

DESTILADORES SOLARES

Baja California es un territorio cubierto en un 90 por ciento por desierto. Es un estado que posee riquezas naturales de gran importancia, sus recursos marinos tanto del mar de Cortés como del Océano Pacífico son la base de la industria pesquera y de conservación. En sus aguas se capturan especies tales como la sardina y la langosta.

Otro de los recursos existentes en la península son las salinas; entre ellas destacan las de isla del Carmen (cerca de Loreto) de las cuales se extraen anualmente varios miles de toneladas de sal. Baja California cuenta con terrenos de gran fertilidad, sin embargo estos no pueden ser explotados debido a la carencia de agua, es el caso de los llanos de Hiray o de la Magdalena, una extensión de 20 mil kilómetros cuadrados cubiertos por una gruesa cubierta de tierras de aluvión, ricas en humus.

Un dicho popular resume las características de la región: "En Baja California no es la tierra la malagradecida, el ingrato es el cielo".

Las fuentes de agua dulce se concentran en los extremos de la península; el único río importante —el Colorado— abastece de agua a la población y los campos agrícolas del Valle de Mexicali. Por otro lado, en las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir, situadas al norte, y de la Sierra de San Lázaro en el extremo sur, descienden una cantidad considerable de arroyos en cuyos bordes se han asentado núcleos de población.

Entre esas dos zonas se extiende una franja de tierra de más de mil kilómetros en donde domina el desierto, entrecortado por algunos oasis que deben su existencia a corrientes fluviales y manantiales, o bien a micro-climas húmedos, como las poblaciones de Mulegé, Comondú o Loreto.



La extrema carencia de agua dulce ha motivado el desarrollo de proyectos de desalación de agua marina. Uno de ellos es auspiciado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y está destinado a abastecer de agua potable a pequeñas poblaciones de la región. Un primer sistema de esta naturaleza se ha diseñado para un campo de cultivo en el Centro de Investigaciones de Baja California Sur, y el gobierno del estado financia la construcción de otro aparato de este tipo para surtir $1\text{m}^3/\text{día}$ de agua potable a Puerto Chale, población ubicada sobre la costa del Pacífico, a unos 160 km. al norte de la Paz.

El proyecto al que hacemos referencia es un destilador que funciona con la energía que proporciona el viento y el sol (se muestra gráficamente en la figura 1). El agua marina —que en adelante llamaremos salmuera— se extrae de un pozo en la playa y no directamente del mar, entre otras cosas por las dificultades que acarrearían los bruscos cambios de nivel producidos por el oleaje.

El agua de mar sube a un tanque por medio de una bomba accionada por el viento; las corrientes de aire mueven

un dispositivo multiaspas o "margarita", el cual provee el trabajo necesario para subir la salmuera unos cuantos metros. El líquido del tanque desciende por acción de la gravedad hasta un depósito previo al destilador. Su función consiste en abastecer a este último de cantidades fijas de agua, lo que se puede lograr si el nivel del líquido permanece constante. Con este fin se ha incluido una válvula que cierra el paso del agua cuando ésta supera cierto nivel.

El destilador propiamente dicho tiene en su parte inferior una sección plana que se encuentra ligeramente inclinada y

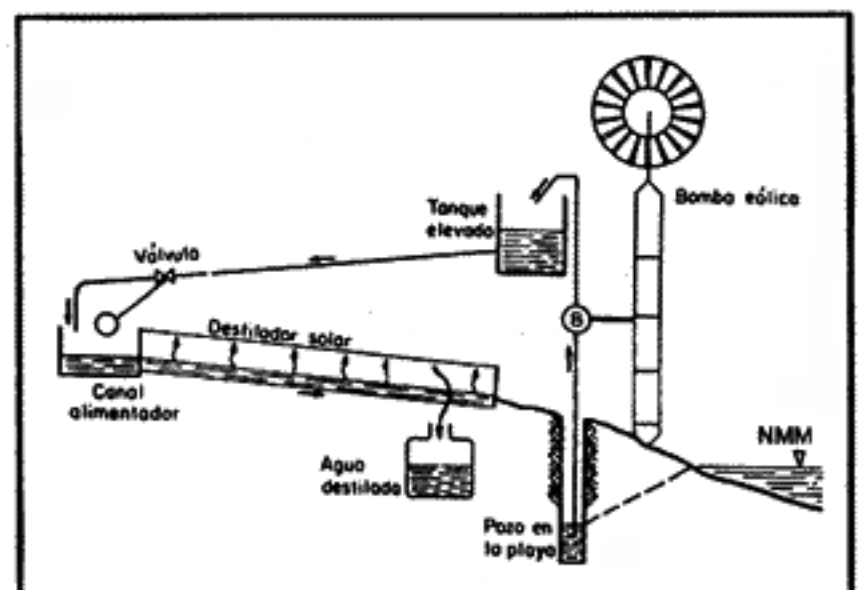


Figura 1. Esquema del sistema solar de destilación en ciclo abierto.

es por donde fluye la salmuera. Los rayos solares evaporan una fracción del agua más no las sales. El techo es una cubierta transparente de tipo invernadero; ahí se condensa el agua libre de sales, que previamente se evaporó y que posteriormente se escurre hasta unos canales laterales, y luego hasta un recipiente de almacenamiento. (Esto último se puede apreciar en la figura 2).

