

DESTILADOR SOLAR DE MÚLTIPLES EFECTOS PRIMEROS RESULTADOS

Afrado Esteves* - Jorge C. Fernández Llano**
Facultad de Ingeniería - U.N.C.
C.C. 425 - Mendoza

RESUMEN

Se presentan las experiencias realizadas con un prototipo de un destilador solar de múltiples efectos construido en la Facultad de Ingeniería.

El bajo rendimiento del destilador tipo Basin, ha estimulado la investigación dirigida hacia un destilador de múltiples efectos en el cual, el rendimiento se ve incrementado al producirse una mayor cantidad de destilado para la misma radiación incidente.

Los datos experimentales preliminares permiten predecir un rendimiento cercano al 52% para la situación climática local.

INTRODUCCION

Se han realizado numerosos esfuerzos para proveer de agua potable a zonas donde la salinidad del agua hace inconveniente su utilización para el consumo humano y para el riego. Experiencias realizadas con destiladores BASIN en distintas partes del mundo, indican productividades entre 3 y 4 litros/m². día como promedio anual (1). Sin embargo es posible lograr mayores productividades por medio de la reutilización de la energía solar colectada. Esto ha dado lugar al llamado destilador de múltiples efectos, atendiendo a su similitud con los evaporadores empleados en la industria química.

En 1987 se comenzó a trabajar con un programa de investigación cuyo objetivo es lograr el diseño de un destilador solar apropiado para la región.

Los pasos a seguir pueden resumirse de la siguiente manera:

- 1- Análisis de la situación local
- 2- Diseño del destilador
- 3- Análisis experimental
- 4- Conclusiones

ANÁLISIS DE LA SITUACION LOCAL

La destilación solar no siempre constituye la solución más apropiada (2) por lo tanto, se debe analizar cuando es factible la utilización de este proceso:

* Docente Cátedra Operaciones Unitarias

** Jorge C. Fernández Llano Becario Investigador CIUNC

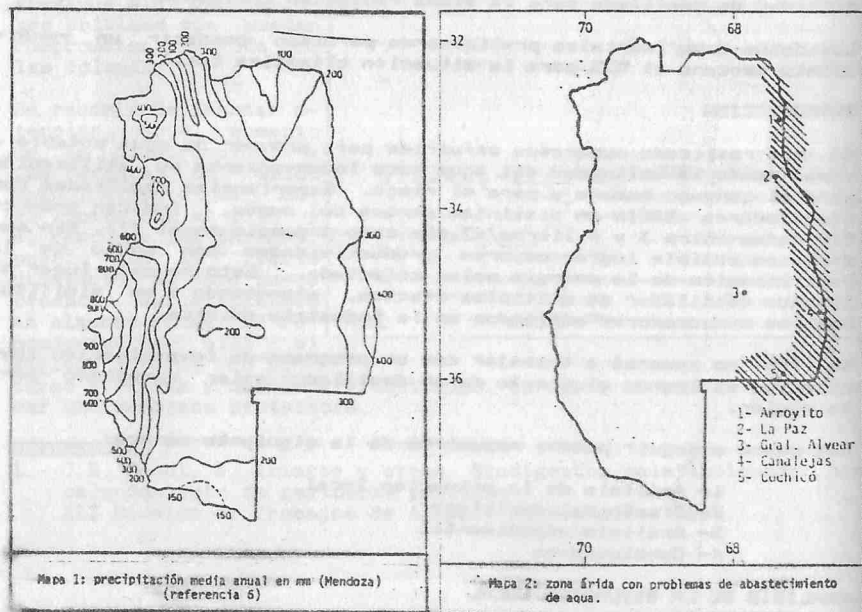
1- En lugares donde no existen fuentes de agua apta para el consumo o las existentes son difíciles de explotar, o bien se posee abundante agua salada sin elementos perjudiciales para la salud (Arsénico, Plomo, etc.)

2- En zonas donde las precipitaciones no superan los 400 mm anuales o bien, poseen periodos reducidos de lluvias.

3- En zonas que poseen buena radiación solar (por encima de los 15 MJ/m².día como promedio anual).

4- En pequeñas poblaciones generalmente alejadas de las fuentes convencionales de energía (gas, combustibles líquidos, líneas eléctricas) y un elevado costo de transporte.

En la provincia de Mendoza existen zonas desérticas ubicadas en el llano, donde las lluvias son muy escasas, menores de 400 mm anuales (Mapa 1). Se ubican en la zona Este de la provincia, en una franja junto al Río Desaguadero (Mapa 2). En general se encuentran aisladas de centros de aprovisionamiento de energía.

