

## Tema 2 - Energía solar, aplicaciones agrícolas e industriales

### DESALACIÓN SOLAR DE AGUA PARA LA BOMBA NEUMÁTICA EN PARALELO, ALIMENTADA CON ENERGÍA SOLAR – ANÁLISIS DE COSTO

**J. Carletto, L. Rodrigo, D. Calderon, A. Fasulo**

Laboratorio de Energías Alternativas – Universidad Nacional de San Luis -  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales  
Avda. 25 de Mayo 384 - 7530 Villa Mercedes - San Luis - Argentina  
Tel - Fax: 054 2657 434545 - e-mail: jcarlet@fices.unsl.edu.ar

**RESUMEN:** Se presenta en este trabajo un análisis de costo de un destilador solar de agua, que se tomará como punto de partida para evaluar la posibilidad de construir una planta de desalación solar de agua. Esta es extraída a profundidad mediante un dispositivo neumático construido para ser utilizado en las regiones de aguas muy profundas, y desprovistas de energía eléctrica. Se presenta una breve descripción del dispositivo neumático, y su esquema de funcionamiento, dos modelos distintos de destiladores solares de agua, y un análisis de costo para la construcción de un destilador solar de agua de 2 mts. de largo por 1 mt. de ancho, (2 mts<sup>2</sup>) con batea liviana.

**Palabras Claves:** desalación, destilación, extracción de agua,

#### INTRODUCCIÓN:

En las regiones donde la población rural se dedica a los cultivos extensivos y a la ganadería, en general se carece de agua sobre la superficie, por lo que se requiere extraer aguas subterráneas para el ganado y los propios habitantes rurales. El desarrollo de este dispositivo neumático, es una solución a los problemas de mantenimiento y reparación que presentan los métodos actuales de extracción (molinos de viento, con cilindro y pistón). El hecho de que el accionamiento de dicho dispositivo se realice mediante energías alternativas, solar y/o eólica, es un factor importante, debido a que en general, en estas regiones, no se cuenta con energía eléctrica convencional. Sin embargo existe otro problema, en numerosos casos, el agua subterránea resulta salobre, por lo que no es potable y apta para el consumo humano. Debido a que la necesidad de agua potable se reduce a unos pocos habitantes, y teniendo en cuenta la carencia de energía eléctrica convencional este problema, podría ser resuelto con destiladores solares de agua. Se presentan dos posible tipos de destiladores solares y se realiza un análisis de costos para un destilador de 2 mts<sup>2</sup> de batea liviana.

#### DESCRIPCIÓN DE LA BOMBA NEUMÁTICA

Los métodos actuales de extracción están constituidos por una bomba sumergida en la perforación, cilindro con pistón, juntas de cuero y varillas para mover el pistón cuya longitud depende de la profundidad del agua, en algunas regiones 60 a 80 metros o más. Debido a estas características, estos molinos, presentan importantes desventajas en el momento de efectuar su montaje, reparación o mantenimiento, el costo es en consecuencia elevado y esto trae como resultado numerosos casos de abandono de la instalación y con ello de la actividad. (Rodrigo et al., 2002)

En la búsqueda de soluciones a este problema, se diseñó y construyó una bomba neumática, sin partes móviles subterráneas que propone una alternativa, con un mantenimiento mínimo, que en general se practica solo en partes sobre la superficie.

Se trata de un dispositivo para extraer agua a cierta profundidad, por medio de aire comprimido. La fuente de aire comprimido se comunica por una pequeña tubería con las cámaras sumergidas en el agua. Un controlador de tiempos programable a través de las electroválvulas, se encarga de la inyección de aire comprimido a las cámaras en forma intermitente y alternada para la extracción continua.

La bomba en paralelo, consiste en asociar dos cámaras (Figura 1), de manera que cuando una cámara se halle en la etapa de carga la otra esté en la etapa de descarga y viceversa. Las dos cámaras del sistema mostrado en la Figura 1, C1 (6) y C2 (7), se comunican entre sí por la tubería de expulsión a través de dos válvulas de retención (TR2-1 (10) y TR2-2 (11)) y un accesorio "T" que une ambas salidas. Cada una de las cámaras se carga de agua por medio de una válvula de retención TR1-1 (8) y TR1-2 (9) las cuales una vez equilibrados los niveles se cierran automáticamente. El tiempo de descarga y de carga, deberán ser iguales en ambas cámaras para garantizar el caudal continuo y la máxima eficiencia.

