

## ANÁLISIS EXERGÉTICO DEL DESTILADOR SOLAR DE BANDEJA DE FIBRA DE VIDRIO

Susana Fonseca Fonseca\*, Angel Luis Brito Sauvanell\*\*, Ronald Andión Torres\*,  
Eider Perdomo Miranda\*, Maria Isabel Fernandez Parra\*\*

\*Centro de Investigaciones de Energía Solar, \*\* Universidad de Oriente

*Se presenta un prototipo de destilador solar de bandeja, construido de fibra de vidrio con la finalidad de obtener agua destilada para ser empleada en baterías. Se refiere el comportamiento del destilador y se realiza un análisis termodinámico del equipo en cuestión lo que conlleva el desarrollo de balances de masa, energía, entropía y exergía con el objetivo de evaluar el equipo, cuantificar los valores de las energías que se pierden y se ganan con vistas a tener localizadas las mayores pérdidas y mejorar posteriormente su diseño. La productividad del equipo alcanza valores de 350 mL al día, lo cual representa 2,2 L/m<sup>2</sup> día, similar a de otros prototipos desarrollados en el CIES en Santiago de Cuba y en correspondencia a lo que debe esperarse de acuerdo a las condiciones ambientales existentes (nivel de radiación, temperatura ambiente, velocidad del viento). Las ventajas del presente prototipo radican en su mayor resistencia a la intensa acción corrosiva que se manifiesta durante el funcionamiento de los destiladores solares. El balance de entropía permitió determinar la entropía generada en el sistema la cual satisfactoriamente presenta un valor pequeño. El balance exergético a su vez permitió calcular la destrucción de la exergía. Se determinaron las eficiencias energéticas y exergéticas del destilador. La eficiencia energética se encuentra entre los valores esperados, sin embargo la eficiencia exergética tiene un valor pequeño ya que el agua de salida presenta niveles bajos de temperaturas. Es conveniente considerar que no es de interés que este fluido presente altos niveles de energía ya que su utilidad posterior reside en sus posibles usos como agua destilada y no en su posible valor como portador energético.*

**Palabras clave:** destilador solar, análisis energético, agua destilada, destilador de bandeja.

*It is presented a prototype of basin type solar still, made from glass fiber with the aim to obtain distilled water to be used in batteries. It is referred to the behaviour of the distiller and it is realized a thermodynamic analysis of the appliance which leads to the development of balances of mass, energy, entropy with the objective to evaluate it, calculate the energy values that are lost and gathered in order to have focused big losses and to later improve its design. The productivity of the appliance reaches values of 350 mL daily, which represents 2,2 L/m<sup>2</sup> daily, similar to other prototypes developed in the Solar Energy Research Center in Santiago de Cuba, and in correspondence to what is expected according to the existing environment conditions (level of radiation, environment, wind speed). The advantages of the present prototype are on its bigger resistance to the intense corrosion action that take place during the functioning of the solar distillers. The balance of entropy made possible determine the generated entropy in the system which satisfactorily presents a low value. The exergetic balance instead made possible calculate the destruction of the exergy. It was determined the energetic and exergetic efficiencies of the distiller. The energetic efficiency is found between the expected values, however the exergetic efficiency has a low value because the water that comes out has low levels of temperature. It is convenient to consider that is not of interest this fluid having high levels of energy because its later utilities are on its possible uses as distilled water and not on its possible value as energetic provider.*

**Keywords:** solar distiller, energetic analysis, distilled water, basin type solar still.

---

## Introducción

La desalinización o destilación de agua es una necesidad del mundo civilizado. Su consumo se centraliza en las ciudades, fundamentalmente, en el transporte, la industria química, químico farmacéutica y laboratorios en general. En los lugares aislados puede emplearse para el consumo humano y animal.

El agua y las sales se pueden separar por diferentes métodos o procesos físicos, de los cuales han tenido éxito los siguientes: evaporación, congelamiento, ósmosis, destilación por membranas y otros /5/.

De los métodos de depuración de agua para su uso en baterías acumuladoras y otros usos, la utilización de destiladores solares resulta muy adecuada. La fuente energética, la radiación solar, es energía renovable; la calidad del agua obtenida es óptima para lo que se utiliza; la sencillez de los equipos no requiere de personal altamente calificado para su explotación, mantenimiento y reparación; sus costos resultan asequibles, y los volúmenes de agua que se obtienen con estos equipos cubren la demanda (para pequeños volúmenes).

