



Energía Solar

EDITORES

Miguel A. Laborde & Roberto J. J. Williams

PUBLICADO POR



ANCEF

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Energía Solar

EDITORES

Miguel A. Laborde & Roberto J.J. Williams

**PUBLICADO POR**

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [ANCEF]

SERIE: PUBLICACIONES CIENTÍFICAS N° 10 (2016)

Laborde, Miguel Angel

Energía solar / Miguel Angel Laborde ; Roberto J. J. Williams ; editado por
Miguel

Angel Laborde ; Roberto J. J. Williams. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma
de Buenos Aires : ANCEFN - Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y
Naturales, 2016.

Libro digital, PDF - (Publicaciones científicas ; 10)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-4111-00-5

1. Energía Solar. I. Williams, Roberto J. J. II. Laborde, Miguel Angel, ed. III.
Williams, Roberto J. J., ed. IV. Título.

CDD 333.7923

Esta publicación es propiedad de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas
y Naturales

ISBN 978-987-4111-00-5

Primera edición, Buenos Aires,

Copyright © by Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Toda la correspondencia referida a esta publicación debe dirigirse a:

All enquires regarding this publication should be addressed to:

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Av. Alvear 1711, 4º piso, (1014) Buenos Aires.

E-mail: biblio@ancefn.org.ar

Sitio web: www.ancefn.org.ar

Queda hecho el depósito previsto por la Ley 11.723

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida o
transmitida en cualquier forma o por cualquier medio electrónico o mecánico,
incluyendo fotocopiado, grabación o cualquier otro sistema de archivo y recuperación de
información, sin el previo permiso por escrito de la Academia.

INDICE

PREFACIO	1
CAPITULO 1	
J. Plá, M. D. Pérez & J.C. Durán: Energía solar fotovoltaica.....	3
CAPITULO 2	
C. Placco & L. Saravia: Generación de energía eléctrica solar térmica	39
CAPITULO 3	
A.L. Hernández & J.E. Quiñonez: Colectores solares calentadores de aire para la calefacción de edificios.....	59
CAPITULO 4	
S. Flores Larsen: Edificios bioclimáticos.....	69
CAPITULO 5	
M.A. Condorí: Secaderos solares.....	78
CAPITULO 6	
R.D. Echazú & M.A. Quiroga: Invernaderos y energía solar.....	89
CAPITULO 7	
C. Cadena & L. Saravia: Cocinas solares.....	112
CAPITULO 8	
C. Placco, L. Saravia & C. Cadena: Calefones solares para agua caliente.....	125
CAPITULO 9	
J. Franco: Destiladores solares tipo invernadero.....	143

DESTILADORES SOLARES TIPO INVERNADERO

Judith Franco

INENCO - Universidad Nacional de Salta-CONICET
francojudita@hotmail.com.ar

Resumen

En este capítulo se describen los destiladores solares de tipo invernadero, los principios de funcionamiento y aspectos prácticos de su instalación y operación. Se describen resultados de experiencias de aplicación en zonas rurales de la Provincia de Salta.

Palabras clave: destiladores solares; invernadero; desalinización de agua

Abstract

This chapter describes the solar-powered distillation of water using greenhouse-type devices. Working principles and practical aspects of installation and operation are described. Actual applications in rural regions of Salta Province are discussed.

Keywords: solar distillation devices; greenhouse; water desalination

1. Métodos para separar agua pura de la salmuera

El agua y la sal se pueden separar por distintos tipos de procesos físicos, de los cuales, los que han tenido éxito en la aplicación en sistemas de desalinización son los que se describen a continuación.

1.1 Evaporación

En este proceso se establecen dos fases, líquido y vapor. La elevación de la temperatura de la solución genera un potencial que depende de la presión de vapor de saturación y provoca que el agua se transporte a la fase vapor, mientras que la sal queda en la solución. La presión de vapor es una función exponencial con la temperatura, por ello cuanto más alta sea, más rápido se evaporará la solución. Sin embargo las sales provocan depósitos en los materiales limitando la operación a temperaturas en el orden de los 120 °C. La fase vapor puede trabajar a baja presión, eliminando el aire, o a presión atmosférica, en cuyo caso es una mezcla de vapor de agua y aire.