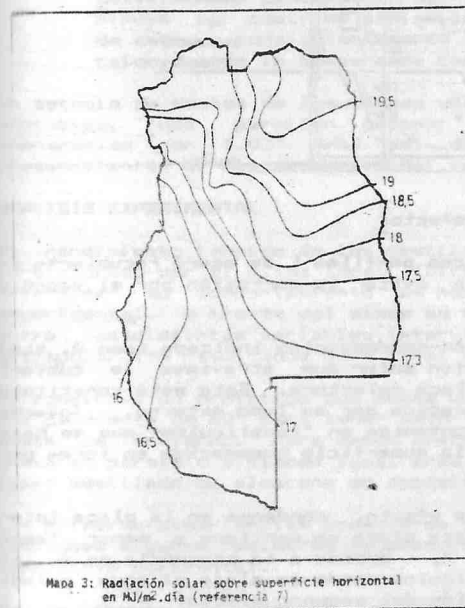


La capa freática se encuentra a poca profundidad, pero el agua que puede obtenerse contiene un elevado tenor salino a tal punto que no son aptas para su ingestión ni para riego. Un ejemplo de la calidad del agua aparece en la Tabla 1 según los ensayos efectuados por Obras Sanitarias Mendoza en un perforación existente en la localidad de Cochicó.

El aprovisionamiento de agua potable se lleva a cabo mediante camiones tanque, desde la Municipalidad más cercana. Ejemplo de esto son las localidades de Cochicó (Latitud: 35° 55' S; Longitud: 66° 50' O) que se aprovisionan desde General Alvear, distante 110 Km al Norte y al Oeste respectivamente. Otro ejemplo lo constituye Arroyito, sobre la margen del Río Desaguadero que se aprovisiona de agua desde la Municipalidad de La Paz, distante 115 Km. En este último caso el camino es precario lo que ocasiona mayor complicación en el servicio.

La radiación solar en esta región puede observarse en el Mapa 3; supera los 17 MJ/m².día como promedio anual.

Todos los factores son indicativos de la conveniencia de utilizar estos sistemas, ya que se cumplen todos los requisitos enunciados anteriormente.



ELEMENTO QUIMICO	AGUA DE COCHICO	AGUA POTABLE
PH	7,1	7+0,5
Carbonatos	3670	400
Cloro	--	--
Nitritos	0,05	0,10
Amonio	0,30	0,50
Cloruro	3950	700
Sulfatos	3760	400
Nitratos	250	10
Calcio	888	
Magnesio	350	
Sodio	2500	
Potasio	50	
Fluoruros	1,6	0,2
Arsénico	0,0	0,10
Plomo	0,0	0,05
Hierro	0,0	0,20

DISEÑO DEL DESTILADOR

Para el diseño del destilador se tuvieron en cuenta las siguientes premisas:

- 1- Reutilización de la energía solar incidente tratando de lograr una mayor productividad por m² de área colectora.
- 2- Aprovechar al máximo la radiación solar transmitida al agua.
- 3- Reducir las pérdidas de calor sensible al medio ambiente exterior.

Se elaboraron dos diseños que cumplieran con las consideraciones anteriores, y de ellos se eligió uno como el más apropiado por su simplicidad constructiva.

El diseño adoptado puede observarse en la Figura 1. Consta de dos efectos o cámaras de evaporación-condensación alimentadas en paralelo.

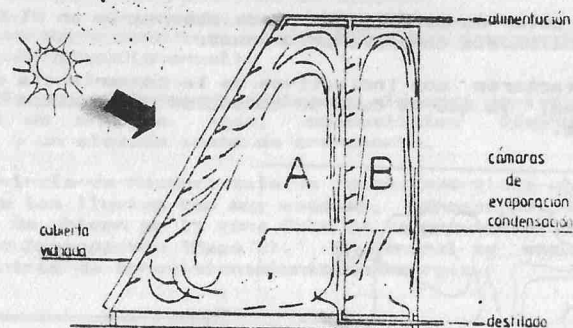


Figura 1: Destilador de doble efecto.

La estructura está construida con perfiles L de acero recubierto con pintura epoxi-bituminosa para evitar la corrosión por el vapor de agua.

La primera cámara de evaporación-condensación indicada como A, tiene como fuente de calor la radiación solar que atraviesa la cubierta vidriada e incide sobre la placa colectora. Esta está constituida por un chapa galvanizada anegrecida por su lado externo. Internamente circula agua salada contenida en "canaliculos" que se hacen desbordar, manteniéndose así la superficie humedecida en forma permanente.

El vapor que se produce en este efecto, condensa en la placa intermedia ubicada entre A y B. Esta placa se mantiene a menor temperatura que la del ambiente en A, debido a la presencia en su lado opuesto de otra serie de canaliculos donde se aloja el agua salada, correspondiente a la alimentación del segundo efecto.

La fuente térmica para el segundo efecto lo constituye el calor latente de condensación, entregado por el vapor del primer efecto. Este calor se transmite a través de la placa que, como en el primer efecto, es de chapa galvanizada.

El vapor producido en la cámara B se condensa en otra placa de la misma manera que en el primer efecto. El calor de condensación se transmite por conducción a través de la placa hacia la superficie externa de la misma y desde allí por convección al aire exterior.

