

ENSAYO DE UN DESTILADOR ATMOSFÉRICO DE TIPO MULTIEFECTO DE TAMAÑO FAMILIAR CON CALENTAMIENTO A LEÑA

Judith Franco y Luis Saravia

INENCO, Instituto de Investigación en Energía no Convencional

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

RESUMEN

En la 15^a reunión de trabajo de ASADES se describió un nuevo diseño de destilador atmosférico de tipo multiefecto y se presentó un modelo computacional, así como un prototipo experimental con calentamiento eléctrico donde se ensayó su funcionamiento y se pusieron a punto distintos aspectos de diseño y construcción. En el presente trabajo se describe una versión operativa del destilador diseñada para proveer de agua potable a un grupo familiar, que puede ser calentada con leña o gas, con una producción en el orden de 50 litros por día en funcionamiento continuo. Se discuten los resultados obtenidos en los ensayos como así también en la simulación. También se realiza un análisis de costo del equipo completo.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Salta, existe una gran demanda de agua desalinizada especialmente en las zonas del chaco salteño debido a que el agua de los ríos Bermejo y Pilcomayo se encuentran contaminadas con el vibrión colérico, se ha buscado como solución para estos pobladores utilizar el agua subterránea mediante pozos excavados, la gran mayoría de los pozos recientemente construidos tienen un alto contenido de sales como carbonatos, sulfatos, y otros. En la zona sur del Chaco las aguas se encuentran contaminadas de arsénico.

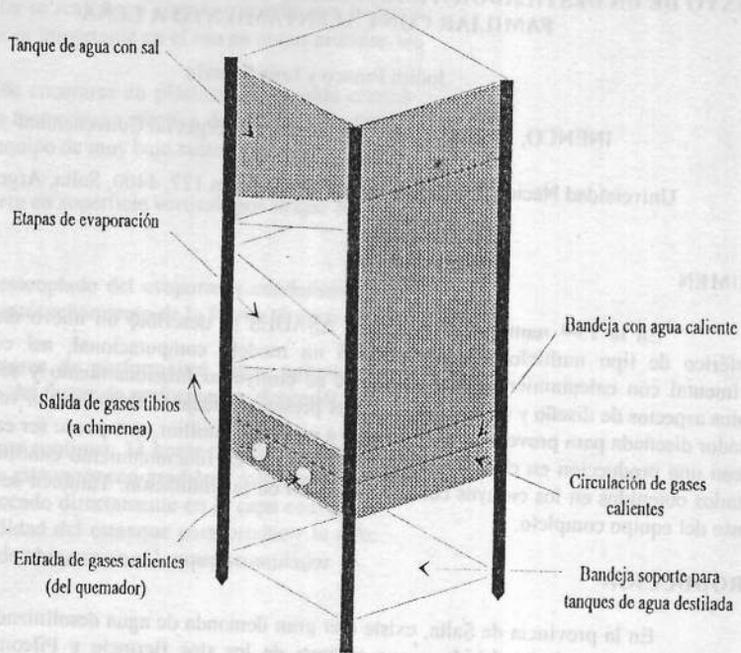
La vegetación es del tipo de monte achaparrados con claros ocasionales, los habitantes de estas zonas viven en pequeños caseríos que se denominan puestos con grupos de alrededor de 20 o 30 personas, son personas de muy escasos recursos y el acceso a estos lugares es difícil.

Una posible solución a los problemas de agua contaminada es el uso de destiladores solares tipo invernadero, pero cuando se necesita una mayor producción de agua se hace complicada su instalación debido a que son necesarias grandes superficies de destiladores.

Una posibilidad es utilizar equipos de destilación multietapa que aumentan la producción con menor área de colección. En este trabajo se ha propuesto el uso de un destilador de este tipo, pero utilizando leña como fuente de energía térmica, debido a que en la zona es abundante y el equipo no tiene un gran consumo.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo tiene una altura de 1.80 m, un ancho de 0.40 m y un largo de 0.60 m. De acuerdo a las medidas realizadas en el prototipo con calefacción eléctrica, estas dimensiones permiten producir alrededor de 50 litros por día. La estructura está formada por 4 caños estructurales de 30 x 50 mm² que forman las 4 patas y donde se sujetan los elementos constitutivos.



En la parte superior se tiene un tanque de chapa galvanizada protegida interiormente donde se coloca diariamente el agua a tratar. El fondo del tanque es de bronce y está inclinado constituyendo la superficie de condensación de la última etapa. El calor ahí cedido pasa al agua de todo el tanque y se transmite al aire a través de las paredes que no están aisladas. Esto significa que el tanque cumple como segunda función la de servir como disipador térmico de la etapa más fría, logrando mantener a ésta a una temperatura unos pocos grados por encima del aire.