1.2 Congelamiento

Al congelarse una solución salina, se forman cristales de agua y la sal migra hacia la parte exterior de los mismos. Se usan distintos procedimientos para lograr a posteriori la separación de los cristales y la sal en la interfase.

1.3 Ósmosis inversa

Es un proceso en el cual se utiliza como interfase una membrana semipermeable, que permite el paso del agua a través de la membrana quedando la solución salina más concentrada. La diferencia de presiones entre un lado y otro de la membrana, es la que provoca que las moléculas de agua atraviesen la membrana.

1.4 Electrodialisis

Es otro proceso que también utiliza una membrana, pero difiere del de ósmosis inversa en el hecho que es la sal quien atraviesa la membrana y es el potencial eléctrico el que provoca el transporte de los iones.

1.5 Membranas permeables al vapor de agua

Se utilizan membranas que permiten el paso del vapor de agua, reteniendo la solución. En este caso, es la diferencia de temperatura quien establece un salto de presión de vapor que permite el paso de éste a través de la membrana.

La energía proveniente del sol nos brinda la posibilidad de utilizarla para desalinización, por ejemplo, para calentar el agua en un proceso de evaporación.

2. Referencia histórica

El primer equipo de destiladores solares instalado del que se tiene constancia, data de 1872. Operaba en "Las Salinas", en el norte de Chile y se usaba para proveer de agua para beber a hombres y animales encargados del transporte de nitrato desde las minas del desierto. Estos estaban construidos en madera y vidrio, con una superficie de colección de alrededor de 5000 m² y su producción era de alrededor de 19 m³/día. Se cree que este destilador estuvo en funcionamiento durante 30 años hasta que se construyó el acueducto que lleva agua desde los Andes a la ciudad de Antofagasta [1].

3. Producción de los destiladores solares

Los equipos destiladores solares tienen una producción del orden de 4 l/m² día. El consumo mínimo de agua potable para una persona se estima en 2 l/día (para beber y cocinar), lo que obliga a utilizar varios m² para satisfacer las necesidades de pequeñas unidades habitacionales (escuelas, puestos sanitarios, asentamientos poblacionales, etc.) en las zonas con problemas de agua [2].

Para el uso de estos equipos en una región particular es necesario realizar un trabajo de desarrollo destinado a adaptar el sistema a las condiciones locales. Para la instalación de destiladores en áreas alejadas de los centros urbanos existen dos opciones. Una es la construcción

“in situ” del destilador con los materiales que se encuentren en la zona y la otra es armar el destilador en la ciudad e instalarlo armado.

La primera opción presenta desventajas económicas en el caso de ciudades pequeñas ya que los gastos de traslado y estadía del personal que permanece en el lugar para la construcción o el adiestramiento de personal local, representan un costo mayor que el de la instalación rápida de un modelo portátil. Si existiera personal adiestrado para la instalación, estos costos se reducirían bastante.

La segunda opción implica obtener un modelo que sea modular, transportable y de fácil colocación.

Este tipo de equipos debe tener una buena duración y un mantenimiento sencillo a un precio razonable, lo que implica fundamentalmente una adecuada selección de materiales disponibles y técnicas constructivas.

La productividad de un destilador se expresa generalmente por la cantidad de agua producida por unidad de área de bandeja por día. Esta cantidad varía según el diseño del destilador, la intensidad de la radiación solar y las condiciones atmosféricas en los alrededores. Una expresión más representativa es la eficiencia del destilador que se define como la productividad dividida por la radiación total diaria que llega al destilador por m^2 de superficie horizontal. Esta eficiencia varía entre el 35 y 60 % dependiendo del modelo utilizado [3].

4. Destilador tipo invernadero: materiales y aspectos constructivos

La figura 1 muestra un corte de un destilador de tipo invernadero.

