

DISEÑO DE UN SISTEMA DE PRODUCCION DE AGUA POTABLE UTILIZANDO UNA POZA SOLAR COMO FUENTE TERMICA

Judith Franco y Luis Saravia*

INENCO#, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

Introducción

El uso de la energía solar para destilación en la Argentina se ha reducido al estudio e instalación de unidades pequeñas del tipo invernadero para uso familiar o en pequeñas poblaciones. En el país existen extensas zonas con problemas de agua salinizada donde sería de interés el uso de equipos de mayor envergadura con menor costo de producción, dedicados a usos agropecuarios o mineros. La combinación de una poza solar, como fuente de calor, y un equipo de destilación múltiple, como productor de agua potable resulta de particular interés por las siguientes razones: a) el costo de una poza es bajo especialmente en zonas salinas, b) la poza a pesar de ser un colector plano, puede entregar temperaturas relativamente altas mejorando la eficiencia del sistema de destilación, c) la acumulación de calor en la poza permite el uso continuo del equipo de destilación bajando los costos iniciales. Esta combinación fue inicialmente estudiada por Tabor (1) sobre la base de equipos de destilación múltiples comunes. La temperatura obtenible en una poza, no mayor que unos 90°C, es baja respecto a la que se obtiene en sistemas convencionales de destilación a base de petróleo por lo que el número de etapas baja y el aprovechamiento del calor generado se reduce. Tleimat y Howe (2) han propuesto y ensayado el uso de equipo de destilación múltiples con superficies de transferencia giratorias que produciendo capas de agua muy delgadas permiten el funcionamiento con saltos globales de temperaturas muy bajos para cada etapa (menores a 1°C). Ello aumenta considerablemente el número de etapas que puede trabajar con la misma poza mejorando el costo de producción. Este tipo de equipos fue usado anteriormente con

energías convencionales (3) pero su utilización con energía solar resulta mucho más efectiva ya que el salto de temperatura disponible es más pequeño. Tleimat y Howe piensan que en estas condiciones se podría competir con equipos de ósmosis inversa que utilizan energía solar.

A través del Plan Nacional de Energía de la SECYT se ha iniciado un proyecto destinado a lograr el diseño y construcción de plantas que combinen una poza solar con destiladores múltiples rotativos. A continuación se describe el diseño de un equipo piloto destinado a recoger datos de funcionamiento del sistema y a ensayar las técnicas constructivas.

Diseño General

La fig. 1 muestra un esquema general de la planta piloto. Su componente central es la unidad de destilación del tipo rotativa a ensayar. Con el fin de recoger los datos de funcionamiento no hay necesidad de tener más de una unidad, razón por la cual la planta no posee una combinación múltiple. Para que la unidad de destilación funcione se necesita:

a) Un generador de vapor a baja presión que alimente la unidad de destilación. Se instalará un equipo flash el que será calentado en los primeros ensayos por un calentador de agua comercial que permita obtener todo el rango de temperaturas de ensayo. Una vez que el equipo este a punto se pasará a usar agua caliente de la poza que posee el Instituto. Además de su misión específica, la instalación de este equipo también permitirá adquirir experiencia con equipos de destilación flash, que en la mayoría de las instalaciones suele contribuir a la primera etapa del proceso.

b) Un condensador de vapor que permita condensar el vapor de salida de la unidad de destilación. Será enfriado con agua de la red de agua.

* Investigador del CONICET

Instituto UNSa. - CONICET

c) Una bomba de vacío para eliminar los gases no condensables del sistema.

El diseño de cada una de las partes se discute en las próximas secciones.

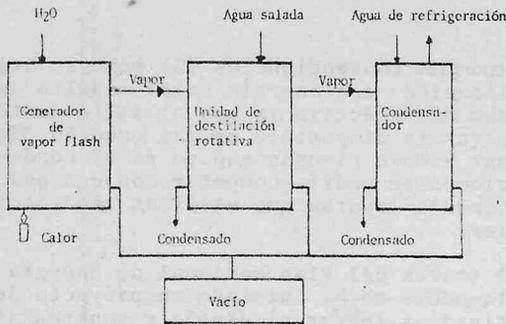


Fig. 1 : Esquema general de la planta piloto

Se dimensionó el sistema para lograr en cada etapa un condensado de vapor del orden de 5 Kg/h, esperando realizar los ensayos con temperaturas que oscilan entre 85 y 50C. Este flujo es suficiente para realizar las medidas y permite que el equipo sea de dimensiones pequeñas.