#### *Accionamiento energético*

Por otro lado, en nuestro laboratorio se vienen estudiando los valores de radiación solar y velocidad del viento, lo que permite el diseño del equipamiento para energizar el sistema con energía no convencional.

La generación de energía eléctrica se obtiene mediante la utilización de paneles solares, o aerogeneradores la cual a través de un regulador de voltaje se almacena en baterías. Luego con un conversor de tensión, se energiza un compresor y el controlador de tiempos el cual comanda las electroválvulas de aire comprimido de apertura y cierre.

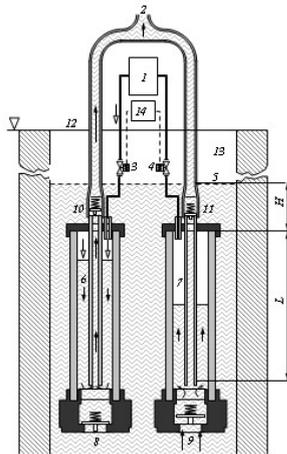


Figura 1: Esquema de armado y funcionamiento de la bomba neumática en paralelo. (1) fuente de aire comprimido; (2) salida de agua; (3) electroválvula ev1; (4) electroválvula ev2; (5) nivel de agua; (6) cámara c1; (7) cámara c2; (8) válvula de retención tr1-1; (9) válvula de retención tr1-2; (10) válvula de retención tr2-1; (11) válvula de retención tr2-2; (12) nivel del suelo; (13) perforación; (14) control automático (ctlp) de la electroválvula ab

### DESCRIPCIÓN DE LOS DESTILADORES

Los destiladores solares de batea son utilizados desde el siglo XVII y prácticamente no han cambiado. Una batea, con superficie de color negro, contiene el agua salobre. Su parte superior está cubierta con un techo a dos aguas de un material de alta transmitancia a la radiación solar y alta conductividad térmica. El techo desagua en canaletas situadas a ambos lados de la bandeja. Los rayos solares atraviesan la cubierta y son absorbidos por el fondo ennegrecido de la batea, que contiene de 2 a 5 cm del agua cruda a destilar. A medida que se calienta el agua su presión de vapor sube, el vapor de agua condensa en la cara inferior del techo formándose una película uniforme de líquido que corre hacia las canaletas, que conducen el agua destilada a un tanque de almacenamiento. (Esteban et. al. 2000)

La calidad del agua destilada que producen estos equipos, es totalmente equivalente a los destiladores convencionales, la conductividad específica, está comprendida entre 3 y 4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Experimentalmente, también se calcula un rendimiento promedio de 2.34 litros/día.m<sup>2</sup>. (Fasulo et al., 1987)

#### Descripción del destilador solar de agua de batea liviana.

El dispositivo consta de dos partes separables, la batea propiamente dicha, y la cubierta que contiene el condensador vidriado, los canales colectores de agua destilada y laterales de apoyo y cierre con la batea. Figura 2

La batea está constituida por una superficie rectangular plana de 2 metros x 1 metro, construida de la siguiente manera:

Un rectángulo de las dimensiones indicadas de hierro ángulo de 1" y 1/2 por 3/16", aloja en su interior una maya de Hierro de construcción de 100 x 100 mm y 3 mm de espesor. Esta estructura, se sostiene y se eleva sobre el terreno con cuatro patas de unos 50 a 60 cm, constituidas por dos trozos de caño estructural de distintas secciones, una encastrada en el interior de la otra permitiendo regular la altura. Una planchuela de unos de 4" x 4" y 3/16" espesor aumenta la superficie de apoyo. El contorno de la batea se construyen con chapa de hierro galvanizada del 18, (1.41 mm) de espesor a las que se le practican dobleces como indica la figura 3, en forma de L; el borde superior de estas molduras presentarán un desnivel del 1%, con respecto a la horizontal necesario para permitir el desplazamiento del agua destilada por los canales.