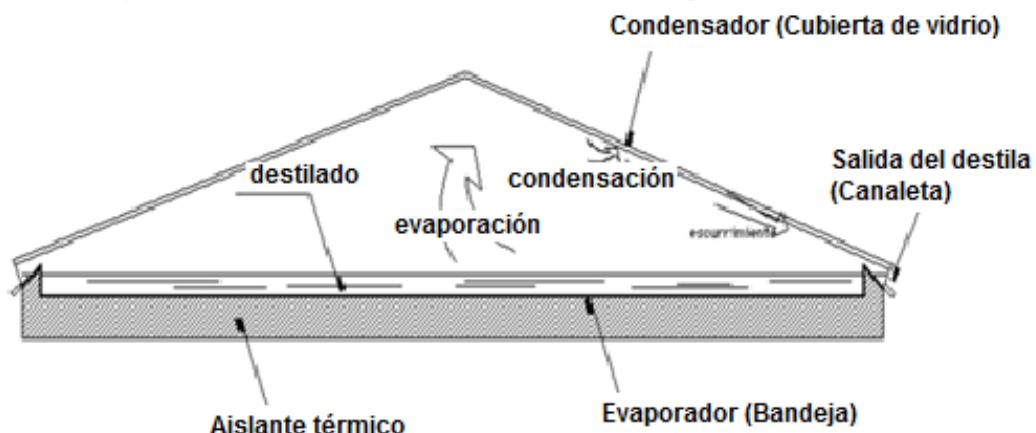


Figura 1. Corte de un destilador de tipo invernadero

Para poder diseñar un destilador solar, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

4.1 Bandeja

La bandeja debe tener dimensiones adecuadas a la necesidad de abastecimiento y al manejo práctico del equipo, ya sea para la construcción como así también para el mantenimiento. La cantidad de agua que debe contener, no tiene que superar los 10 cm de altura, ya que si fuera mayor cantidad, el agua no alcanzaría la temperatura adecuada. Profundidades menores de 2 cm no son aconsejables debido a que hay que nivelar muy bien la superficie, cualquier deformación que se produzca en la bandeja, puede provocar que queden áreas secas, disminuyendo la superficie de evaporación. En el caso de ser necesario una gran producción de agua, se pueden utilizar varios módulos pequeños.

4.2 Estructura

El soporte de la bandeja puede ser de distintos materiales como madera, cemento, fibra de vidrio, chapa metálica, etc. Puede estar recubierta con un plástico negro (polietileno o PVC), o algún impermeabilizante plástico para aplicar con pincel o máquina. El polietileno negro, si bien es muy económico y conveniente para grandes superficies, tiene muy poca duración, ya que al estar expuesto al sol se degrada. La pintura negra tiene que ser especial para altas temperaturas, de lo contrario, con el tiempo se despega. Si se pinta con pintura asfáltica esta tiene que ser de alta calidad para no contaminar el agua destilada. En todos los casos se debe tener especial cuidado que no existan filtraciones de agua al exterior.

4.3 Cubierta

La cubierta tiene la doble función de dejar pasar la radiación solar y servir como superficie de condensación. Puede usarse vidrio o plástico transparente, y debe tener una cierta pendiente de entre 5° y 25°. Pendientes menores a 5° no son recomendables debido a que puede "gotejar" y no deslizar. En el caso del plástico, se recomienda mayor pendiente debido a que el material es por lo general de bajo espesor y tiende a aflojarse. El plástico tiene que estar muy bien tensado y permitir el deslizamiento del agua destilada hacia las canaletas. El vidrio presenta las ventajas de tener una alta transmisividad para la radiación solar y baja en la radiación de baja temperatura, produciendo el efecto invernadero.

La cubierta debe poseer gran capacidad de mojado, permitiendo un buen deslizamiento del agua. La superficie interior tiene que estar limpia y libre de sustancias grasas. Su limpieza puede realizarse con una solución de amoníaco. La cubierta debe estar sellada para evitar pérdidas de vapor, para lo que se utilizan selladores basados en siliconas.

Los paños del vidrio no deben tener grandes dimensiones para evitar roturas. Un tamaño adecuado es 0,5 m².