Generador de vapor con flash

La fig. 2 muestra un esquema del detalle de este equipo. La evaporación por flash se produce en un tanque de 0,35m de diámetro y 1m de altura con tapa abulonada para su limpieza. Una bomba recircula el agua entre el calentador y el tanque.

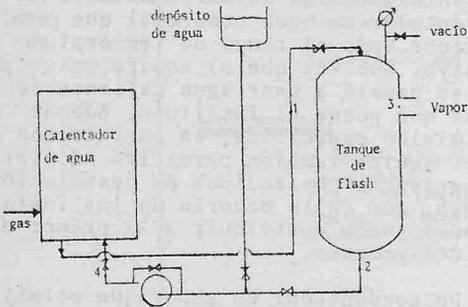


Fig. 2 : Esquema de detalle del generador de vapor por "flash"

La fig. 3 muestra el proceso en un diagrama T - S. El salto de temperatura

es del orden de 5C. El líquido saturado 1 al entrar al tanque con menos temperatura y presión sufre un proceso de evaporación produciendo vapor seco 3 y agua saturada 2. La bomba levanta nuevamente la presión hasta 4 y el calentador lleva la temperatura hasta 1 iniciando nuevamente el ciclo.

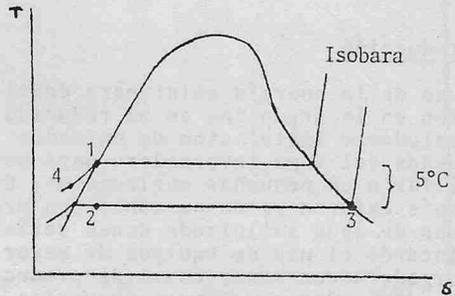


Fig. 3 : Diagrama T-S

Si G' es el gasto de agua en 1, m' el flujo de vapor, Q' el consumo de calor y h las entalpías en cada punto, entonces:

$$G' h_1 = m' h_3 + (G' - m') h_2$$

$$Q' = G' (h_1 - h_4)$$

para $T = 80C$ y con $m' = 5$ Kg/hora se obtiene:

$$G' = 480 \text{ Kg/hora} \quad Q' = 2400 \text{ Kcal/hora}$$

Se observa lo que es típico de los procesos "flash", la elevada proporción de agua de recirculación. Si se disminuye el salto de temperatura se elevará aun más. El flujo G' es el adecuado para un calentador instantáneo para vivienda, el que se usará para los ensayos a distintas temperaturas en el punto 1, entre 50 y 85,C. Más tarde será sustituido por un intercambiador en la poza solar.

El proceso de transferencia de calor durante la evaporación en el tanque es muy rápido por lo cual no es necesario un cálculo de "área de transferencia" y se han elegido las dimensiones del tanque para que permita tener un volumen razonable de agua y realizar inspecciones con comodidad. Se eligió un diámetro de 5 cm para el caño de salida del vapor, lo que da una velocidad de 2,4 m/s de vapor en la cañería, asegurando una caída de presión pequeña hasta llegar al destilador rotativo.

El destilador rotativo

La fig. 4 muestra un esquema de detalle del equipo. Dos discos rotativos soldados forman una cavidad a la que llega vapor del generador "flash" a través del eje. En la parte externa de los discos se hace llegar el agua salada y es distribuida en una capa fina mediante cepillos estacionarios que rozan los discos eliminando y distribuyendo el exceso de agua. El vapor interno condensa sobre los discos y la fuerza centrífuga impulsa el líquido (agua destilada) hacia la periferia saliendo por tubos fijos al exterior. El cepillo en el lado exterior y la fuerza centrífuga en el interior obligan a que las capas de líquido en ambos lados de la superficie de transferencia sean muy delgadas aumentando sensiblemente el coeficiente de transferencia de calor el que puede tener un valor de alrededor de $40 \text{ Kw/m}^2 \text{ C}$, del orden de 10 veces más que en los equipos estacionarios (3). Esto nos permite trabajar con saltos térmicos muy pequeños, del orden de $0,5$ a $1,0 \text{ C}$. En ese caso se pueden colocar muchos equipos en serie, del orden de 40, para aprovechar el salto térmico disponible, aumentando considerablemente la productividad diaria del sistema medida en masa de agua destilada por unidad de calor utilizada.

