

## **DISEÑO Y ESTUDIO COMPARATIVO DE DESTILADORES SOLARES CON PRECALENTADORES DE AGUA - RESULTADOS PRELIMINARES**

**O. Masini<sup>1</sup>, J. Carletto<sup>2</sup>, P. Gimeno<sup>3</sup>, V. Rodrigo<sup>4</sup>**

Laboratorio de Energías Alternativas – Universidad Nacional de San Luis

Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales

Avda. 25 de Mayo 384 - 7530 - Villa Mercedes - San Luis - Argentina

Tel - Fax: 054 2657 430980 - e-mail: omasini@fices.unsl.edu.ar

**RESUMEN:** Se presenta en este trabajo el estudio comparativo de tres prototipos de destiladores solares, los cuales son de iguales dimensiones, y se diferencian en la implementación de un precalentador, trabajando con un destilador tradicional, un segundo destilador con un precalentador del 50% de la superficie vidriada, y uno con un precalentador del 100% de la superficie vidriada.

Se realizaron mediciones de rendimiento de cada uno de ellos, pudiéndose ver en el presente trabajo, los primeros resultados obtenidos, correspondientes a los meses de marzo a julio del año 2013, observando una diferencia en el rendimiento de cada disposición. Se presentan las descripciones constructivas, las gráficas de rendimientos y análisis de los primeros resultados.

**Palabras Claves:** agua destilada, energía solar, intercambio.

### **INTRODUCCIÓN**

La destilación solar es una alternativa ecológica y económica para la producción de agua destilada de calidad.

Los equipos comerciales compactos operados con energía eléctrica y refrigeración con agua de la red para la generación de agua destilada consumen aproximadamente 1 KWh, de energía eléctrica y de 20 a 25 litros de agua generalmente potable (de red), que normalmente es arrojada a la red cloacal. Este último costo, para regiones como la de San Luis, que posee escasos recursos de agua, es sumamente elevado e irracional. (Fasulo et. al 2004).

Además del uso de una energía alternativa, la ventaja de los destiladores solares es que trabajan a bajas temperaturas, por lo que la evaporación es lenta (sin turbulencia), lo que implica una minimización de la posibilidad de contaminación del producto a obtener. (Masini et. al 2012)

Los destiladores solares de batea son utilizados desde el siglo XVII y prácticamente no han cambiado. Una batea, con superficie de color negro, contiene el agua salobre. Su parte superior está cubierta con un techo a dos aguas de un material de alta transmitancia a la radiación solar y alta conductividad térmica. El techo desagua en canaletas situadas a ambos lados de la bandeja. Los rayos solares atraviesan la cubierta y son absorbidos por el fondo, de color negro, de la batea, que contiene de 2 a 5 cm del agua cruda a destilar. A medida que se calienta el agua su presión de vapor sube, el vapor de agua condensa en la cara inferior del techo formándose una película uniforme de líquido que corre hacia las canaletas, que conducen el agua destilada a un tanque de almacenamiento. El destilador funciona como una trampa de calor, ya que el techo es transparente a la luz solar incidente, pero opaco a la radiación infrarroja emitida por el agua caliente. El techo impide que se escape el vapor y que el viento enfríe el agua salada. (Esteban et. al. 2000)

La calidad del agua destilada que producen los equipos que se describen a continuación, en función de los valores obtenidos, es totalmente equivalente a la obtenida en los destiladores convencionales, la conductividad específica, parámetro que nos permite determinar la calidad, está comprendida entre 3 y 4  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . (Fasulo et al., 1987).

Con este trabajo se pretende comparar el funcionamiento de tres prototipos de destiladores, en dos de los cuales, se ha cambiado constructivamente parte de la superficie vidriada a modo de lograr una cámara de agua “a destilar” entre dos vidrios, lo que produce un precalentamiento del agua que ingresa al destilador, y un enfriamiento de la superficie de condensación.

---

<sup>1</sup> Investigador CyT FICES UNSL

<sup>2</sup> Investigador CyT FICES UNSL

<sup>3</sup> Investigador CyT FICES UNSL

<sup>4</sup> Investigador CyT FICES UNSL

## DESCRIPCIÓN DE LOS PROTOTIPOS UTILIZADOS

En la construcción de los equipos se trató de minimizar costos y efectuarlos con materiales de fácil adquisición y/o construcción. Se fabricaron 3 equipos pilotos: el equipo 1, con construcción estándar, el equipo 2, con construcción estándar más mitad de superficie vidriada de intercambio y un tercer equipo, con construcción estándar con toda la superficie vidriada de intercambio.