La desalinización o destilación del agua, utilizando como fuente energética la radiación solar, es una técnica ya desarrollada con grandes ventajas económicas, principalmente por el ahorro de electricidad, petróleo, así como por la calidad del agua obtenida para determinados usos.

En el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) se ha desarrollado un prototipo de destilador solar con bandeja de fibra de vidrio, con un área de captación de  $0,16 \text{ m}^2$ , con la finalidad de obtener agua destilada para baterías, las cuales tienen un bajo nivel de consumo de agua destilada.

En el presente trabajo se realiza el análisis exergético al referido prototipo con el objetivo de evaluar el equipo, cuantificar las energías que se pierden y se ganan con vistas a mejorar posteriormente su diseño.

## Desarrollo

Los destiladores solares tipo invernadero consisten en una bandeja o batea (en ocasiones oscurecida) aislada térmicamente, donde se almacena el agua a destilar tapada herméticamente con un vidrio liso /5/.

## Descripción

El destilador solar de fibra de vidrio de  $0,16 \text{ m}^2$  de área de captación (ver foto) consta de un depósito construido de fibra de vidrio que contiene el agua a destilar, y tiene paredes de poca altura. Una de las paredes de este recipiente (la posterior) tiene una altura mayor que la otra, para dar la inclinación necesaria al vidrio, y permitir el deslizamiento de las gotas de agua destilada por la superficie interna del mismo hasta la canal de recolección del agua destilada, construida del mismo material y con salida por un tubo de acero inoxidable que se acopla a una manguera unida directamente al pomo de recolección de agua destilada. Tiene, además, un orificio en la parte superior de la pared posterior para la entrada de agua a destilar y uno en la parte inferior para rebozo. En la parte superior, cerrando el equipo se encuentra una cubierta de vidrio inclinada a  $200$  respecto a la horizontal /3/.

El principio de funcionamiento es como sigue: Durante el funcionamiento la radiación solar atraviesa la cubierta y se absorbe en el agua y en el material del fondo del destilador. La energía absorbida calienta el agua salina y la bandeja, y ésta transfiere calor al agua, produciéndose su evaporación, e incrementando la humedad del aire cercano a la superficie del agua, lo que genera corrientes convectivas dentro del destilador. El aire húmedo y caliente sube hacia la cubierta de vidrio, donde parte del vapor de agua se condensa en la superficie interior de la cubierta de vidrio, que enfriado por el aire exterior, favorece su condensación.



Foto 1. El destilador solar de fibra de vidrio.

La pendiente de la cubierta permite el escurrido o deslizamiento del condensado hasta la canal de recolección ya como agua destilada desprovista de sales, y de ésta a un depósito convenientemente protegido de la

contaminación ambiental, quedando las sales concentradas en el fondo. El aislante térmico reduce las pérdidas caloríficas al medio. El vapor condensado debe quedar libre de sustancias contaminantes.

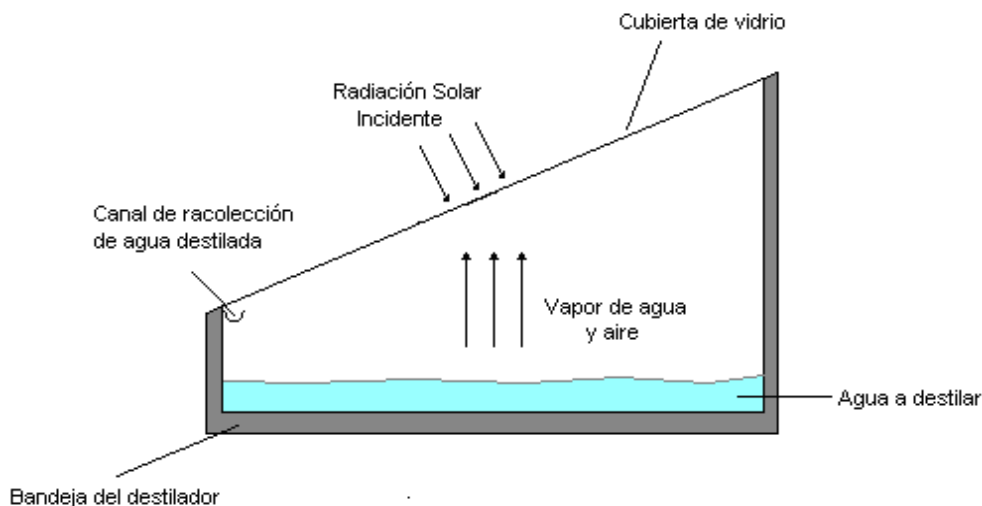


Fig. 1 Esquema de un destilador solar tipo invernadero.

