

DESTILADORES SOLARES EN POLIESTIRENO (DE TIPO INVERNADERO).

Por:

Alberto Sevilla

Jorge Pollari

Chacabuco y Pedernera - San Luis

U.N. SAN LUIS.

RESUMEN

El trabajo consta principalmente del estudio de destiladores económicos, / de buena durabilidad, rendimiento y fácil armado. Se trata en especial del / armado y estudio de destiladores de poliestireno expandido. Se pueban diseños tendientes a mejorar la eficiencia, disminuir el costo y el mantenimiento. Se estudia además el funcionamiento de un sistema de varios destiladores (pequeña planta). Se realizan estudios comparativos de diversos diseños en forma si multánea. Se logra un muy buen costo de agua destilada.

## 1.- INTRODUCCION

El estudio de destiladores solares de tipo invernadero viene del siglo pasado. Pero es evidente que su difusión ha sido escasa. Esto se debe a su costo, y algunas dificultades en su construcción y mantenimiento. Es por ello que se intenta en este trabajo minimizar dichas dificultades, de modo que su uso se difunda realmente.

## 2.- OBJETIVOS DEL TRABAJO.

En base a lo antedicho, los objetivos del trabajo son los siguientes:

- 1) Bajar el costo del destilador.
- 2) Simplificar su obtención (por compra o construcción) y mantenimiento.
- 3) Estudiar los problemas de funcionamiento de un conjunto de destiladores.
- 4) Mejorar su rendimiento.

## 3.- TRABAJO REALIZADO Y RESULTADOS OBTENIDOS.

El trabajo consiste en la construcción de cuatro módulos de aproximadamente  $0,53 \text{ m}^2$  cada uno, alimentados por una fuente única (Ver fig. 1 y 2). Se estudia su comportamiento en las condiciones de trabajo en un período anual. Se mide rendimiento de cada uno y temperaturas del agua, vidrio y exterior. Se estudia / también el comportamiento de los materiales y técnicas constructivas.

Analizaremos a continuación en detalle lo realizado en vista a la consecución de los objetivos y los resultados logrados.

### a) OBJETIVO 1. BAJAR EL COSTO DEL DESTILADOR:

Para lograr esto es necesario abaratar el costo de la base y canaletas, / ya que la cubierta de estructura autoportante, no puede ya abarataarse. Es necesario entonces:

- a) Usar un material de bajo costo.
  - b) Simplificar su técnica constructiva.
- a) Las condiciones que debe cumplir un material para servir a este objetivo son, las siguientes:
- Buen aislante térmico.
  - Impermeable al agua.
  - Resistente a la variación de temperatura (entre  $15^{\circ}\text{C}$  y  $90^{\circ}\text{C}$ ).
  - Resistente a la radiación solar.
  - Fácil de conseguir en el mercado y de bajo costo.
- b) Para simplificar la técnica constructiva es necesario que el material sea:



- De fácil trabajo, o bien,
- Hecho por modelo.

Un material que cumple estas condiciones es el poliestireno expandido de / alta densidad ( $40 \text{ Kg./m}^3$ ) y hecho por modelo en una pieza única.

El trabajo queda reducido a hacerle los tres agujeros (desague, alimentación y salida del agua destilada), colocarle los trozos de caño a cada uno, rellenarlos y colocar los vidrios. Esta tarea puede llevarle a un operario práctico, aproximadamente dos horas por módulo. Este material ha sido usado ya en destiladores ( $R_1$ ), ( $R_2$ ) y su resultado ha sido bueno. El problema que aparece es que su base ennegrecida debe ser de un material que resista una temperatura de aproximadamente  $100^\circ\text{C}$  que se alcanza en verano en caso de secarse el destilador. Como este peligro es / real, dado su uso, (zonas aisladas y operadores no especializados), es necesario/ que sobre la base del destilador se coloque una capa de un material negro o ennegrecido, que aisle térmicamente su parte superior del poliestireno expandido.

En el trabajo de P.I. Cooper y W. Peed ( $R_1$ ) son poliuretano, que da buen/ resultado, pero su costo es 10 veces superior al poliestireno expandido para el / mismo volumen. Esto encarece al destilador.

Howe y Tleinat a su vez (Univ. de California) colocaron pequeñas piedras/ como base, que es una solución imperfecta aunque económica. En el presente trabajo se busca otra solución al problema, lo vemos en el punto D).