Los materiales utilizados son:

- a) Batea enlozada para horno (se compra en cualquier negocio dedicado al rubro)
- b) Cubierta de vidrio (con un croquis y medidas del equipo se solicitó la construcción)
- c) Se utilizó adhesivo de siliconas para el armado y junta
- d) Los canales recolectores se construyeron con “cable canal” usados normalmente en canalizaciones eléctricas
- e) Mangueras de conexión (de PVC)
- f) Bidón de alimentación de agua
- g) Regulador de alimentación de agua
- h) Botellas de PET para regulación de nivel de agua
- i) Botellas de PET para recolección del agua destilada
- j) Flotantes con salida entubada
- k) Aislante de poliestireno expandido

Por razones de practicidad, economía y movilidad, se utilizó un modelo de destilador solar fabricado con materiales livianos, económicos y de fácil utilización y de tamaño pequeño (30 cm \* 40 cm), aproximadamente 0,12 m<sup>2</sup> de área de calentamiento. El dispositivo consta de dos partes separables, por un lado la batea propiamente dicha, y por otro la cubierta que contiene el condensador vidriado, los canales colectores de agua destilada y laterales de apoyo y cierre con la batea. La siguiente fotografía muestra los tres equipos en funcionamiento.



*Figura 1: Fotografía de los destiladores en funcionamiento*

Los intercambiadores (precalentadores), se lograron con una doble cubierta de vidrio, donde se hace circular el agua cruda entre ellas, formando una fina película de agua, que se precalienta antes de entrar a la batea. Adicionalmente, al refrigerar la parte superior de la superficie de condensación podría dar mayor condensación y por ende, mayor rendimiento.

## DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CADA EQUIPO

Para la alimentación de agua de las bateas, se utilizaron equipos con válvula de corte y flotante a efectos de independizarlos. Adicionalmente se adoptó una alimentación de regulación indirecta para poder lograr que el agua de alimentación circule primero por el intercambiador y posteriormente ingrese a la batea. En pruebas anteriores se lo hizo por vaso comunicante y cierre hidráulico, y no dio resultados satisfactorios, debido a que no se podía mantener la continuidad de ingreso de agua, por acumulación de aire en el intercambiador, problemas ya descritos por Masini, et. al 2012.

A continuación se muestran los tres equipos, con la descripción de trabajo y el esquema constitutivo.

### *Detalles del Equipo 1*

El agua pasa por el regulador de alimentación, e ingresa a la batea, la cual está comunicada con la botella de regulación de nivel. Cuando la botella llega al nivel de aproximadamente 1 cm en la batea, el flotante colocado en la botella cierra la alimentación. A medida que se consume agua por evaporación, baja el nivel, baja el flotante y nuevamente se completa el nivel por alimentación de agua cruda.

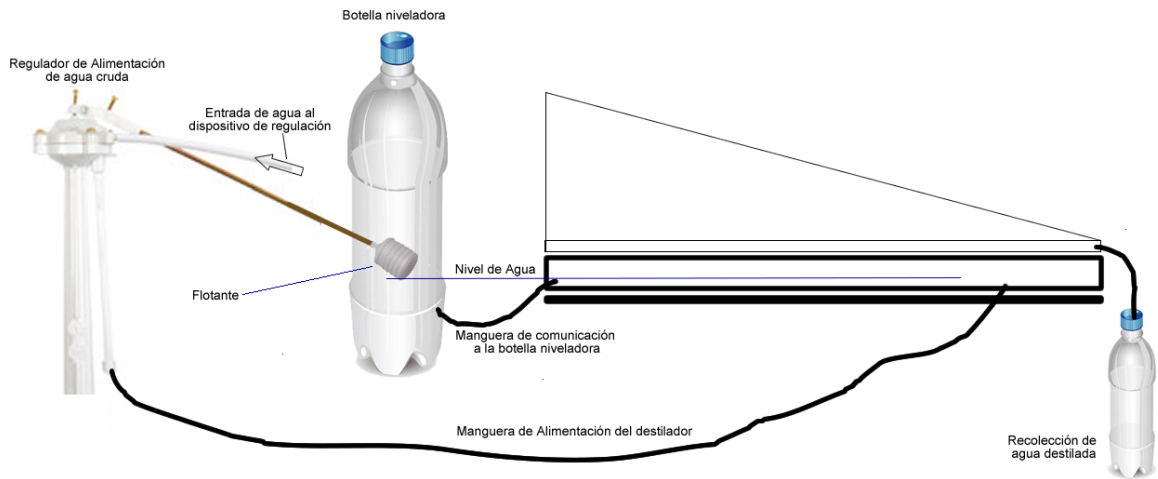


Figura 2: Esquema de funcionamiento equipo 1

### Detalles del Equipo 2

El agua pasa por el regulador de alimentación, e ingresa al intercambiador de calor (mitad de superficie vidriada), de la salida de este se alimenta la batea y el nivel de batea se regula igual que el equipo 1. El objetivo de poner una superficie vidriada y hacer pasar el agua por la misma es producir su calentamiento y que ingrese a la batea a una temperatura superior a la de alimentación.