Por debajo del fondo del tanque se encuentran las etapas de evaporación, constituidas por superficies de chapa inoxidable. La que sigue se ha colocado paralela al fondo del tanque, ya que la alimentación de agua salina del tanque recién comienza en esta superficie. Luego vienen dos superficies más de evaporación, inclinadas en forma tal que el agua salada va cayendo de etapa en etapa, siendo distribuida por una tela de algodón colocada sobre cada superficie. Por debajo de cada etapa de condensación corre medio tubo de bronce que recoge el agua destilada y la extrae por la cara opuesta a la puerta del equipo. Un caño recoge el agua de las 4 salidas y la lleva al tanque de almacenaje ubicado debajo del equipo. Debajo del tanque de alimentación y sobre la etapa superior se coloca el caño de distribución de agua salada, construido con secciones de caño de riego por goteo, cuyos orificios controlados permiten mantener un flujo muy pequeño de agua y bastante constante aunque cambie el nivel del tanque de alimentación. Finalmente se encuentra la bandeja que recoge el agua salada y está construida en acero inoxidable. Una cañería permite el desborde del agua manteniendo su nivel. El agua que sale se elimina ya que tiene una mayor concentración de sal. La alimentación del agua del tanque se regula para que el agua destilada y la que sale de la bandeja tengan aproximadamente el mismo flujo. Esto permite una adecuada eliminación de parte del exceso de sal.

El único lugar por donde se puede acceder al interior del equipo es por la puerta lateral, que esta sujeta con unos tornillos y tiene un cierre hermético de goma. Por esta puerta se puede acceder para la limpieza del exceso de sal en las bandejas y las telas. Las telas van montadas sobre un perfil de acero inoxidable para permitir su fácil extracción.

Por debajo de la bandeja hay una caja de hierro con una división central y dos orificios laterales que permiten la entrada y salida de los gases calientes provenientes de un quemador de gas o leña. El gas caliente lame la bandeja por debajo mientras va y vuelve en la caja. El gas que sale se elimina con una chimenea que contribuye al tiraje de aire.

Las paredes laterales se las construyó en un principio en acrílico, pero se comenzaron a rajar debido a la gran dilatación térmica que tiene y la rigidez de la estructura que no permite la expansión del mismo, se decidió cambiarlas por chapa galvanizada pintada con pintura epoxi en su cara interior.

Todo el equipo se encuentra aislado con planchas de poliestireno expandido de 5 cm de espesor, la caja de hierro se aísla con espuma de fibra de vidrio de 10 cm de espesor que resiste las altas temperaturas.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los ensayos se realizaron calentando el equipo con un quemador de gas licuado para poder medir el consumo de combustible. Se enciende el quemador y se espera hasta que se establezca la temperatura del agua del fondo de la bandeja, ahí se miden temperatura de agua de la bandeja inferior con termocupla, caudal de entrada, cantidad de agua destilada producida, caudal de salida, temperatura de los gases de entrada y de salida y consumo de gas. En la tabla 1-a, 1-b y 1-c se muestran los valores medidos en tres experiencias distintas.

Tabla 1-a

tiempo (min.)	temperatura (°C)	destilado (cm ³)	caudal entrada (cm ³)	caudal salida (cm ³)	gasto de gas (gr.)
30	92.2	800	500	100	40
30	92.5	800	1900	900	40
30	92.1	900	2160	1200	40
30	92.4	830	500	500	40
30	91.5	750	500	0	40

En esta corrida se aumento el caudal de entrada a los 30 min y se disminuyó a la hora y media de funcionamiento. Se puede observar que la producción de destilado se mantiene casi constante. Cuando se aumenta el caudal si bien aumenta un poco la producción de destilado, después de cierto tiempo comienza a bajar la temperatura, como la producción de destilado tiene una gran dependencia con la temperatura al bajar la misma baja la cantidad de agua destilada que se recoge.

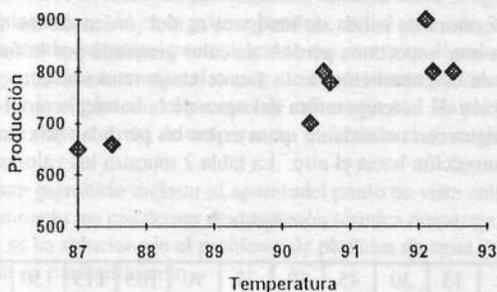


Fig. 2.- Muestra la dependencia de la producción con la temperatura

La dependencia con la temperatura es significativa. La misma se muestra en la Fig. 3 para los datos recogidos en condiciones razonablemente estacionarias. Las medidas realizadas muestran que cuando el agua de la bandeja inferior se encuentra a 87 °C la producción cae en un 20%. La temperatura óptima de funcionamiento es entre los 90 y 95 °C, que es a la temperatura máxima que se alcanza con el quemador de gas que se está usando.

Tabla 1-b

tiempo (min.)	temperatura (°C)	destilado (cm ³)	caudal entrada (cm ³)	caudal salida (cm ³)	gasto de gas (gr.)
30	90.7	780	1700	1000	40
30	90.4	700	1900	1200	40
30	90.6	800	1440	1200	40
30	91.4	950	2160	1300	60
30	92.0	800	1200	750	60

Tabla 1-c

tiempo (min.)	temperatura (°C)	destilado (cm ³)	caudal entrada (cm ³)	caudal salida (cm ³)	gasto de gas (gr.)
30	91.5	780	1440	1000	40
30	91.4	800	1440	1000	40
30	92.0	850	960	650	40
30	92.4	860	1200	200	40

Como podemos ver en tres corridas distintas los valores de producción de destilado se repiten en las distintas experiencias.