4.4 Canaletas

Las canaletas reciben el agua destilada y la transportan al exterior, por lo tanto tienen que tener una cierta pendiente, para que el destilado pueda llegar al depósito. Se pueden fabricar con caños de PVC cortados por la mitad o de acero inoxidable. En el caso de hacer la batea de hormigón, ésta puede tener la canaleta incorporada a la estructura, dándole la pendiente adecuada. Se recomienda una pendiente de 0,5 cm por metro.

4.5 La aislación térmica

La bandeja debe estar aislada en su parte exterior para evitar las pérdidas de calor. El aislante puede ser poliestireno expandido, lana de vidrio o capas de aire y papel de aluminio. El poliestireno expandido no debe tener contacto directo con la batea porque se deforma por el calentamiento de la batea.

4.6 Sistemas de alimentación

En los sitios donde hay necesidad de agua desalinizada, el agua salina por lo general es de pozo, y no existen sistemas de agua corriente, por lo que se debe colocar un tanque de suministro de agua para los destiladores. Por lo general se utilizan tanques de fibrocemento. Si la superficie de destilación es grande, es conveniente utilizar un sistema de cañerías de alimentación y válvulas manuales en cada una de ellas. Con esto se mantiene el nivel del destilador cargando agua cada dos días. El llenado de agua debe hacerse por la mañana temprano, ya que es el momento en que está más fría el agua de la batea y por lo tanto no está produciendo vapor. A lo largo del día, el agua comienza a calentarse y el agregado de agua fría hace que todo el sistema se enfrie y deje de producir.

4.7 Recolección del agua pura

El agua que sale de un destilador solar es químicamente pura y libre de microorganismos, por lo tanto si se tiene la precaución de no ensuciar el recipiente o mezclar con el agua de llenado, ésta no tiene contaminación. Otra precaución que hay que tener, es de no dejar descubierto el recipiente de recolección, debido a que los microorganismos que transporta el aire pueden contaminar el agua.

4.8 Mantenimiento

El mantenimiento de los destiladores se realiza practicando una limpieza periódica de las sales que se depositan en el fondo de la bandeja. Para ello es conveniente dejar una puerta en alguno de los laterales del equipo, de manera tal de poder introducir un cepillo. Esta puerta tiene

que tener un cierre hermético para evitar las pérdidas de vapor. También el destilador tiene que tener una salida para el desagote.

5. Destiladores con cúpula rebatible

Los destiladores se pueden construir con la cúpula transparente rebatible o con la cúpula fija. Se describen dos tipos de construcción de bateas para cúpula rebatible, una de ladrillo que queda fija en el lugar donde se utilizará y otra de madera que se puede trasladar.

5.1 Estructura de ladrillo

Se debe construir un nicho o piletá baja de ladrillo o adobe con las siguientes dimensiones internas: 2 m de largo por 1 m de ancho, con una altura de 40 cm como mínimo, como muestra la figura. En uno de los lados más angostos se debe dejar una abertura para el desagote del equipo.

Una vez terminada la piletá se rellena hasta 15 cm del borde superior con cualquier material teniendo en cuenta que la última capa sea de un material aislante como carbonilla o vermiculita. Esta capa debe nivelarse con arena porque en ella va asentado el manto impermeable de color negro que hará de soporte para el agua. Este puede ser polietileno negro de 200/300 micrones, PVC, lona impermeabilizada o algún tipo de goma. El manto debe cubrir los bordes de la piletá. Para el desagote se coloca un niple con bridas en el manto donde se conecta un caño. El niple debe pegarse con pegamento siliconado para evitar las pérdidas. De esta manera queda construida la batea que contendrá el agua salinizada [4].

5.2 Estructura de madera

Se construye una caja de madera semidura de dimensiones internas 2 m x 1m x 10 cm de profundidad. La base se recubre con un manto negro con fijación y características similares al descripto en la sección anterior. En la parte inferior se debe dejar un espacio de 3 o 4 cm para colocar la aislación. Se deben construir soportes adecuados para mantener la caja elevada.

