

SOBRE LA DESTILACIÓN SOLAR

FELIPE MUÑOZ GUTIÉRREZ

La destilación solar es un proceso heliotérmico en el cual se calienta una masa de agua, contenida en un recipiente cerrado con una cubierta transparente, por efecto de la radiación solar. El calentamiento provoca la evaporación de una parte del agua y su condensación sobre la superficie interior de la cubierta transparente con la colección del condensado. Si el agua contiene sólidos disueltos o en suspensión ellos permanecen en el agua debido a la diferencia de sus presiones de vapor. Debido a ello la aplicación más común de un destilador solar (DS) es el tratamiento del agua salada. En situaciones de buen nivel de insolación solar, disponibilidad de agua salada, baja población y lejanía de las grandes ciudades, los DS de capacidad de algunas decenas de miles de litros de agua potable al día, son más económicos y factibles.

En la literatura se describen diferentes tipos de destiladores solares: caseta (con una o varias cubiertas transparentes), cascada, mecha, globo, con tinte disuelto en el agua, con superficie selectiva en la base, con flujo forzado del aire húmedo, etc. Las diferentes modificaciones se deben a la búsqueda de una mayor producción de agua dulce, la cual se ubica en un promedio anual de 3 l/m² día. El diseño más simple es el DS de caseta que es una caja construida de plástico, concreto, lámina o madera cerrada por una cubierta de vidrio inclinada. En su interior se colocan canales laterales para coleccionar el agua producto. En el fondo del destilador se coloca el agua salada o salobre.

En México de 1972 a 1976, la oficina de aguas salinas de la Secretaría de Recursos Hidráulicos construyó un gran número de pequeños destiladores de caseta (0.8 m² cada uno) para varios lugares remotos, aunque sólo duraron algunos años. A fines de 1975 se inició en el IIUNAM el grupo que se dedicaría a la investigación sobre las aplicaciones de la energía solar y una de ellas fue la desalación de agua de mar o salobre. En 1980 un proyecto llamado Sonntlan se ubicó en las Barrancas, a 300 km al norte de La Paz, Baja California Sur, incluyó un DS de múltiple etapa para el cual se suministró el calor con un arreglo de concentradores solares de canal parabólico [1]. Durante la segunda mitad de la década de los ochenta, se dedicó una gran cantidad de esfuerzo a la comprensión básica de la destilación solar, en varios proyectos realizados en el estado de Baja California Sur, en especial en el Instituto Tecnológico de La Paz y en el CIBNOR.

La instalación de destilación solar más grande en México se encontraba en Puerto Lobos, Sonora, formada por 480 m² de DS con una producción de 1500 litros por día [2]. En el año 2016 surgió interés de la SEMAR, por conocer cuál sería el comportamiento de los DS de caseta a lo largo de un año, ya que se tiene el plan de instalar plantas de destilación solar en varias islas del país.

En 1969 Cooper [3] presentó un conjunto sistematizado de ecuaciones que describen los flujos de calor y la forma empírica de sus coeficientes en un modelo integral de parámetros concentrados para explicar los procesos de transferencia en un DS.

El aprovechamiento de la radiación solar obedece la relación de transmitancia-absortancia ($\tau\alpha$) de los diferentes sitios donde inciden: cubierta, agua y fondo. En la cubierta transparente se produce la salida de calor por radiación hacia el cielo y por convección hacia el aire y la entrada de calor por radiación y convección desde el agua. La convección se expresa en función de los números adimensionales de Gr, Pr y Nu propuesta por Dunkle [4]; también se produce la transferencia de masa por evaporación, que se acopla a la convección de calor. Este mecanismo es el principal en un DS de caseta. En el agua, además de los procesos de salida mencionados, se produce la entrada de calor por convección del fondo. Además de esta salida, en el fondo se tiene el proceso de conducción-convección hacia el aire.

El poblado de Mangas, Hidalgo, ubicado 90 km al norte de la Ciudad de México, fue seleccionado para el estudio debido a que, además de que se encuentra en una zona que consume agua de alta dureza, ofrecía algunas facilidades solares y cuenta con un nivel de radiación solar aceptable. La finalidad era estudiar el comportamiento de varios DS a lo largo de un año. En total se diseñaron 6 destiladores solares de caseta de un m² de área cada uno, construidos con fibra de vidrio (4), ferrocemento (1) y acrílico (1); ver figura 1. Excepto el de acrílico, todos llevaron vidrio como cubierta, también se seleccionaron diferentes adhesivos, selladores y empaques. Como material aislante de los destiladores de fibra de vidrio se utilizó poliestireno extruido.

Durante el experimento se determinaron las temperaturas en el interior y exterior del DS y en el ambiente, el destilado, la irradiancia solar global, la salinidad del destilado y la velocidad del aire. Las temperaturas fueron medidas las 24 horas del día.

La medición del destilado se dividió en dos rutinas: una permanente, midiendo únicamente el destilado de agua dos veces por semana y la otra, cada hora en días seleccionados ali-

COORDINACIÓN DE MECÁNICA Y ENERGÍA

mentando cada destilador con 15 litros de salmuera (NaCl, 3.5%); se incluía el destilado nocturno tomado a las 7 a.m. La irradiancia solar global, la salinidad del destilado y la velocidad del aire también se midieron cada hora en días seleccionados. La duración del experimento fue de marzo del 2017 a marzo del 2018. Con el fin de mostrar más claramente el comportamiento de los destiladores se seleccionaron al azar los resultados de 12 días de mediciones a lo largo de toda la prueba.