Un refuerzo del mismo hierro ángulo será soldado en la parte inferior del marco. Este tendrá un orificio de 1/2" en su punto medio, donde se fijará la entrada de agua al destilador.

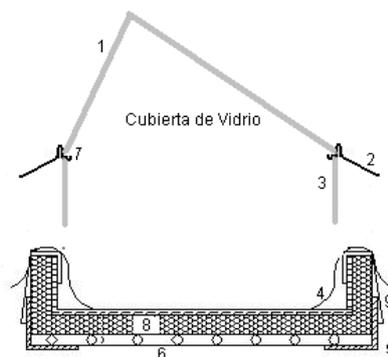


Figura 2: Corte del destilador solar de batea liviana: 1 cubierta de vidrio – 2 Perfiles de chapa acero inoxidable que sostiene la cubierta de vidrio. 3 – soportes de vidrio que apoyan sobre el fondo de la batea cerrando el receptáculo. 4 Polietileno negro. 5 Marco de hierro ángulo. 6 malla de acero de construcción. – 7 canales de agua destilada. 8 aislante térmico (Poliestireno expandido mas cartón corrugado) – 9 perfiles de chapa galvanizada que cierran la batea.

Placas de poliestireno expandido de alta densidad de 3 cm de espesor, son aplicadas sobre todo el fondo y laterales de la batea generando una capa aislante, la cual se recubre con dos láminas de cartón corrugado para protegerlas, ante eventuales recalentamientos de la superficie de la batea. Por último, Una lámina de polietileno negro de 200 micrones de espesor es desplegado en el interior de la batea cubriendo su totalidad y desbordando hacia fuera de estos en varios centímetros, constituyendo la superficie impermeable que contendrá el agua cruda.

La cubierta vidriada se construirá con un marco de acero inoxidable eustenítico 304 (Conocido en el comercio como opaco) formado con tiras de 10 cm de ancho por 2 m de largo las que dobladas como indica la figura 3 y contendrán los canales colectores, el soporte para las placas de vidrio, y el bota-agua.

Seis cortes de vidrio común de 4 mm de espesor y según las siguientes dimensiones, Dos placas de vidrio de 1m por 1,24m, Dos placas de 1m por 0,84m y Dos placas triangulares (cierres laterales) de 1m por 0.84 por 1,24.

Cuatro cortes de vidrio de 6 mm de espesor: dos de 2 metros de largo por 8,5 cm en un extremo y 6,5 en el otro. Dos rectangulares de 1 m de largo por 8,5 cm de ancho uno y 6,5 cm el otro.

Pegamento incoloro flexible para vidrios se empleará para ligar los vidrios de la cubierta entre si y estos con el marco de acero inoxidable, formando una cubierta totalmente hermética. Esto es necesario para asegurar el vapor de agua que se forma dentro del destilador no escape hacia el exterior. Este cierre se completa con el agua contenida en la batea.

#### *Descripción del destilador solar de agua de batea pesada (hormigón armado)*

La batea, construida con hormigón armado, se montará sobre paredes de mampostería que permitirá también aislamiento del suelo por cámara de aire estanco. Los laterales de los encofrados se realizarán con molduras de chapa que servirán no solo para una correcta construcción, sino también de soporte para los canales colectores de agua destilada y facilitarán el sellado entre la cubierta de vidrio y la batea.

La cubierta vidriada será de similares características al destilador de batea liviana. Se omite la figura de este destilado debido a que es muy similar a la figura 3, donde la batea se construye de hormigón armado, en lugar de hierro y materiales aislantes, lo que si bien lo hace mas duradero, limita la posibilidad del traslado de los destiladores y la movilidad de los mismos.

### **ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN DESTILADOR DE BATEA LIVIANA DE 2 MTS CUADRADOS.**

Se detallan a continuación la lista de materiales necesarios para la construcción del destilador de batea liviana, con una superficie de batea de 2 mts<sup>2</sup>. La primer columna indica el material a utilizar, la segunda, el tamaño comercial correspondiente a los distintos materiales, luego el costo unitario. La siguiente columna, representa un factor multiplicador que representa la cantidad necesaria de cada. Por último, el costo total por ítem.