5.3 Cúpula de vidrio

La cúpula de vidrio se construye por separado la misma está compuesta por las canaletas y laterales de la misma, construidos en acero inoxidable, y los vidrios. Las canaletas son más largas que el destilador para poder tener la descarga al exterior. Se utilizan cuatro vidrios de 57 cm x 100 cm y 4 mm de espesor.

5.4 Armado de la cúpula

Se unen los ángulos con las canaletas a través de las aletas utilizando remaches de aluminio o un material inoxidable. Las tapas se pegan con pegamento siliconado y se remachan. Sobre esta estructura se colocan los vidrios con pegamento. Primero dos enfrentados con un sostén provvisorio en el centro del bastidor y luego los otros dos. Se sellan con pegamento siliconado todos los bordes. Se deja secar 24 h quedando terminada la cúpula lista para ser colocada sobre la batea. Es más sencillo pegar los vidrios utilizando la batea como sostén del bastidor

Conviene redondear los bordes filosos inferiores del bastidor para evitar que se corte el manto impermeable.

6. Equipos instalados en la Provincia de Salta



Figura 2. Destiladores solares en la localidad "Pozo la China".
Abastecen de agua a una escuela de 40 alumnos

En la Provincia de Salta se realizaron distintas instalaciones para desalinizar el agua de los pozos en la región del chaco salteño, donde el agua subterránea tiene un alto contenido de sales. En algunas regiones el contenido de arsénico en el agua supera ampliamente el máximo recomendado para beber. Las instalaciones se realizaron con módulos de destiladores de 1 m de ancho x 2 m de largo; el número de módulos instalados depende de la demanda de agua pura. Las figuras 2 y 3 muestran algunos de las instalaciones existentes. Se observa, además de los destiladores, el tanque de alimentación y de recolección.



Figura 3. Destiladores solares en la localidad "El Quemado". Abastece de agua a dos familias

7. Potabilización de agua

7.1 Provisión de agua

Las escuelas rurales tienen diversos sistemas de provisión de agua, lo que incide de manera importante en el funcionamiento correcto de los destiladores.

Las alternativas usuales son:

a) Se dispone de un pozo y una bomba para extracción y distribución del agua en las instalaciones de la escuela. La bomba puede funcionar con energía eléctrica o con un motor que utiliza un combustible convencional.

b) Se dispone de un manantial natural a mayor altura que la de las instalaciones, y de las tuberías necesarias para hacer llegar el agua a un tanque de reserva en la escuela. Si la provisión desde el manantial usa una acequia puede ser necesario recurrir a una bomba para alimentar el tanque.

c) Se dispone de un pozo de poca profundidad o de un manantial pero el agua se lleva en forma manual hasta un tanque de reserva.

Será necesario disponer de esta información con detalle para decidir el tipo de instalación a utilizar.

Para alimentar de agua a los desalinizadores es preferible almacenar el agua a tratar en un tanque elevado a una altura por encima del nivel de los destiladores, para así poder distribuir el agua por gravedad cada vez que sea necesario recargar los mismos.

7.2 El emplazamiento del destilador

Los destiladores deben ubicarse en un lugar cercano a la escuela, para ello debe seleccionarse un lugar soleado durante la mayor parte del día y del año. Las sombras al amanecer o al atardecer no afectan significativamente el funcionamiento del equipo.

7.3 Otros aspectos de la ubicación del destilador

El sistema de desalinización está compuesto por los módulos de desalinización, el tanque de alimentación y el tanque de recolección. La superficie destinada debe ser aproximadamente el doble de la superficie de los destiladores. La distribución de agua se realiza por gravedad por lo que el terreno debe estar nivelado. El número de destiladores varía según la demanda de agua pura.

Es conveniente cercar el predio donde se encuentran los destiladores, con un alambrado olímpico, para evitar el ingreso de animales, que podrían romper los vidrios.

7.4 Colocación del equipo de destiladores

Se nivela el terreno, se colocan las bases de los destiladores con sus patas, se instala el tanque de alimentación de manera que la salida de agua quede por encima del nivel de los destiladores, se colocan las cañerías o mangueras de alimentación y se nivelan las cañerías de recolección de agua pura, que la llevan al tanque de almacenamiento. Se debe tener especial cuidado que el sistema de recolección no quede abierto al ambiente, porque esto podría ser una fuente de contaminación.