Con este diseño se logra cumplir con los requisitos impuestos anteriormente:

- Se reutiliza el calor solar en el segundo efecto.
- La radiación solar incidente se transmite al agua atravesando un vidrio, una cámara de aire estanca y la placa de chapa galvanizada. En el destilador tipo Basin, la energía solar que pasa a través del vidrio debe también atravesar una película de agua que absorbe parte de la radiación incidente, al igual que el vapor de agua que se encuentra dentro de la cámara. Otra parte de la radiación solar se pierde por reflexión en la superficie de agua.
- En cuanto a la tercer premisa, puede observarse que se aprovecha el efecto invernadero que ocurre en la cubierta vidriada, disminuyendo así las pérdidas de calor a través de la misma. Además gran parte del resto de la envolvente se utiliza como condensador del segundo efecto, lo que disminuye el costo de aislación aprovechando mejor los flujos de calor y consiguientemente se reducen las pérdidas de calor cuando lo comparamos con el destilador Basin.

Un estudio de costos de los mismos utilizados en la construcción del prototipo, nos permiten obtener un valor de 1.600 A/m² en comparación con 1.027 A/m² del destilador Basin (Valores correspondientes al mes de agosto del corriente año).

ANÁLISIS EXPERIMENTAL

El rendimiento térmico de los destiladores solares está fuertemente condicionado por el clima local (Dickinson et al - 1980). Para determinar su comportamiento se hace necesario recurrir al método experimental. A través del mismo se trata de obtener correlaciones entre las distintas variables intervinientes y de esta manera poder extrapolar los resultados para otras condiciones climáticas.

Se construyó un prototipo que posee un área colectora de 1.20 m² con una pendiente de 60° para tener mayor radiación incidente en los meses de invierno. Para ambos efectos el agua de alimentación ingresa en paralelo y tienen igual área de condensación (1 m²). El volumen destilado se almacena en depósitos que están fuera del equipo.

Las primeras experiencias comenzaron durante el mes de Julio de 1988 tomándose algunos registros de productividad y radiación solar sobre superficie horizontal.

En la Figura 2 aparece representada la productividad en litros/m².día en función de la radiación solar incidente en MJ/m².día. Presenta también líneas de rendimiento constante (en trazos) calculadas según la ecuación:

$$G = \frac{G \times L}{H}$$

donde:

- G : Productividad diaria de destilado (Kg/día)
- L : Calor latente de evaporación (KJ/Kg) = 2.484
- H : Radiación solar incidente (KJ/m².día)

Se puede apreciar un rendimiento aproximadamente constante con la radiación solar incidente, sensiblemente mayor que el obtenido con los destiladores Basin. Para éstos, el rendimiento aumenta para

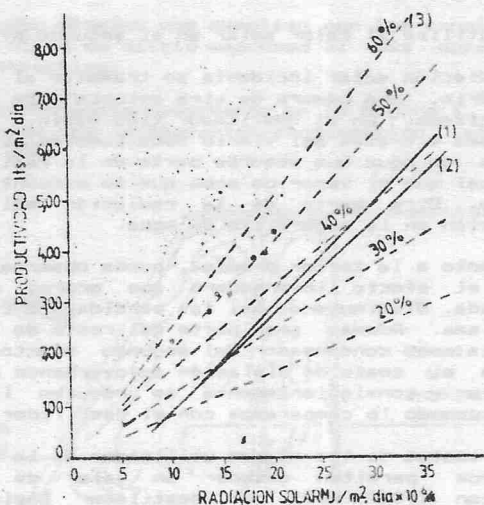


Figura 2.

mayores valores de radiación solar incidente (1), como indican las curvas (1) y (2). Cabe destacar que los valores obtenidos experimentalmente, corresponden a mediciones realizadas durante días claros.

CONCLUSIONES

Los ensayos preliminares indican un mayor rendimiento para el destilador de múltiples efectos con respecto al tipo Basin.

La posibilidad de contar con un sistema solar cuyo rendimiento específico sea mayor, implica una reducción en el área necesaria por un lado, y en el período de retorno de la inversión por el otro.

El rendimiento podría ser incrementado si incorporamos otro efecto, estudio que se prevé realizar en una etapa posterior. En este caso un análisis económico indicará si este incremento en el rendimiento justifica los mayores costos.

Si bien los resultados preliminares indican la conveniencia de implementar tales sistemas, se hace necesario contar con una mayor experimentación para estudiar este tipo de destilador bajo distintas condiciones ambientales, de caudal de alimentación, de espaciamiento entre placas y la capacidad de canalículos.

REFERENCIAS

- 1- Dickinson, W y Chereninsoff, J. (1980): "Solar Energy Technology Handbook". Parte A. Capítulo 33.
- 2- Kreider, J. y Kreith, F. (1980): "Solar Energy Handbook". Mc Graw-Hill. N.Y. Capítulo 10.
- 3- Capitanelli, R.: "Boletín de Estudios Geográficos". Universidad Nacional de Cuyo. Dic. 1987