Respecto al resultado del poliestireno expandido en nuestro trabajo, conforma hasta el presente los resultados obtenidos. Su comportamiento es bueno, lo/ mismo que su duración (Los australianos ( $R_1$ ) estiman su duración en más de 10 años). Pero es necesario usar pegamentos adecuados (Ejem. caucho sintético).

El poliestireno expandido de baja densidad se deteriora más, es permeable y de poca resistencia mecánica. Por eso es necesario usar material de densidad //  $40 \text{ Kg./m}^3$  o más y hacerlo en un solo molde, de modo que sus caras sean perfectamente impermeables. Sus condiciones de aislante térmico son bien conocidas. Esto/ minimiza las pérdidas por conducción en la base y costados de los destiladores. / Este material además resiste bien las heladas debido a su flexibilidad (hemos tenido muchas noches con más de doce horas de temperaturas bajo cero, con mínima de hasta  $-6^\circ\text{C}$ ). Sin embargo es conveniente protegerlo tapándolo para que rinda un / caudal adecuado (evitando así gastar la energía solar en desholar el destilador)/ y para que la presión del hielo sobre las paredes no las debilite paulatinamente. (x).

#### B) OBJETIVO 2: SIMPLIFICAR SU OBTENCION

Otras de las dificultades para su difusión, es la dificultad que tiene //

cualquier persona para tener un destilador. Los que saben construirlos son muy pocos y nunca podrían atender la demanda (que en nuestro país sobre amplias zonas es por eso que lo adecuado es que estos módulos puedan construirse industrialmente y venderse en el comercio a un precio razonable. El actual sistema constituye una solución a este problema.

El otro aspecto interesante es que cualquier persona pueda operar con/ algunas instrucciones. Esto es posible con este sistema, ya que la persona solo / debe instalarlo en terreno nivelado, alimentarlo con agua a nivel constante (mediante sistema flotante), sacarle la sal periódicamente y alguna vez cambiar algún vidrio roto por accidente.

#### C) OBJETIVO 3: ESTUDIAR LOS PROBLEMAS DE FUNCIONAMIENTO DE UN CONJUNTO DE DESTILADORES.

Cuando las necesidades de agua no son familiares (una escuela por ejemplo), es necesario usar varios módulos juntos. Nuestra experiencia se hizo con // cuatro destiladores, alimentados con un tanque de agua común de nivel de agua /// constante. Del tanque sale una cañería que alimenta a dos filas de destiladores. / Evidentemente el sistema puede extrapolarse a una pequeña planta de destiladores.

Los resultados son satisfactorios, ya que el sistema funciona automáticamente, manteniendo el nivel de agua constante en los destiladores.

El desague, ubicado en la parte inferior del destilador, permite extraer la sal (haciendo circular el agua de alimentación), facilitando el purgado completo.

#### D) OBJETIVO 4: MEJORAR EL RENDIMIENTO.

Esta es la parte más interesante desde el punto de vista físico. (xx). Es conocido que el proceso de evaporación se mejora al aumentar la temperatura, disminuir la presión y disminuir la humedad relativa. (xxx). Inversamente, el proceso de condensación mejora disminuyendo la temperatura y aumentando la presión y la / humedad relativa. Si queremos mejorar el rendimiento debemos entonces:

- Mejorar la evaporación.
- Mejorar la condensación.
- Evitar las pérdidas de energía al exterior.

Para mejorar la evaporación es necesario trabajar a la mayor temperatura posible. Esto se logra minimizando la cantidad de agua calentada. Para ello se probaron superficies porosas que se llenan por capilaridad, mantienen una superficie mojada/homogénea, hacen que la capa de agua sea lo más delgada posible y a la vez aislan del sol la base de poliestireno expandido.



Se probó con esponja común y el resultado fué negativo, obteniéndose un caudal algo menor de lo normal (xxxx).

No está probada la duración de la esponja ni si su presencia podría favorecer el desarrollo de bacterias u hongos perjudiciales. Este tema es uno de los aspectos que se estudia en el presente.

Para disminuir la presión y la humedad relativa, aumentando la superficie de condensación se probó una salida a un tubo condensado (Ver figura 3) abierto en sus extremos. De esta manera, al estar este a temperatura ambiente, agrega superficie condensadora exterior al destilador de modo de no enfriarlo. Se obtuvo como resultado que no hubo variación en el rendimiento. Esto puede deberse a que esta experiencia se realizó con niveles de radiación bajos (julio), con pequeña presión de vapor en el destilador.

