INDICE

ANES

ISES

LA REVISTA SOLAR

PUBLICACIÓN DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR (ANES) NÚMERO 37 PRIMAVERA 1998
SECCIÓN MEXICANA DE LA *INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY* (ISES)

CENTRO DE INVESTIGACION EN ENERGÍA

DESTILACIÓN SOLAR DE AGUA SALINA. PANORAMA GENERAL

PLANTA DESALADORA SOLAR DE PUERTO LOBOS, SONORA

DESTILACIÓN SOLAR DE AGUA EN BAJA CALIFORNIA SUR

Asociación Nacional de Energía Solar, A. C.
Cd. Universitaria, Apartado Postal 70-472
Coyoacán, 04510 México, D. F.

La Revista Solar

Número 37
Primavera de 1998

ANES

IX Consejo Directivo Nacional 1996 - 1998

Dr. Claudio Alejandro Estrada Gasca
Presidente
Tel. 91 (73) 25-0044 y 25-0018
E-mail: ceg@mazatl.cie.unam.mx

Dr. Roberto Best Brown
Vicepresidente
Tel. 91 (73) 25-0044 y 25-0018
E-mail: rbb@mazatl.cie.unam.mx

Dr. Rubén José Dorantes Rodríguez
Secretario General
Tel. 91 (5) 723-5939
E-mail: rjdr@hp9000a1.uam.mx

Ing. Rodolfo Martínez Strevel
Tesorero
Tel. 91 (5) 513-4297
E-mail: strevel@data.net.mx

Dr. Wilfrido Rivera Gómez F.
Secretario de Publicaciones
Tel. 91 (73) 25-0044
E-mail: wrgf@mazatl.cie.unam.mx

M. en I. Eduardo Rincón Mejía
Secretario de Vocalías Técnicas
Tel. 91 (72) 14-0855
E-mail: erincon@coatepec.uaemex.mx

Dr. Jaime Cervantes de Gortari
Secretario de Asuntos Internacionales
Tel. 91 (73) 25-0044
E-mail: jgonzalo@mazatl.cie.unam.mx

Ing. María Dolores Durán García
Secretario de Secciones Regionales
Tel. 91 (72) 14-0855
E-mail: mddg@coatepec.uaemex.mx

Ing. Norberto Chargoy del Valle
Secretario Técnico
Tel. 91 (5) 622-8138
E-mail: ncv@pumas.iingen.unam.mx

D.I. Adrián H. Oskam Voorduin
Secretario de Organización
Tel. 91 (73) 25-0044 y 25-0018
E-mail: aov@mazatl.cie.unam.mx

Dra. Gabriela Alvarez García
Secretario de Relaciones
Tel. 91 (73) 12-7613
E-mail: cenidet2@infosel.net.mx

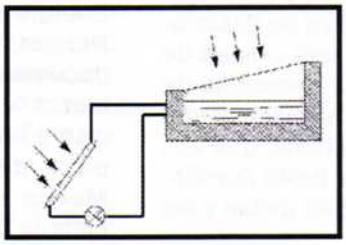
Ing. J. Armando Saldaña Hermosillo
Secretario de Asuntos Industriales
Tel. 91 (73) 14-3042

CONTENIDO

Mensaje del Presidente 2

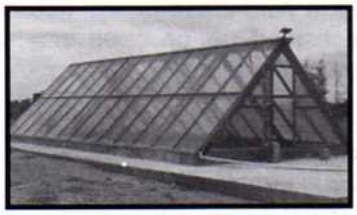
Editorial 3

Centro de Investigación en Energía 4



Destilación Solar de Agua Salina. Panorama General 10

Planta Desaladora Solar de Puerto Lobos, Sonora 17



Destilación Solar de Agua en Baja California Sur 21

Foto de la portada:
Destilador solar de gran sección, UABCS
Cortesía:
José Luis Fernández

LA REVISTA SOLAR, publicación trimestral de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) de México. Apartado Postal 20-633, 01000 México, D.F. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la posición oficial de la Asociación. Certificado de Licitud de Título núm. 2148. Certificado de Licitud de Contenido núm. 1357. Se autoriza la reproducción de la información si se cita la fuente.

Diseño y Formación: Ruth Merino Gutiérrez.

Mensaje del Presidente

EL OTRO DÍA ESTABA REPASANDO UNOS documentos y me encontré el reporte final del XVI Congreso del Consejo Mundial de Energía que se celebró en Tokio, Japón, en octubre de 1995. En dicho documento se plantean varias ideas que considero importantes reproducirlas. Se mencionan dos retos fundamentales para la humanidad. El primero es dar respuesta con urgencia y determinación, a la aflicción de más de dos mil millones de individuos en los países en vía de desarrollo de ingresos más bajos -los pobres rurales y urbanos- que no tienen electricidad ni acceso adecuado a otras energías comerciales. Por lo que no tienen perspectivas realistas de salir del círculo vicioso de la pobreza y dar los primeros pasos hacia el desarrollo, hacia niveles de vida más altos, y hacia revertir la seria degradación ambiental local. El segundo reto, dice el documento, es sentar un camino hacia el desarrollo sustentable en el largo plazo. Este camino reconoce en primer lugar, la inevitabilidad del crecimiento de la población mundial (de 5800 millones ahora a 8,000 millones en 2020 y probablemente 10,000 en el 2050) y el imperativo de desarrollo económico que provea a todos de una calidad de vida aceptable; y en segundo lugar, la necesidad de asimilar honestamente y sin miedo los impactos del desarrollo económico sobre nuestro entorno, que van desde cuestiones locales y regionales hasta cuestiones globales tales como el calentamiento global y las amenazas a la biodiversidad.