En la figura 2 se muestran los destilados diarios totales y se observa que la media de producción del destilador de fibra de vidrio es mayor que el de concreto 2282 ml/m²día contra 1309 ml/m²día mientras que la producción nocturna (no mostrada) fue similar: (168 ml/m²día, contra 179 ml/m²día).



Fig. 1. Vista general de los destiladores en operación

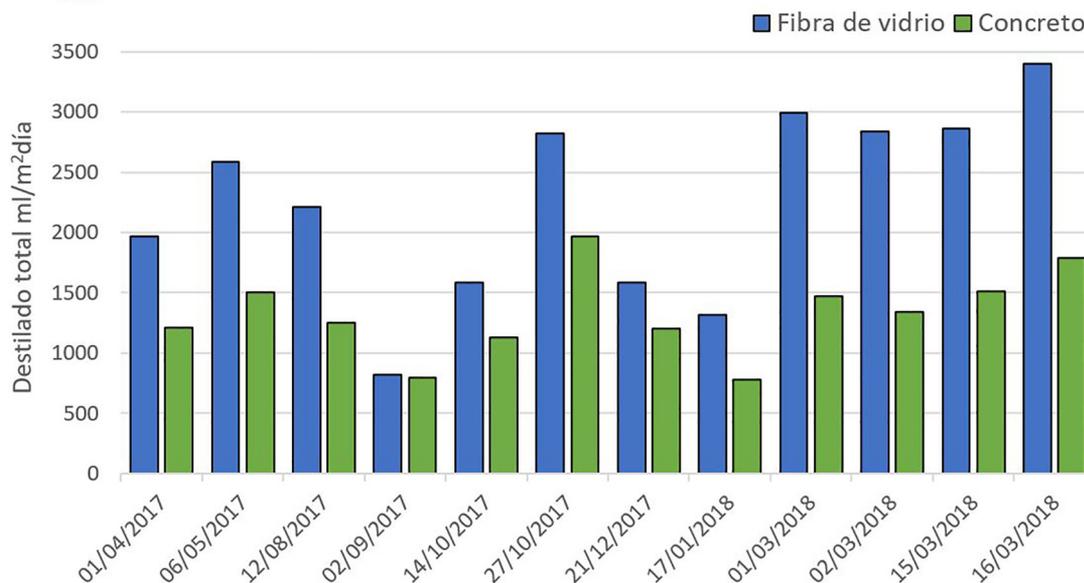


Fig. 2. Destilados diarios totales

Para fines de comparación se resolvió un modelo teórico usando el coeficiente de transferencia de calor propuesto por Dunkle [4] con los resultados mostrados en la figura 3 para el DS de fibra de vidrio. Comparando los datos experimentales medios de 2282 ml/día m² y con los teóricos de 3832 ml/día m², la diferencia es 67 % y para el DS de concreto la diferencia fue de 125 %. Con datos experimenta-

les se modificó el coeficiente de transferencia de calor propuesto por Dunkle y se resolvió nuevamente obteniéndose valores ligeramente distintos a los anteriores [5].

Los destiladores se comportaron bien a lo largo de la prueba, aunque se tuvieron problemas con los conductos de entrada y salida. La salinidad del destilado fue casi constante en 12 mg/l.

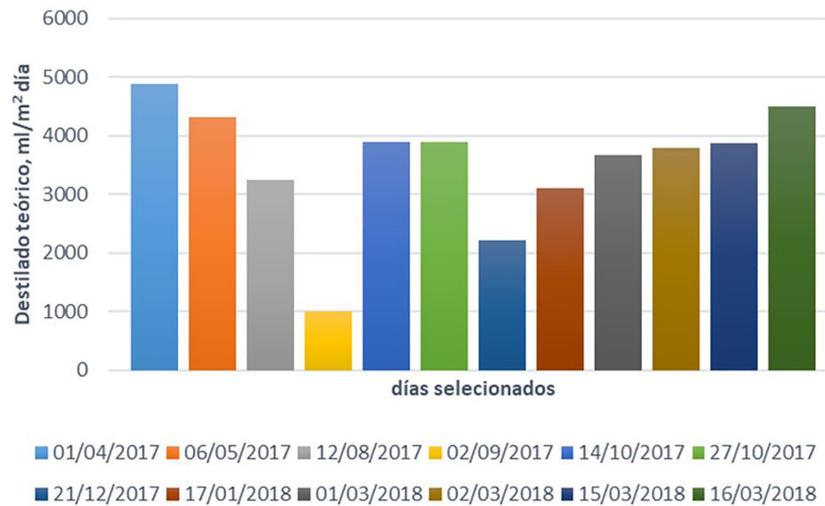


Fig. 3. Destilados diarios totales según el modelo Dunkle

Referencias

1. Porta, M.A., Fernández, J.L., Chargoy N., "La Experiencia Mexicana en el Diseño y Operación de Destiladores Solares", *Información Tecnológica*. Vol.9 (N° 4), 261-266, (1998).
2. Rincón, E., Estado del Arte de la Investigación en Energía Solar en México, Fundación ICA, México (1999).
3. P.I. Cooper, Digital simulation of transient *solar still* processes, *Solar Energy* 12, (1969) 313-331.
4. R. V. Dunkle, Solar water distillation; the roof type still and a multiple effect diffusion still. International development in heat transfer. A. S. M. E. Proc. International heat transfer. Part V, University of Colorado. P. 895 1961.
5. F. Muñoz, *et al*, Estudio teórico experimental de larga duración de varios destiladores solares de caseta en México, en proceso de publicación.