. Guerrero, N.C. Peña, Destilador Solar de Flujo Cerrado, E-13, 1º Congreso Latinoamericano de Energía Solar, San Miguel, Buenos Aires, Argentina, 1975.
2. J.A. Souto, J.L. Guerrero, Planta Experimental de Destilación Solar de Agua para Pequeñas Comunidades Aisladas. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, Organizaciones no Gubernamentales, Mar del Plata, Argentina, 1977.
3. N.C. Peña, Convecciones en un Destilador Solar de Flujo Cerrado, Trabajo de Seminario de Graduación. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires. Observatorio Nacional de Física Cósmica, San Miguel, 1975.
4. W.H. Mc Adams, Transmisión del Calor, Ediciones del Castillo S.A., Madrid, España, 1964.
5. V. Isachenko, V. Osipova, A. Sukomel, Transmisión del Calor, Editorial Marcombo, Barcelona, España, 1973.
6. R.V. Dunkle, Destilación Solar de Agua: Destilador Tipo Invernadero y Destilador de Efectos Múltiples por Difusión. Proceedings of the International Heat Transfer Conference, 1963.
7. J.L. Guerrero, Experimentación de Modelos de Destiladores Solares, E-14, 1º Congreso Latinoamericano de Energía Solar, San Miguel, Buenos Aires, Argentina, 1975.