7.5 El granizo

En lugares con granizo las cubiertas de vidrio pueden sufrir graves daños. En ese caso se debe prever una protección antigranizo.

7.6 Operación

En condiciones normales la operación es muy sencilla. Se cargan las bateas de los destiladores hasta una profundidad de aproximadamente 10 cm de profundidad.

La primera vez que se opera el desalinizador, se debe desechar el agua producida ya que puede tener mal sabor debido a los sub-productos que producen los pegamentos apenas se los instala. Después, lo único que se debe tener en cuenta es llenarlos periódicamente para mantener el nivel de agua del destilador.

7.7 Mantenimiento

Es necesario realizar un mantenimiento periódico en los siguientes aspectos.

El polvo que se deposita en la superficie transparente disminuye la cantidad de radiación que llega a la batea. Periódicamente será necesario limpiar la cubierta del equipo. Los intervalos a los que esto debe hacerse dependen mucho de las condiciones locales, ya que algunos lugares tienen una mayor cantidad de polvo en el ambiente que otros. La limpieza debe hacerse con agua y un paño o cepillo suave que mantenga en buenas condiciones la cubierta, especialmente si la misma es de plástico.

El uso de agua cruda con un gran contenido de sales exige una limpieza periódica del destilador, ya que las sales se depositan en el fondo y el color del mismo se modifica perdiendo eficiencia.

Para acceder a la batea, donde se acumulan las sales, se desconecta la cañería de recolección del destilado y luego se retira la cúpula hacia arriba, quedando la batea libre para su limpieza o reemplazo. La limpieza se realiza con un cepillo. A continuación se abre la llave de desagüe del destilador y se evacua el agua salada. Luego se enjuaga con agua cruda, cerrando finalmente la llave de desagüe con la cúpula en su lugar y reconectando las mangueras de alimentación y de recolección del destilado.

La limpieza se realiza periódicamente, dependiendo del tenor salino del agua cruda. El periodo puede ir entre una semana y seis meses. Haciéndolo con frecuencia de un mes, por ejemplo, se puede evitar que las sales depositadas se adhieran a la batea, haciendo más fácil y rápida la limpieza, que puede durar 10 minutos entre dos personas.

El mantenimiento necesario consiste en el reemplazo del plástico de la batea cada 2 o 3 años.

8. Descripción de un equipo realizado por el INENCO e instalado en la Provincia de Salta

La siguiente es una breve descripción del equipo de destiladores instalados en la zona de Anta, Provincia de Salta. Este conjunto consta de 4 módulos, que tienen una superficie total de captación de radiación solar de 8 m² [5, 6].

El equipo construido consiste en módulos (destiladores) conectados a un tanque de alimentación. El corte de uno de los módulos se muestra en la figura 4. La batea de 190 x 125 x 8 cm de fibra de vidrio negra está soportada por un armazón de caño estructural de 30 x 20 mm con una bandeja de malla SIMA, donde asienta la aislación de poliestireno expandido de 5 cm de espesor. Entre la aislación y la batea se colocan tablas de madera de 1/2 pulgada en sentido longitudinal para darle un mejor apoyo, mayor firmeza a la batea y evitar el contacto directo de la aislación con la batea caliente. En los laterales se fijan las canaletas de acero inoxidable de forma

tal que sobre las mismas se apoyan los vidrios. En los extremos, se colocan tapas de aluminio, una de ellas con una puerta para limpieza, estas tapas también sirven de apoyo de los vidrios. Todo el sistema está recubierto en su parte inferior por polietileno negro. Una vez armado cada módulo en el lugar, se sellan las aberturas con un pegamento siliconado y se conectan mediante cañerías al tanque de alimentación de agua.