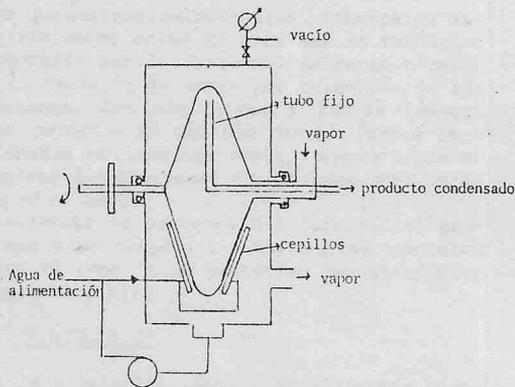


Fig. 4 : Esquema de detalle del destilador rotativo

Para el prototipo se diseñó un disco de 25 cm de diámetro que es suficiente para producir los 5 Kg/hora de vapor deseados, de acuerdo al coeficiente de transferencia medido por Tleima et al. (4) la velocidad de rotación recomendada es de 400 rpm .

El exceso de agua de alimentación es

recogido por una bomba en el fondo de la carcasa interna para su recirculación.

El eje de los discos gira sobre rulemanes asentados en la carcasa, debiéndose colocar retenes para evitar la entrada de aire del exterior o el intercambio de vapor entre las dos caras del disco.

En la bibliografía no existen detalles sobre la ubicación y técnica constructiva de los cepillos, los que deberá ser ensayado en detalle.

El condensador y la bomba de vacío

El vapor del destilador es condensado en un intercambiador de tubos convencional enfriado por agua de la red, el que se esquematiza en la fig. 5. El cálculo del área de transferencia es convencional, en tanto el coeficiente es dominado por la resistencia del tubo de agua de refrigeración. Para el caso del prototipo se necesitan $0,65 \text{ m}^2$ de superficie de caño. El condensado es extraído por una bomba.

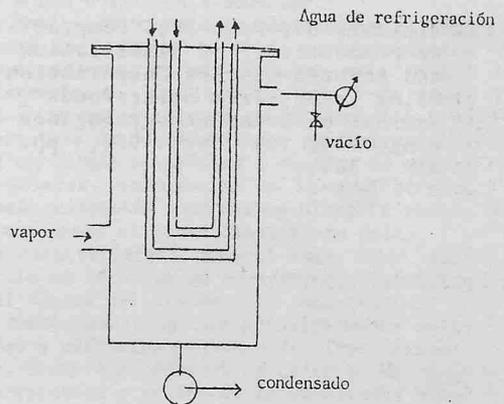


Fig. 5 : Esquema del condensador

Para la bomba de vacío se ha seleccionado un modelo de bomba con anillo de agua, la que usando agua en vez de aceite no tiene problemas con el vapor de agua que puede aspirar. Una bomba alimenta todo el sistema colocándose una válvula de estrangulación y un manómetro en cada equipo para regular la presión de vacío en cada uno. Puede mantenerse vacíos absolutos de hasta 25 mm de Hg lo que es suficiente para la temperatura de trabajo. La capacidad es de $36 \text{ m}^3/\text{h}$ de gas que eventualmente permite ensayar algunos de los componentes por separado absorbiendo el vapor directamente en la bomba.

Construcción

Las partes del equipo están en construcción y se encuentran en proceso de armado. Los tanques son de hierro pintado con epoxy y las cañerías en hidróbronce. Se está instalando en un local al lado de la poza de 600 m² que posee la Universidad, de manera de hacer uso directo de ella.

Referencias

- (1) Tabor, H., "Solar Ponds as Heat Source for Low-Temperature Multi-effect Distillation Plants", Desalination, Vol. 17, 1975, pp. 289-302 .
- (2) Tleimat, B. "The use of the Wiped Film Rotating-Disk Evaporator in Solar-Powered Distillation", Proceedings of the 2nd SOLERAS Workshop.
- (3) Spiegler, K., "Salt Water Purification", Ed. by John Wiley 1962. -
- (4) Tleimat, B., Howe E., "Comparative Productivity of Distillation and Reverse Osmosis Desalination Using Energy From Solar Ponds", Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 104, Nov. 1982, pp. 299 - 304.