Estudiaremos su influencia con valores mayores de radiación.

Se estudió la influencia del polvillo que se deposita en los vidrios y el resultado se consigna en la tabla II.

Se observó además que el depósito de sales y suciedad sobre el fondo // del destilador hace caer el rendimiento de este en un 10 % o más.

Se probó uno de los destiladores con un ángulo mayor en su cubierta, a fin de observar la influencia en el rendimiento y aumentar la superficie de condensación. Lógicamente aumenta también la energía necesaria para llevar el vapor desde la superficie del agua hasta el vidrio (esta energía es del orden de  $10^{-6}$  de la necesaria para vaporizar igual cantidad de agua). Los resultados pueden apreciarse en la Tabla II. Entón sugieren la importancia de mejorar el proceso de condensación. Están proyectadas varias experiencias complementarias de las ya // realizadas, para completar este trabajo.

Otra cuestión de interés fué medir la influencia de la radiación. Sabido es que el rendimiento crece con la radiación. Esto se ve si comparamos los // rendimientos de invierno y de verano. Se debe a la diferente temperatura del agua como ya vimos. En este trabajo medimos la influencia de la radiación en el // rendimiento, comparando con el destilador normal. Esto se realizó con un espejo // movido lentamente. Como se observa en la tabla II, los resultados aconsejan el // procedimiento del uso de espejos que aumentan la radiación en el destilador.

#### 4.- ANÁLISIS DE COSTOS

Es esta una de las conclusiones importantes del presente trabajo y se // observan en la Tabla III. Este costo incluye materiales a precio comercial y mano de obra. Incluye además una base de 4 mm de poliestireno rígido pintado negro y sobre la base del destilador. El espejo puede hacerse con hojalata de envases/ de aceite de descarte. El costo logrado del m<sup>3</sup> de agua destilada indica que esta

propuesta es una buena solución.

#### 5.- CONCLUSIONES

Basándonos en los resultados hasta ahora obtenidos y teniendo en cuenta // los objetivos buscados podemos decir:

- 1.- Los destiladores en poliestireno expandido son prácticos y factibles de hacer.
- 2.- De fácil armado y mantenimiento.
- 3.- El costo unitario es bajo comparado con otros similares, hechos de // distinto material.
- 4.- El costo de Agua Destilada es bajo también,
- 5.- La duración de los equipos es bastante buena.

Un estudio de temperaturas y prueba de algunos otros materiales es la etapa siguiente a este trabajo, lo que permitirá un estudio cuantitativo más completo del problema aquí tratado. (Análisis Teórico).

6.- REFERENCIAS

- Design Philosophy And Operating Experience For Australian Solar Still  
by P.I. Cooper and R.W. Reed  
Division of Mechanical Engineering, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, P.O.Box 26, Heist, Victoria, Australia 3190.
  
- Twenty Years of Work On Solar Distillation At The University of California  
by L.D.Howe and B.W. Tleimat  
Sea Water Conversion Laboratory, University of California, 1301 South 46 th , /  
Richmond, California, 94804, U.S.A.
  
- Finca Air-Cooler Solar Still  
by 1) I. Sakr, 2) M. Mady, 3)M. Abdel - Hafiz  
1.- Solar Laboratory, National Research Centre, El Tahrir Street Dokki, Cairo /  
(Egypte).  
2.- Faculty of Engineering, Alex - University  
3.- College of technology, Matarieh.

(x) Una cuestión que se estudió además, es la formación de hongos o bacterias en el agua que queda en el destilador que pudiera llegar a contaminar lo destilado.

Se analizó esto luego de 6 semanas de funcionamiento sin desagotar nunca el destilador. El resultado se puede sintetizar así:

TOXICIDAD: Inoculación en ratón blanco: Negativo

ANÁLISIS CUALITATIVO: Investigación de Pseudomonas aeruginosa: Negativo.

Investigación de Salmonella thypi: Negativo.

Investigación de hongos: Escaso desarrollo en medio Sabouraud glucosa.

ANÁLISIS CUANTITATIVO:

Número de Bacterias aerobias totales: 100 colonias/ml. Valor normal admitido por Obras Sanitarias de la Nación.

Investigación coliformas totales: Colifecales y grupos I.A.C. : Negativo.