Figura 4. Corte de uno de los módulos

La puerta lateral que se utiliza para limpieza del destilador está realizada en aluminio y es de forma circular. Se cierra herméticamente por medio de un aro de goma y una traba de ajuste. El operador afloja la tuerca del tornillo, de forma tal que la puerta cae hacia adentro pudiendo ser retirada. Se puede introducir por la misma un cepillo de mango largo para limpiar el fondo de la batea de los cristales de sal que quedan incrustados después de unos días de operación. En la zona donde se instaló el equipo se observó la deposición de tierra arcillosa que provoca la variación de color en la batea. En la parte inferior de la misma se coloca un caño que sirve para su llenado y desagote.

El esquema de la figura 5 muestra el detalle del sello de la cúpula de los vidrios. La misma se construye con cuatro paños de vidrio, dos de cada lado. En los laterales de cada vidrio se coloca un perfil en T de aluminio, y en la parte superior se pega un trozo de manguera flexible en uno de sus ángulos. Los vidrios se apoyan en la canaleta de acero inoxidable aprovechando los remaches que aseguran la misma. Los perfiles permiten conseguir un mejor apoyo para la colocación. Aunque la colocación de perfiles aumenta en algo el costo final, facilita el armado "in situ" ya que el vidrio se transporta despegado y con un embalaje adecuado. Además, se facilita el recambio en caso de rotura del vidrio durante el funcionamiento.

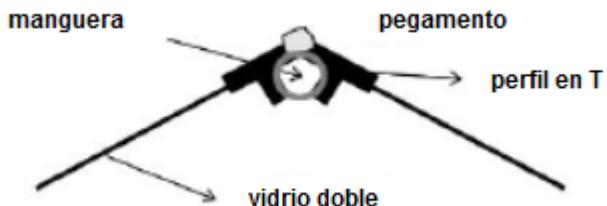


Figura 5. Detalle del vértice superior de la cúpula

El vértice superior de la cúpula se calienta más que el resto del vidrio y no permite la condensación en esta zona, evitando el goteo que se produciría desde esa zona. Los vidrios y laterales se sellan con pegamento siliconado evitando las pérdidas de vapor y permitiendo la expansión térmica de los vidrios.

8.1 Ensayo del destilador

Se tomaron medidas cada media hora de radiación, temperatura del agua, temperatura ambiente y cantidad de agua destilada. La figura 6 muestra los resultados obtenidos. Por una parte se grafica la evolución de la intensidad de radiación solar entre la 9 h y las 18 h de un día particular de funcionamiento del destilador en un mes de verano. La intensidad pasó por un máximo alrededor de las 14 h. La brusca caída entre las 17 y las 17:30 se originó por la presencia de nubes en ese momento. La temperatura del agua alcanzó un máximo de aproximadamente 74 °C alrededor de las 15 h. Las otras 2 curvas muestran el volumen de agua destilado en distintos intervalos de tiempo y la predicción teórica usando un modelo del proceso.

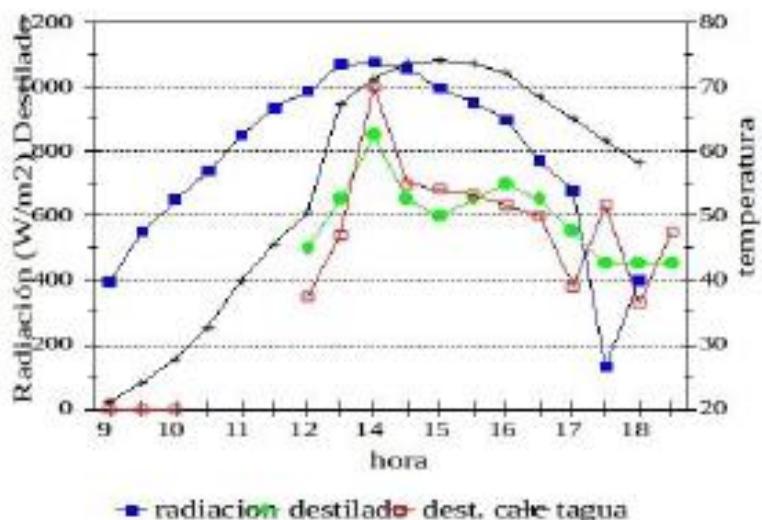


Figura 6. Medidas experimentales de la intensidad de radiación, temperatura del agua y volumen de agua recolectado en distintos intervalos de tiempo, comparado con la predicción de un modelo del proceso