Se realizó la evaluación del destilador midiendo el volumen de agua destilada por el equipo a través del día, los resultados para un día cualquiera del período evaluado se muestran en la siguiente figura.

Como puede observarse, la productividad del equipo alcanza valores de 350 mL al día, lo cual representa una productividad de 2,2 L/m<sup>2</sup> día, similar a la alcanzada por otros prototipos

desarrollados en el CIES, y en correspondencia a lo que debe esperarse de acuerdo con las condiciones ambientales existentes (nivel de radiación, temperatura ambiente, velocidad del viento).

Las ventajas del presente prototipo radican en su mayor resistencia a la intensa acción corrosiva que se manifiesta durante el funcionamiento de los destiladores solares.

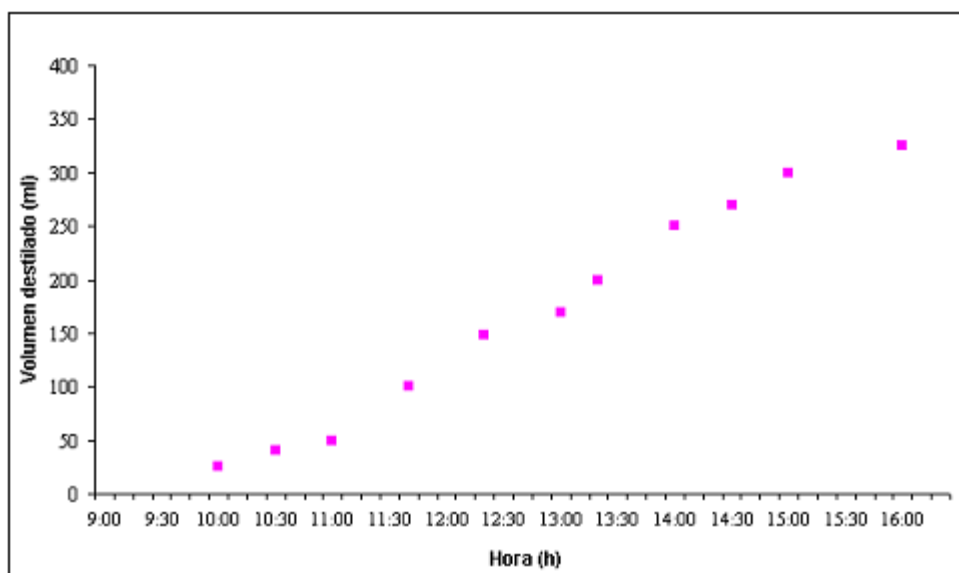


Fig. 2 Volumen acumulado de agua destilada.

## Desarrollo de los cálculos y análisis de los resultados

### ♦ Corrientes en el evaporador

1. Pérdida de calor por la bandeja.
2. Calor del vapor de agua que se evapora.

### 7. Radiación solar que recibe el evaporador.

### 3. Flujo de agua que entra al sistema.

### ♦ Corrientes en el condensador

4. Radiación solar que recibe el equipo.
5. Pérdida de calor por la cubierta de vidrio.
6. Flujo de agua destilada.

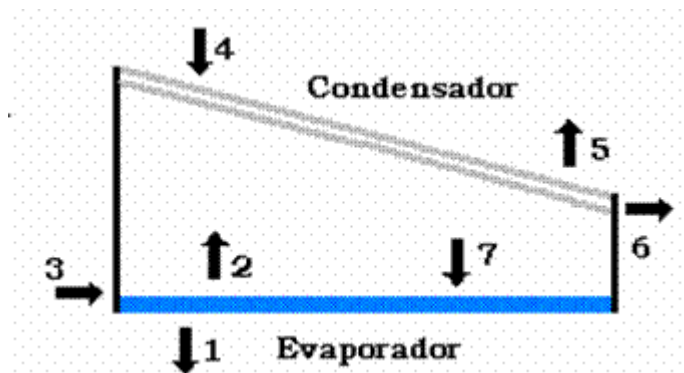


Fig. 3 Esquema del destilador solar, corrientes de flujos en el evaporador y en el condensador.

## Aplicación de la 1<sup>era</sup> ley al destilador

El balance de masa parte de la aplicación de la primera ley de la termodinámica:

Suma de masas de entrada = Suma de masas de salida

### ♦ Balance de masa

$$m_3 = m_{ar} + m_6 \quad (I)$$

$m_3$ : masa de agua que entra (3,2 kg)

$m_{ar}$ : masa de agua remanente (2,85 kg)

$m_6$ : masa de agua que sale (0,35 kg).