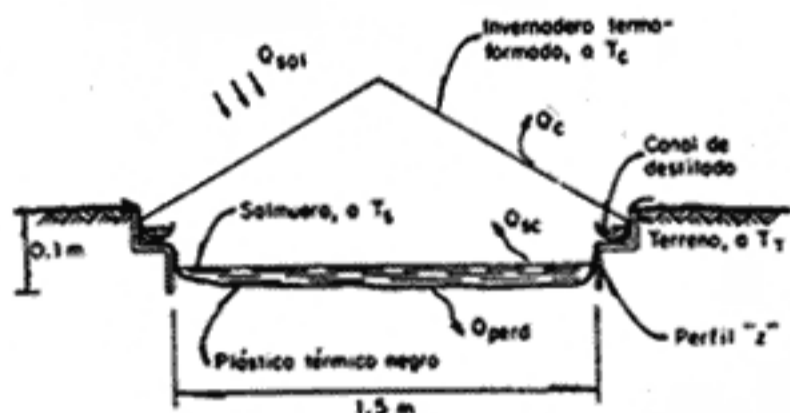


Figura 2. Esquema del destilador solar en corte seccional.

Los destilados solares basan su funcionamiento en el hecho de que la temperatura de evaporación del agua es inferior a la temperatura de evaporación de las sales; lo anterior se puede ilustrar por medio de un simple experimento casero: prepárese una solución de sal común y agua en un recipiente, luego colóquese al fuego. Al cabo de cierto tiempo el agua se habrá evaporado por completo y en el fondo del recipiente permanecerá una capa de sal.

La fracción de calor solar que absorbe el agua de mar incrementa la temperatura y produce la evaporación del agua.

Es bien sabido que el agua corriente hierve a 100°C al nivel del mar y a 96°C en la capital mexicana. La indicación del lugar tiene que ver con una variable termodinámica bastante conocida, la presión. Se observa que mientras más alta sea la presión más alta será la temperatura de evaporación de la sustancia. En general la transición del estado líquido al gaseoso ocurre bajo una combinación de temperatura y presión bien determinada. La figura 3 muestra una gráfica cuyos ejes son las variables termodinámicas antes mencionadas. La curva que se ha trazado (llamada línea de vapor, ver figura 3) es aquella donde se produce la transición líquido-gas, y evidentemente es el límite de las regiones donde cada

uno de los estados —el líquido y el gaseoso— existen por separado.

Las sustancias que tienen temperatura y presión que coinciden con un punto de la línea de vapor, se caracterizan por una coexistencia de las fases líquida y gaseosa, y sin influencias externas pueden permanecer así indefinidamente. La evaporación ocurre si agregamos energía, lo que sucede en el destilador por el calor que la salmuera absorbe del sol.

La temperatura máxima que alcanza el agua de mar dentro del destilador es ligeramente superior a los 70°C (esto aproximadamente a las 14:30 horas). Aparentemente el agua no debería de evaporarse pues el dispositivo se encuentra a nivel del mar y la temperatura es inferior a los 100°C. Sin embargo la evaporación transcurre, lo cual se explica por medio de la Ley de Dalton: en

una mezcla de gases la presión total es igual a la suma de las contribuciones (llamadas presiones parciales) de cada uno de los componentes. Las condiciones para el paso del estado líquido al gaseoso están dadas para temperaturas y presiones de la misma sustancia; luego entonces la magnitud importante es la presión parcial del vapor de agua y no la total. Lo anterior implica un resultado importante: la evaporación sucede inclusive por debajo de la temperatura a la que hierve el agua. En realidad hervir es un término más limitado que evaporar. La primera palabra se refiere a la transición al estado gaseoso con una formación violenta de burbujas, mientras que un líquido también puede evaporarse en forma suave.

La presión de la atmósfera circundante influye en el paso al estado gaseoso, pero en otro aspecto: si la presión parcial del vapor que se desprende del agua marina es menor a la atmosférica, su expansión a los alrededores ocurre principalmente por difusión, y sólo a medida que se esparce, nuevas porciones de líquido se evaporan. Si la presión parcial del vapor es mayor o igual a la atmosférica se forman burbujas de gas que se alejan rápidamente de la superficie líquida y por lo tanto la velocidad de evaporación es grande.