(xx) Para estudiar la influencia de cada parámetro que se modifica, la experiencia se planteó de la siguiente manera:

1) Construir cuatro destiladores iguales, salvo que uno de ellos tiene una cubierta de mayor ángulo. La de los tres primeros tiene un ángulo de 16°. La del cuarto es de 36°.

2) Luego de estabilizado su funcionamiento se observan los rendimientos de cada uno.

3) Se toma uno como referencia (lo llamamos "normal")

4) Se modifican los parámetros de los demás, de uno por vez. Para medir su eficiencia, teniendo en cuenta su relación de rendimiento respecto al normal antes y después de la modificación del parámetro.

Los rendimientos antes de ser modificados, se observan en tabla I.

(xxx) De la relación de Clausius-Clapeyron (para P pequeña)  $\frac{dp}{dT} = \frac{L}{Av \cdot T}$  surge que L (calor de vaporización) disminuye al crecer la temperatura y aumenta al crecer la presión de vapor.

(xxxx) Las causas de esto no están del todo claras aún. Podría deberse a que la superficie hidrófila hace aumentar L.



7.- TABLAS

TABLA I : RENDIMIENTO TÍPICO DE UN DESTILADOR SIN MODIFICAR

Destilador N°	Radiación-Cal/cm <sup>2</sup>	Caudal cm <sup>3</sup>	Rendimiento n %
1	305,2	730	26,4
2	305,2	670	23,8
3	305,2	600	21,3
4	305,2	800	28,3

TABLA II : VALORES TÍPICOS DE UN BUEN DÍA DE JULIO \*

Destilador	Radiación Cal/cm <sup>2</sup>	Caudal cm <sup>3</sup>	n %
Normal	359,1	920	27,8
Angulo 36°	359,1	960	29,0
Con polvillo	273,3	570	20,8
Mayor Radiac.	484,0	1400 **	31,3

TABLA III : COSTOS

Destilador	Costo m <sup>2</sup>	Duración estimada	Costo/m <sup>3</sup> Agua
Normal	6 USA (\$ 1500)	+ de 10 años	0,75 USA
Angulo 36°	6,5 USA (\$ 1630)	+ de 10 años	0,73 USA
Con Espejo	6,5 USA (\$ 1630)	+ de 10 años	0,4 USA

\* Se refiere a un día diáfano (sin nubosidad).

\*\* El destilador en que se hizo esta prueba venía rindiendo menos que el resto (670 a 700 cm<sup>3</sup>/día). Esto puede deberse a suciedad en la base.

8. FIGURAS

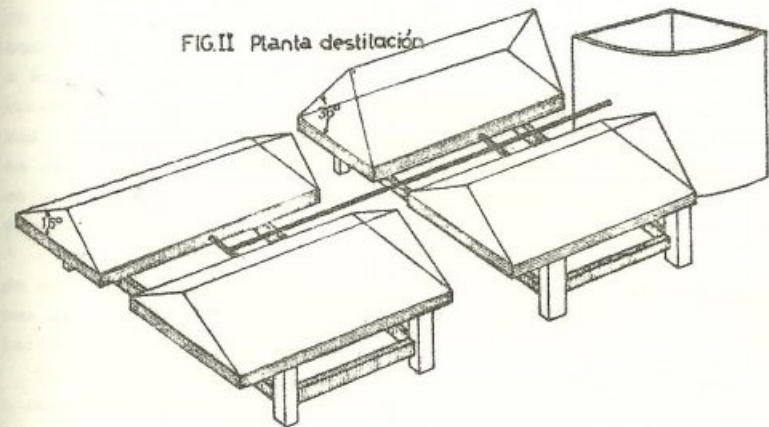
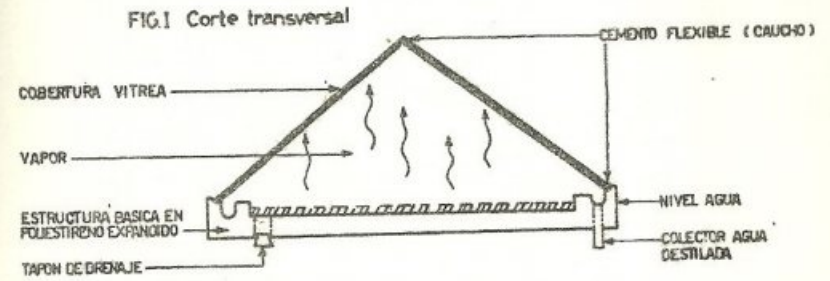


FIG.III Con salida a intercambiador