Otro factor que es muy importante para obtener una buena producción es que el equipo no tiene que tener pérdidas de agua o vapor, debido a que si se moja la aislación la temperatura de la bandeja no aumenta hasta los valores óptimos. El lugar por donde se produjeron la mayor cantidad de pérdidas es la puerta de acceso al equipo, se optó por colocarle un burlete de goma bastante flexible que ajustándola con unos tornillos no permite la filtración del agua.

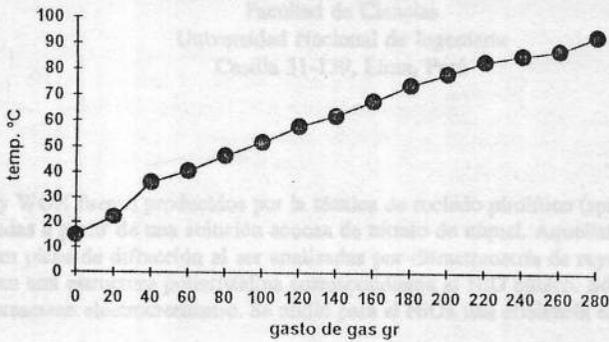
El tiraje de aire en el sistema de calentamiento es bastante fuerte y es necesario regularlo para tener el máximo de temperatura de los gases de entrada. Se logran temperaturas de alrededor de 500 °C a la entrada si se regula bien la entrada de aire que se mezcla con la llama.

La temperatura de salida de los gases es del orden de los 130 °C cuando la bandeja está a 90 °C. Esto implica una importante pérdida de calor generado por la fuente térmica. Se hicieron medidas de la eficiencia de calentamiento de la fuente conjuntamente con el intercambiador, esto se realiza midiendo la variación de la temperatura del agua de la bandeja con el tiempo y el gasto de gas, tapando la superficie del agua con un aislante para evitar las pérdidas de calor hacia arriba debido a la evaporación del agua y convección hacia el aire. La tabla 2 muestra los valores obtenidos para una masa de agua de 14.5 kg.

Tabla 2

tiempo (min)	0	15	30	45	60	75	90	105	115	130	145	170	185	200
temperatura °C	15.0	22.4	28.8	36.1	40.7	46.5	51.9	58.0	62.2	67.9	74.0	83.1	87.5	93.0
gasto de gas (gr)	0	20	30	40	60	80	100	120	140	160	180	220	260	280

variación de temperatura en función del gasto de gas



A partir de estos datos y sobre la base de un calor de combustión de 12000 Kcal/ kg en el gas se mide un rendimiento del orden del 25%.

Es posible aprovechar el calor de salida de los gases en la chimenea adaptando una etapa de destilación directa en la misma. Si la chimenea es envuelta con una tela y se deja caer agua, se produce una fuerte evaporación que se puede condensar en una superficie que rodee a la chimenea y esté enfriada por el contacto con el aire. Se está trabajando para adaptar un sistema de este tipo para mejorar el rendimiento global y aumentar la producción horaria.

Se puede realizar una evaluación computacional de la producción del destilador utilizando el modelo de Dunkle, tal cual se detalló en un trabajo anterior (). Si se realiza el cálculo con una temperatura de bandeja inferior igual a 92 C y una temperatura de bandeja superior de 23 C, se obtiene una producción de 1.3 kg/hora, lo que resulta algo inferior al valor experimental. Se ha discutido en diversos trabajos el modelo a utilizar para el proceso de evaporación. Los datos obtenidos con este equipo muestran que en este caso el coeficiente del modelo de Dunkle es algo superior al aconsejado por dicho autor.

CONCLUSION

Las experiencias realizadas hasta el momento muestran que el equipo funciona en la forma esperada desde el punto de vista térmico. El factor de performance, relación entre el agua producida expresada en unidades térmicas y el calor entregado en la primer bandeja, es del orden de 3. Por otro lado, la eficiencia global del proceso de calentamiento con gas se encuentra en el orden de 25 %, con lo cual la relación global de agua producida a calor total entregado resulta tener un valor en el orden de 1. Resulta de interés tratar de mejorar la eficiencia del proceso de calentamiento. En particular se ha sugerido la posibilidad de agregar una etapa externa de evaporación utilizando el aire caliente de la chimenea.

Los ensayos realizados han permitido mejorar al aparatodel punto de vista constructivo. El uso de paredes metálicas ha eliminado los problemas de expansión térmica despareja que provocaba la rajadura de las paredes. También se ha solucionado el problema de pérdidas de agua y vapor, especialmente en la parte inferior de la parte de mantenimiento.

En el futuro próximo se espera la realización de ensayos más detallados con soluciones salinas con el fin de determinar en detalle los efectos producidos por la precipitación de sales y la corrosión de los materiales.