Varios factores ambientales o de

diseño influyen sobre la eficiencia del destilador. Destacan la longitud total que recorre la salmuera, la velocidad del flujo, su temperatura, el calor suministrado por el sol y las pérdidas de energía.

La evaluación de la influencia que ejercen estos factores sobre la producción de agua dulce puede hacerse por vía experimental, pero esto requiere de una gran cantidad de pruebas con el consecuente gasto de tiempo y recursos. Una vía alternativa es la elaboración de un modelo numérico que simule la producción del destilado en el dispositivo en cuestión. Dicho modelo debe ser capaz de dar como resultado una producción de 4-5 litros de agua por cada metro-cuadrado de superficie del destilador, dato que ha sido obtenido de las experiencias piloto realizadas en Baja California.

El modelo desarrollado en el Instituto de Ingeniería de la UNAM se ha probado con información sobre el clima de La Paz durante el mes de abril. Las temperaturas extremas del ambiente fueron tomadas como 20°C a las 6 A.M. y 45°C a las 14 horas; los valores intermedios se han interpolado senoidalmente. Por otra parte, la radiación máxima que provee el Sol se tomó igual a 0.84 Kw/m² a las 12 horas.

En la elección de ciertos parámetros del dispositivo influyen algunos argumentos físicos. Así, en un destilador muy largo o con una velocidad de flujo pequeña la evaporación del agua en los primeros tramos tendrá como contraparte un incremento de la concentración de sal del agua marina en la parte restante, lo que produce una disminución en la presión parcial del vapor de agua. Luego se hace más débil el esparcimiento del gas y por lo tanto la producción de nuevas porciones de

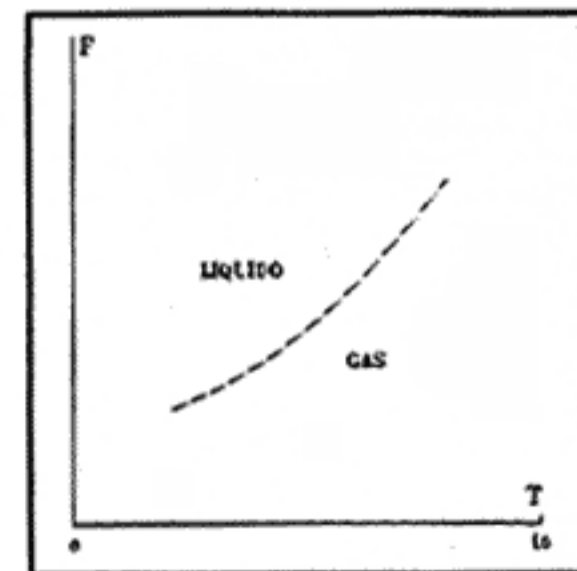


Figura 3. Curva de vapor.

destilado se abate. Si por el contrario, la longitud del destilador es muy corta o la velocidad del flujo es alta, la temperatura de la salmuera no aumentará convenientemente y de esta forma la producción de agua dulce será lenta.

Se hicieron cálculos para un destilador de 40 metros de largo por 1.5 metros de ancho y se consideró que cada minuto entraban 3 kg de agua salada. Además, el ancho de la capa de fluido se

tomó de 10 mm. Entre los resultados obtenidos por la simulación numérica se encontró que la temperatura de la salmuera que fluye por el destilador varía entre 23.5°C a las 6 A.M. y 75.3°C a las 14:30 horas. Además, sólo una porción menor a la mitad de la longitud del aparato sirve para calentar el agua.

La producción de agua dulce que resulta en el modelo fue de 265 litros al día, que dividido entre los 60 m² de área

del aparato dan 4.42 litros/m². Esto concuerda con información experimental y es quizá lo más importante ya que constituye una prueba de la validez de la simulación numérica. Luego, el modelo podrá ser utilizado para diseñar destiladores solares bajo condiciones ambientales distintas. Sus resultados permitirán ahorrar tiempo y recursos económicos.□

La **SOCIEDAD MATEMATICA MEXICANA** invita a su
XXII CONGRESO NACIONAL
del 13 al 17 de Noviembre
en la **UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA**

- conferencias de divulgación
- conferencias de vinculación
- reportes de investigación
- reportes de tesis
- minicursos
- talleres
- mesas redondas
- exposición de libros

Informes:

Oficinas de la Sociedad Matemática Mexicana
Departamento de Matemáticas
Facultad de Ciencias, UNAM
Tel. 550 52 15 ext. 3913
Apdo. postal 70-450 México, D.F. 04510

**SOCIEDAD
MATEMATICA
MEXICANA**



I C Y T

Los avances científicos y tecnológicos en México y en el mundo desde una perspectiva global, repercusiones históricas, sociales y culturales.

De venta en librerías CONACYT de Publicaciones Científicas, tiendas de autoservicio, grandes almacenes, librerías de prestigio y kioscos de periódicos.