8.2 Instalación del conjunto de destiladores

Se instaló un conjunto de 4 destiladores del tipo descripto a 250 km de la Ciudad de Salta. En el lugar viven tres familias con un total de 12 personas. El agua del pozo tiene un contenido de 0,3 mg de As/litro y es turbia debido al contenido de arcilla. Los destiladores se encuentran ubicados a 20 metros de una de las casas de familia y a la misma distancia del pozo de agua. La alimentación es manual. El destilado se recoge en bidones de plástico de 10 litros de capacidad, los que se distribuyen entre las familias. Toda la instalación está rodeada de un alambrado de tipo olímpico con una puerta de entrada para protegerlo de los animales.

8.3 Conclusiones sobre el equipo construido

El equipo construido cuenta con las siguientes ventajas:

- a) Tiene bajo peso, las bateas y las estructuras son apilables, lo que permite que el equipo completo, inclusive el tanque de almacenamiento de agua, se pueda transportar en una camioneta.
- b) Todos los materiales usados mostraron una buena duración, asegurando un funcionamiento por tiempo prolongado con bajo mantenimiento.
- c) El diseño permite la construcción en serie de la cantidad de módulos que sean necesarios para satisfacer los requerimientos de agua potable en cada caso en particular.
- d) El armado de los cuatro módulos, conjuntamente con las cañerías de llenado y desagote, se realiza en aproximadamente ocho horas trabajando dos personas. No se requiere ningún tipo de instalación especial (como piso nivelado de cemento o alguna otra construcción adicional).
- e) Los problemas de nivelación quedaron resueltos con el agregado de las patas regulables, que debido al bajo peso del equipo, permite que se asienten en el suelo de tierra sin hundirse.

La producción de agua destilada medida en el lugar en diciembre de 1993, fue de 40 litros por día. Se observó además una producción nocturna de entre 10 y 15 litros más, debido a las altas temperaturas de la zona.

Los habitantes beben el agua destilada con el agregado de un conjunto de sales que normalmente están en el agua potable y que son necesarias para el ser humano. Ellos mismos se ocupan de la limpieza periódica de las bateas y la cubierta de vidrio de los destiladores [7, 8].

Referencias bibliográficas

- [1] J.A. Duffie & W.A. Beckman, *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2a edición, Wiley-Interscience, New York, 1991.
- [2] S.B. Talbert, J.A. Eibling & G.O.G. Löf, *Manual on Solar Distillation of Saline Water*, Research and Development Progress Report No. 546, Office of Saline Water, U.S. Department of Interior, Washington, DC, 1970.
- [3] E.D. Howe & B.W. Tleimat, in *Fundamentals of Water Desalination, Solar Energy Engineering*, A.A.M. Sayigh (Ed.), Academic Press, Cap. 20, 1977.
- [4] J. Franco & L. Saravia, *Destilador solar de baja pendiente*, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar, Volumen 1, Nº1, pp.65-68, 1997.
- [5] J. Franco, L. Saravia, R. Caso & C. Fernández, *Diseño e instalación de un equipo de destiladores en el Departamento de Anta, Provincia de Salta*, Actas de la 16º Reunión de Trabajo de ASADES, Tomo II, pp. 595-599, 1993.
- [6] J. Franco, *Producción de agua potable con energías renovables en zonas aisladas del NOA*, Tesis Doctoral, INENCO, marzo de 1994.

- [7] R. Caso, C. Fernández, L. Saravia & J. Franco, *Instalación de un equipo de destiladores en el Departamento Rivadavia Banda Norte, Provincia de Salta: nuevo diseño*, Actas de la 18º Reunión de Trabajo de ASADES, octubre, 1995.
- [8] J. Franco, L. R. Saravia, R. Caso & C. Fernández, *El diseño de destiladores de batea para grupos familiares en el Chaco Salteño*, Energías Renovables y Medio Ambiente, Volumen 3, pp. 41-46, noviembre de 1997.