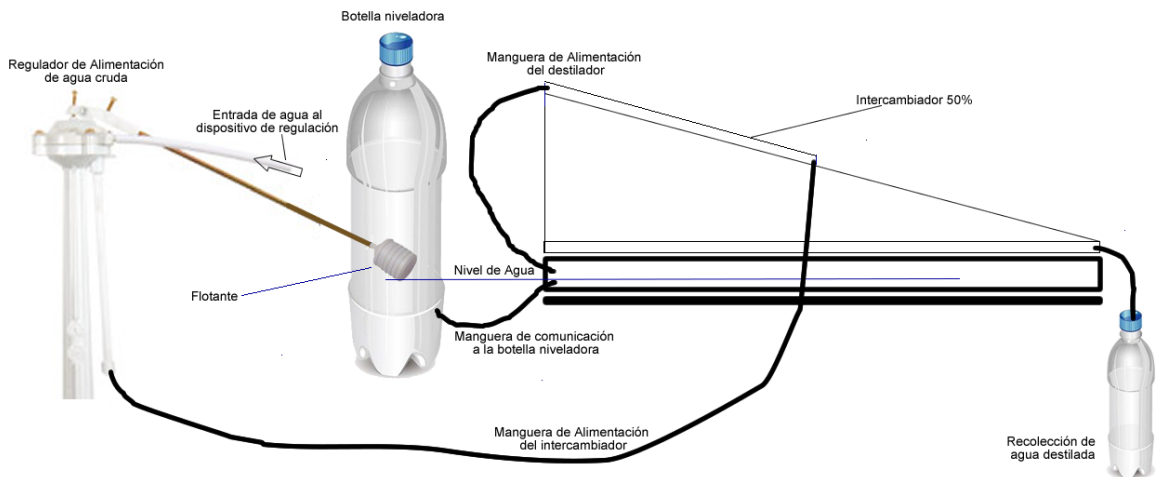


Figura 3: Esquema de funcionamiento equipo 2

### Detalles del Equipo 3

El agua pasa por el regulador de alimentación, e ingresa al intercambiador de calor (toda la superficie vidriada), de la salida de este se alimenta la batea y el nivel de batea se regula igual que el equipo 1. Ídem a lo explicado en el equipo 2, pero el intercambiador cubriendo totalmente la superficie.

