

ANALISIS DE COSTOS DE AGUA DESTILADA EN UN SISTEMA
POZA SOLAR - DESTILADOR MULTIEFECTO A PRESION ATMOSFERICA

Luis Saravia y Graciela Lesino
INENCO

Universidad Nacional de Salta - Conicet
Calle Buenos Aires 177
4400 - Salta, Argentina

RESUMEN

El presente trabajo presenta el análisis del costo del metro cúbico de agua destilada producida con un sistema que acopla un destilador multiefecto a presión atmosférica con una poza solar como fuente térmica. La idea central de la propuesta es que un conjunto colector-acumulador solar de bajo costo como el propuesto permite el uso del destilador, la parte más cara del sistema, las 24 horas del día. Los valores obtenidos para una región alrededor de los 30 grados de latitud, árida y con buena radiación son del orden de los U\$S 4,80 por metro cúbico. La cantidad diaria de agua producida por este tipo de sistema corresponde a un rango intermedio entre los destiladores solares de batea de baja producción y los sistemas más grandes que usan tecnologías más tradicionales.

1.- INTRODUCCION

El destilador solar de tipo batea constituye un sistema de suministro de agua potable a partir de agua salada que es factible desde el punto de vista económico y de mantenimiento para las aplicaciones de pequeño consumo, como ser viviendas, escuelas y centros sanitarios en zonas aisladas.

Para consumos algo mayores, como ser pequeñas poblaciones, se puede pensar en la utilización de sistemas solares de tipo multiefecto que trabajan a presión atmosférica (1) por dos razones :

- a) sigue teniendo un mantenimiento muy sencillo, que se puede llevar a cabo con mano de obra no especializada,
- b) al mejorar la cantidad de agua potable por unidad de energía consumida se facilita el uso de fuentes energéticas de costo inicial mayor, como es el caso de las fuentes no convencionales.

No obstante, esta solución tiene el inconveniente de que el costo inicial por unidad de volumen diario producido es mayor que el de los sistemas de batea. Una forma de reducir la influencia de este problema consiste en el uso de una fuente solar colector-acumulador que permita el uso del destilador en forma continua, es decir, durante las 24 horas del día. La poza solar (2) es un colector que por su bajo costo y muy buena acumulación resulta atractivo con este fin.

En el presente trabajo se realiza un análisis del costo de agua destilada para un sistema constituido por un destilador

multiefecto a presión atmosférica de nuevo diseño y una poza solar que actúa como generador térmico y acumulador. En las próximas secciones se describe el sistema y la metodología de simulación, y se discuten los resultados obtenidos.

2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA

El destilador a usar es una versión de un equipo multiefecto a presión atmosférica que ha sido propuesto recientemente(1). Consta de 5 etapas en disposición vertical.

La inferior es una batea donde se entrega el calor y se alcanza la máxima temperatura. La superior es un tanque de agua que cumple dos funciones. Por un lado trabaja como un disipador térmico ya que su fondo inclinado de bronce constituye la última etapa de condensación, donde se mantiene una temperatura unos pocos grados por encima de la ambiente. Por otro lado constituye la reserva de agua salada que alimenta el equipo. Las etapas intermedias son superficies inclinadas de acero inoxidable colocadas en forma alternada de manera que el agua salada que se alimenta en la etapa superior va cayendo de una superficie a otra y es distribuida en cada una mediante un paño de algodón. El vapor que se desprende de la batea inferior condensa en la cara inferior de la superficie inclinada y es recogido por una canaleta. El calor desprendido produce la evaporación del agua que corre por la cara superior de la superficie.

El equipo tiene una altura de 1.8 m y un ancho de 0.40 o 0.80 m de acuerdo a su disposición interna. Puede ser escalado aumentando su longitud hasta obtener producciones en el orden de 400 litros por día por cada unidad.