Material	Tamaño	Costo	Cant. Nec	Costo
HIERRO ÁNGULO 1 Y 1/2 X 3/16	6 metros	\$ 52,10	1,17	\$ 60,78
MALLA ACERO DE CONSTRUCCIÓN 100 X 100 MM (HIERRO 3 MM)	1,2 x 3 metros	\$ 26,40	0,67	\$ 17,60
CAÑO ESTRUCTURAL 30 X 30 MM - 1,2 MM DE ESPESOR.	6 metros	\$ 29,02	0,33	\$ 9,67
CAÑO ESTRUCTURAL 25X25X1,2	6 metros	\$ 23,80	0,17	\$ 3,97
PLANCHUELA 4" X3/16"	6 metros	\$ 113,60	0,08	\$ 9,47
CHAPA DE HIERRO GALVANIZADO 18	1x2 metros	\$ 104,00	0,48	\$ 49,92
CHAPA DE ACERO INOXIDABLE 304 - 1MM	1x2 metros	\$ 303,75	0,30	\$ 91,13
CONEXIÓN TANQUE ½"	1 unidad	\$ 6,32	1,00	\$ 6,32
POLIESTIRENO EXPANDIDO DE ALTA DENSIDAD (TERGOPOL) 20 KG/M3 DE 3 CM DE ESPESOR.	1x1 metros	\$ 6,58	2,8	\$ 18,42
CARTÓN CORRUGADO.	1,2x30 metros	\$ 21,00	0,09	\$ 1,96
POLIETILENO NEGRO 200 MICRONES.	1x3 metros	\$ 7,35	1,50	\$ 11,03
VIDRIO DE 4 MM	1 mtr <sup>2</sup>	\$ 45,00	5,20	\$ 234,07
VIDRIO DE 6 MM	1 mtr <sup>2</sup>	\$ 65,00	0,32	\$ 20,80
POMO DE PEGAMENTO INCOLORO FLEXIBLE PARA VIDRIO DE 750 CM3 (TIPO FASTIX O JUNTAFLEX)	1 unidad	\$ 12,08	2,00	\$ 24,16
TORNILLOS - REMACHES - ELECTRODOS - ETC				\$ 30,00
MANO DE OBRA				\$ 320
<b>Costo Total para 2 mts<sup>2</sup></b>				<b>\$ 909,30</b>

Tabla1.: Detalle de materiales para la construcción de destilador de batea liviana de 2 mts<sup>2</sup>.

### **CONCLUSIONES**

La principal ventaja del sistema de bomba neumática en paralelo alimentada por energías alternativas, con la inclusión de una planta de destilación solar de agua, consiste en una alternativa ideal para áreas desprovistas de agua potable y energía eléctrica convencional, de muy bajo mantenimiento y costo reducido. Se puede diseñar en función de la cantidad de habitantes, una planta solar de desalación con los mts<sup>2</sup> suficientes para abastecer la cantidad de agua necesaria, con materiales de muy bajo desgaste, y a un costo muy reducido de aproximadamente \$ 454.65 por metro cuadrado de batea.

**ABSTRACT:** An cost analysis of a water solar distiller is presented in this work, that we will take as departure point to evaluate the possibility of constructing a solar plant of water purification. This water is extracted with a pneumatic device constructed to be used in the areas where water is very deep, and is used in those areas located far away from traditional power systems, as they appear in all the south region the west of the province of San Luis - Argentina. In addition we anticipates that in a high percentage these will be brackish. It'll be presents a brief description of the pneumatic device, and its operation, two models different from water solar distillers, and an economic analysis for the construction of a 2 mts<sup>2</sup> solar water distiller with light tray.

**Keywords:** brackish water, solar distiller, water extraction

### **REFERENCIAS**

- Rodrigo V., DiGennaro J., Monasterolo R. y Ribotta S. (2002) World Renewable Energy Congress VII – WREN / Cologne, GERMANY – “Alternative extract water through solar energy”
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. (2000) Destilador Solar Asistido Con Colector Solar Acumulador. Actas de Asades
- Fasulo A. , Cortinez V. Y Odicino L (1987) . Planta de destilación solar de agua para la Facultad de Química Bioquímica y Farmacia de la UNSL. Actas de ASADES