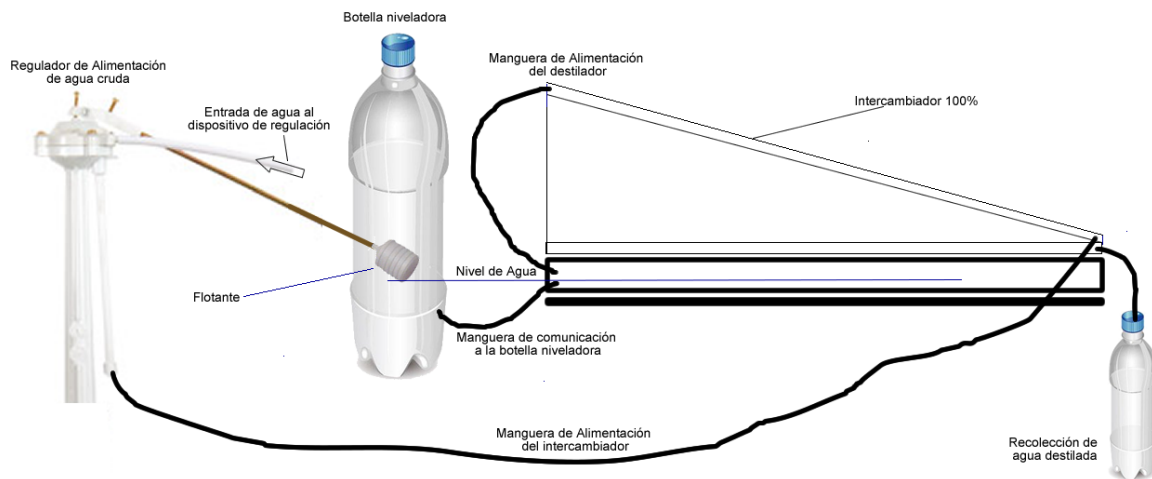


Figura 3: Esquema de funcionamiento equipo 3

### PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO

El equipo se puso en funcionamiento con el llenado del bidón de alimentación y posteriormente los 3 equipos, verificando los cortes de alimentación de agua por funcionamiento correcto de los flotantes. Se reguló el nivel en bateas y se verificó la correcta e igual orientación de los equipos: esto es con la superficie principal vidriada hacia el norte. Una vez logrado la puesta en régimen de los equipos, se controló día a día a las 22 hs la cantidad de agua destilada obtenida. Adicionalmente se tomaron valores de temperatura media y radiación solar media del Laboratorio de Energías Alternativas (LEA) de la facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales de la Universidad Nacional de San Luis.

#### Inconveniente en el desarrollo del trabajo

Se verificó la fuga de vapores, por cierre deficiente entre la cubierta vidriada y las canaletas colectoras lo que podía generar además la contaminación del producto. Esto se solucionó sellando con pegamento flexible. Por otra parte, también se produjeron pérdidas entre la canaleta colectoras y el tubo de derivación al colector de agua destilada.

Regulación de nivel de batea. Como es un proceso lento de llenado, especialmente en los equipos que poseen intercambio de calor, la regulación de nivel del flotante es lenta, aunque una vez logrado funciona eficientemente.

Por mal funcionamiento de alimentación de agua por vaso comunicante y cierre hidráulico, se usaron reguladores de alimentación con válvula de corte, flotante y salida entubada y control indirecto de nivel de las bateas.

### PRIMEROS RESULTADOS

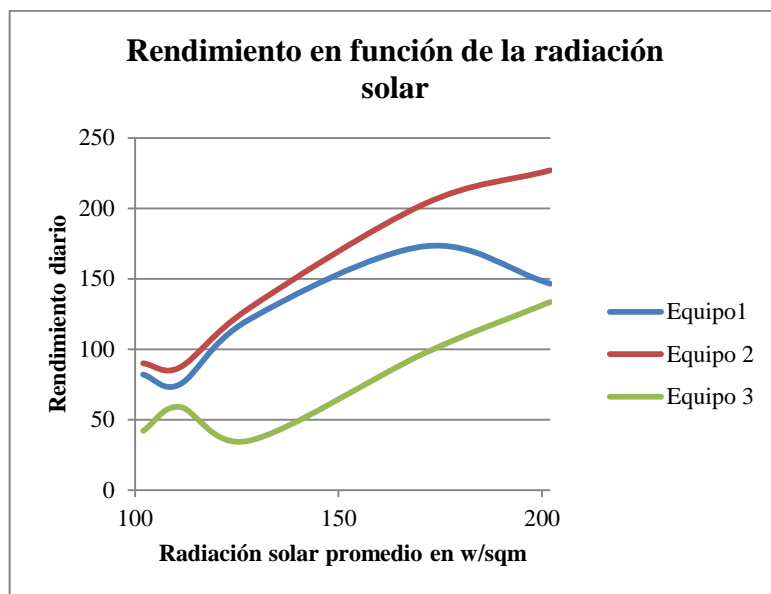
Se han realizado varios análisis de los primeros resultados obtenidos.

La siguiente tabla, muestra un resumen de los resultados promedios de rendimientos por equipo, temperatura y radiación solar de los meses de marzo a julio.

Mes	Temperatura Promedio	Radiación Promedio en w/sqm	Rendimiento Equipo1	Rendimiento Equipo 2	Rendimiento Equipo 3
Marzo	18	202	146,5	227	133,5
Abril	17,6	171	173	203	97
Mayo	13,2	128	121	129	35
Junio	11,6	111	75	87	59
Julio	9,7	102	82	90	42