La poza solar es un colector-acumulador consistente en una piscina con una profundidad en el orden de los 3 metros que se llena con una solución en la que se construye un gradiente salino que impide la convección de la solución. El fondo de la poza absorbe parte de la radiación solar y va aumentando su temperatura. En el fondo se forma una capa convectiva de la cual se extrae la solución de alta concentración y temperatura para su uso. La poza tiene una masa líquida a alta temperatura que constituye una buena acumulación y permite alimentar el sistema de destilación en forma continua.

En la presente propuesta, la bandeja inferior del destilador es calentada por la poza utilizando un circuito con bomba que toma la solución del fondo de la poza y la pasa por un intercambiador conectado con las bandejas. Otra alternativa consiste en utilizar un intercambiador en el fondo de la poza, en cuyo caso la solución de la bandeja llega al fondo de la poza, se calienta y sube por convección natural, no necesitándose bomba.

3.- SIMULACION DEL SISTEMA

Los cálculos para determinar las condiciones de funcionamiento del sistema y su producción se han realizado según el modelo del destilador parcialmente validado en forma experimental (1) y una simulación numérica de las pozas solares

en régimen sinusoidal (3). Las condiciones climáticas y otras bajo las que se han corrido los programas de simulación corresponden aproximadamente a zonas como la Puna Argentina, donde hay problemas de arsenicismo, y la Baja California y el Mar Muerto, donde sería necesario potabilizar agua de mar. Se trata de latitudes cercanas a los 30 °C y climas de alta radiación, áridos pero de diferentes temperaturas medias.

La simulación del destilador se realiza en condiciones estacionarias debido a que la masa de agua involucrada en el diseño utilizado es muy pequeña. Se establece una distribución tentativa de temperaturas en las bandejas y se calcula el balance térmico para cada una. De acuerdo al resultado del mismo se modifica la distribución en forma iterativa hasta lograr el balance térmico de cada etapa. El intercambio de calor entre las etapas tiene en cuenta la convección del aire, el intercambio radiativo y el transporte de vapor. Este último se calcula de acuerdo al modelo de Dunkle. De acuerdo a los resultados experimentales obtenidos (1), este modelo da valores razonables para la producción de agua de cada etapa. El acoplamiento entre el destilador y poza tiene en cuenta dos aspectos. Por un lado la temperatura del fondo de la poza establece la temperatura de trabajo del destilador. Con esa temperatura se determina el consumo energético del destilador en estado estacionario, el cual se acopla a la poza.

La poza solar es un sistema de gran masa, por lo que si bien es necesario tener en cuenta el efecto de inercia térmica, basta con considerar las variaciones mensuales de temperatura y radiación en un régimen sinusoidal. El diseño de la poza implica la selección de dos parámetros geométricos: la profundidad de la capa convectiva inferior y la altura de la capa no convectiva. Esto se realiza en forma iterativa teniendo en cuenta la necesidad de trabajar con la temperatura más alta posible compatible con las membranas impermeables usuales, la necesidad de acoplar la poza y el destilador, y la obtención de la mayor eficiencia posible para la temperatura de trabajo elegida.

4.- RESULTADOS Y COSTOS

Los resultados de la simulación indican que con temperaturas medias del ambiente y radiaciones correspondientes a la zona de la Puna, la producción horaria es de 1.96 kilogramos por hora, 16.5 metros cúbicos por año, por cada metro cuadrado de batea de destilador. Se ha admitido que el número de días de funcionamiento por año es de 350, teniendo en cuenta las necesidades de mantenimiento. Se deberán instalar 9.6 metros cuadrados de poza solar por cada metro cuadrado de destilador. Si la temperatura ambiente media sube de 10 °C, con la que se hizo el cálculo anterior, a 20 °C, la producción baja a 15.5 metros cúbicos por año, pero se necesitan 7.4 metros cuadrados de poza.

La evaluación de costos se ha realizado utilizando el método del valor presente, actualizando los gastos futuros con un interés anual del 10 % y una duración de los equipos y poza de 10 años.

Los gastos de capital principales son :

- a) construcción de la poza a razón de U\$S 10 por metro cuadrado de poza,
- b) construcción del destilador, a razón de U\$S 500 por metro cuadrado de batea de destilador.