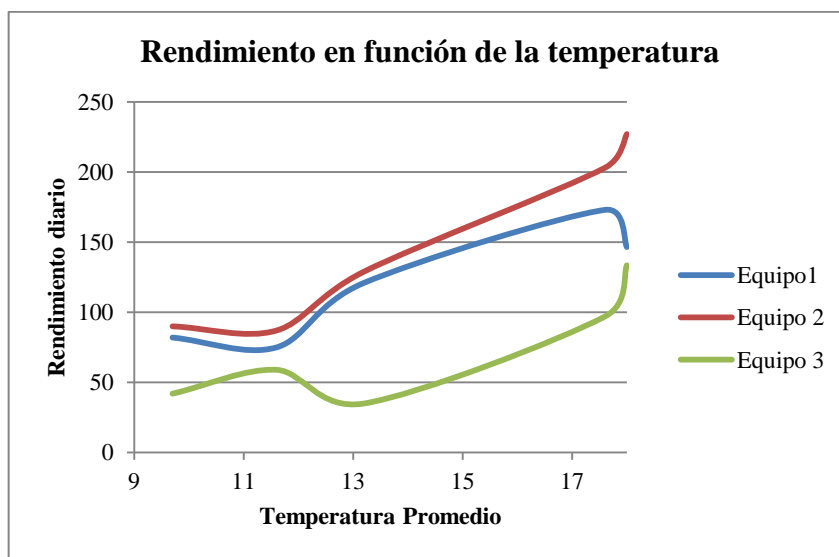
Tabla 1: Comparación de temperaturas radiación y rendimiento de los equipos

El rendimiento en función de la radiación solar se puede observar en el siguiente gráfico



Se observa como era de esperar, que el aumento de la radiación solar produce un aumento en el rendimiento de los destiladores, se observa también, que el equipo 2 (el equipo con un intercambiador del 50% de la superficie vidriada es el que produce los mejores rendimientos, y el equipo 3, con el 100% de superficie de intercambio, produce el menor rendimiento. No obstante, si bien el análisis resulta algo promisorio, se observa que al aumentar la radiación, el equipo 3 parecería tener un aumento más constante que los otros en cuanto al rendimiento, lo que lleva a inferir, que probablemente en los meses de mayor radiación, se podría llegar a notar un cambio en el orden de los equipos en función de sus rendimientos.

Algo similar se observa si se grafican los valores de rendimiento en función de la temperatura, como muestra el siguiente gráfico.



Otros análisis de la información recolectada, graficando los valores diarios de producción de agua destilada, radiación solar y temperatura, se observan algunas correlaciones entre la líneas de tendencias de los funcionamientos de los destiladores y las líneas de tendencias de radiación solar, bastante significativas, aunque se prefiere seguir tomando datos, para ratificar o rectificar estas primeras impresiones y dejar estos análisis para futuros trabajos.

## CONCLUSIONES

Si bien, los resultados son preliminares, se puede observar que el rendimiento es mayor en el equipo 2, y el del equipo 1, es mayor que el equipo 3. En el equipo 2, que tiene la mitad de superficie vidriada de intercambio, se verifica que el precalentamiento de agua resulta beneficioso, con un rendimiento que supera en aproximadamente un 20% al equipo 1. En el equipo 3, se observa el menor rendimiento, y se podría considerar que ocurre porque al tener toda la superficie doblemente vidriada es menor la incidencia solar al tener que atravesar dos capas de vidrio con una película de agua. De todos modos, se

especula con que el comportamiento de los destiladores pueda variar frente a radiaciones más fuertes, como se suelen tener en los meses de diciembre a febrero. Evidentemente se deberá seguir experimentando con toma de datos y cálculos teóricos a efectos de verificar la constancia en el tiempo de los rendimientos obtenidos y su concordancia con datos teóricos.

## **REFERENCIAS**

- Carletto J., Rodrigo L., Rodrigo, V. - ASADES 2007 (Diseño de una planta de destilación solar de agua para la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico sociales en Villa Mercedes, San Luis, evaluación de costos
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. (2000) Destilador Solar Asistido Con Colector Solar Acumulador. Actas de Asades
- Fasulo A. , Cortinez V. Y Odicino L (1987). Planta de destilación solar de agua para la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia de la UNSL. Actas de ASADES
- Fasulo, A., D.Perello y J.Follari (1997) Un Colector Solar Acumulador, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 1, 1, 101 – 104.
- Masini, O. Carletto J, Rodrigo L., Rodrigo V, ASADES 2012 Diseño de un destilador solar modular de agua, de bajo costo para la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales, Villa Mercedes, San Luis, evaluación de rendimiento y alternativas de optimización

## **ABSTRACT**

This paper presents three solar distillation prototype's comparison. Distillers have equal dimensions and differ by implementing a preheater. One is a conventional distiller, the second distiller has a 50% of glazed surface on the preheater, and the other one with a 100% glazed surface on the preheater. Performance measurements were made of each of them, being able to see in this paper, the first results obtained during March to July, pointing a difference in the performance of each provision. We present constructive descriptions, and comparative yields and analysis of the first results.

**Keywords:** distilled water, solar energy, exchange