En los costos anuales se deben tener en cuenta los gastos de operación y mantenimiento. Estos se han evaluado en 5% anual de la inversión inicial.

El costo a valores presentes que se obtiene es de U\$S 4.7 por metro cúbico de agua en el caso en que la temperatura ambiente es de 10 °C, aumentando a U\$S 4.85 si la temperatura ambiente sube a 20 °C.

5.- CONCLUSIONES

Para tener una idea del significado de los valores obtenidos se debe indicar que el costo del agua producida mediante un destilador de batea convencional se encuentra en el orden de los U\$S 10 por metro cúbico de agua, en la Argentina. Ello implica que el uso de la poza tiene interés potencial ya que permite una reducción sustancial de costos.

Estos resultados muestran que existe interés en el uso combinado de las pozas solares y destiladores multiefecto en zonas áridas, por lo que es importante definir con mayor detalle un conjunto de aspectos que hacen a la optimización del conjunto. Estos aspectos son :

a) El destilador de multiefecto tiene una producción que se incrementa en forma exponencial con la temperatura de la batea del destilador. Estos cálculos se han hecho con una temperatura en el orden de los 75 °C, ya que este valor es factible de ser obtenido en una poza cosntruída con materiales de bajo costo. Si se usara un calentador externo para llegar a los 90 °C, la producción se duplicaría. Esto se puede lograr usando combustibles tradicionales o un colector solar especial, de manera que la poza, con su bajo costo, produzca el ascenso básico de temperatura y otro colector de costo inicial mayor permita obtener el incremento adicional necesario;

b) las necesidades estacionales de agua potable, que pueden ser atendidas eligiendo adecuadamente la acumulación estacional en la poza;

c) un estudio más detallado sobre la conveniencia de encarar un diseño basado en la maximización de la producción o del rendimiento térmico.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Franco J., L.R. Saravia, A new design for a multistage solar still, aceptado para su publicación en los Proceedings del Solar Energy Forum, ASES 1993 Solar Energy Conference, ASME International Solar Energy Conference, Washington D.C., 1993.

2.- Hull, J.R., C.E. Nielsen, P. Golding, Salinity Gradient Solar Ponds, CRC Press, Boca Ratón, Florida, 1990.

3.- Saravia, L.R., G. Lesino, Small and medium size solar ponds thermal analysis, publicado en los Proceedings de la 2a. Conferencia Internacional de Pozas Solares, Roma, 1990.

R. Ramón R. Corvalán, D. Ponco

Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Chile
Casilla 2777 Santiago de Chile

J. Doris

Grupo de Energía Solar
Facultad de Física
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, España

RESUMEN

En este trabajo se realiza un estudio teórico de los fenómenos interfaciales, para su aplicación en la evaporación. Se demuestra que con pequeñas cantidades de surfactantes se puede disminuir el calor de cambio de fase.

También se realizan medidas experimentales en un prototipo de deshidratador mediante una gran superficie evaporativa, pasando el GOR (Growth Output Ratio) de un valor 4.5 sin detergente a 10.67 con detergente, con un aumento del 30 % de destilado, para el mismo consumo energético.

INTRODUCCIÓN

La conducta de la superficie de las fases difiere siempre de la masa de ellas, a causa de los cambios rápidos que deben tener lugar en la zona límite y en las proximidades de la misma. Los agrupamientos de calor en equilibrio se destruyen, lo que conduce a un exceso de energía asociada con la superficie, medida por unidad de área. Esta energía tiende a disminuir la superficie.

La física de superficies estudia los fenómenos que producen estas interacciones interfaciales en los sistemas caracterizados por tener una razón superficie/volumen, grande. En estos sistemas, llamados dispersos, los fenómenos interfaciales son tan manifiestos, que en muchos de la superficie propiedades especiales, cuyas aplicaciones aumentan día a día, en diversos campos de la ciencia y la técnica.

Una propiedad común a todas las interfaces líquido/gas, es la tensión superficial, o fuerza perpendicular a la superficie del líquido y dirigida hacia el seno del mismo, siendo esta la causa de que el líquido tome el estado de mínima energía con superficie mínima.