Entre las conclusiones del documento menciono dos: una que dice que se debe acelerar el desarrollo tecnológico dirigido a mejorar la eficiencia energética y la oferta competitiva de las fuentes de energía renovables, revirtiendo las caídas recientes en el gasto en investigación y desarrollo. La efectividad de la actividad de I&D mejorará con el desarrollo de asociaciones gobierno - industria para financiar tecnologías clave de largo plazo como las nuevas fuentes de energía renovables y de mitigación ambiental. La otra conclusión dice que la falta presente de conciencia pública de lo que se necesita para alcanzar la sustentabilidad señala la necesidad de un programa de educación pública amplio que cree conciencia y cambie apreciaciones.

Así mismo, entre las recomendaciones del documento destaco tres: una que dice que los gobiernos de los países ricos y pobres deben conjuntarse, en una causa común con el esfuerzo sostenido, para asegurar que se ponga progresivamente energía comercial a disposición del 40 % de la población mundial que no se beneficia de ella hoy en día, y que por consiguiente no puede satisfacer sus necesidades básicas o aspirar al desarrollo económico. La otra recomendación dice que se requiere una campaña mayúscula por parte de los gobiernos y todos los involucrados en la industria energética para mejorar la educación sobre, y la comprensión de las implicaciones más amplias del aprovisionamiento y el uso sustentable de la energía, y su significado para el bienestar humano y el medio ambiente. Y la tercera recomendación habla de que para lograr la oferta comercial de nuevas fuentes de energía renovables, y fomentar la eficiencia energética, los gobiernos y el sector privado deben aumentar su gasto en I&D y aumentar su efectividad por medio de asociaciones más estrechas doméstica e internacionalmente.

En base a lo anterior se podría decir que el desarrollo de las energías renovables estará estrechamente vinculado a las políticas ambientales que se implementen y a las políticas de uso racional y eficiente de la energía. Así es que se debería de hablar del trinomio Uso Racional y Eficiente de la Energía - Medio Ambiente - Energías Renovables. Por ello, yo agregaría a las tres recomendaciones del documento antes mencionas, una cuarta que establezca la necesidad para los gobiernos de la elaboración e implementación de planes nacionales estratégicos de desarrollo de las energías renovables. México todavía no tiene el suyo y urge que se elabore uno.

Es significativo ver como este documento de hace apenas 5 años, le da sustento al noble fin al que está dedicada nuestra Asociación desde más de 21 años. Esto habla de lo visionarios que fueron nuestros compañeros fundadores.

CLAUDIO A. ESTRADA GASCA
PRESIDENTE

Editorial

DISPONER DE AGUA POTABLE PARA CONsumo humano se torna cada día en un problema más complejo. Se conocen las enormes dificultades que supone abastecer a la población de este esencial líquido, y no solo es el hecho de superar retos tecnológicos para llevar agua a las grandes ciudades, sino también surtir a multitud de poblados y pequeños asentamientos que existen a lo largo de todo el país. Por lo anterior, en este número de la Revista Solar, se presentan cuatro artículos, uno sobre el Centro de Investigación en Energía de la UNAM y los otros tres sobre Destilación Solar con los cuales se espera que el lector tenga un conocimiento, al menos de manera general, de como se puede destilar agua empleando para ello Energía Solar, y de cuales han sido unos de los proyectos más importantes que se han realizado en nuestro país a este respecto.

En el primer artículo se hace una descripción del Centro de Investigación en Energía, de cuales son sus principales objetivos y líneas de investigación, de la productividad de sus investigadores y de como se encuentra constituido a través de sus diferentes Departamentos y Coordinaciones de investigación. Además se hace una breve descripción del Posgrado en Energía Solar con sus opciones Fotovoltaica y Fototérmica.

En el segundo artículo se describen, de manera más o menos detallada, los diferentes tipos de destiladores solares que existen mencionando sus características principales, así como las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

En el tercer artículo se describe de manera general, el Proyecto Solar en la Comunidad de Puerto Lobos en el Estado de Sonora, en el cual se construyó el campo más grande de destiladores tipo caseta instalados en nuestro país.

En el último artículo de este número de la Revista Solar se describen los proyectos que se han realizado sobre destilación solar en la Universidad de Baja California Sur en conjunto con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, destacando la construcción y evaluación de destiladores solares de gran sección.

A través de esta editorial deseo manifestar mi agradecimiento a los autores de los artículos aquí presentados, ya que hicieron un espacio de su valioso tiempo para colaborar en la formación de este número de la Revista Solar.

Esperando que los artículos aquí presentados sean de su completo interés, a nombre del IX Consejo Directivo de la ANES les extiendo una cordial invitación para que sigan colaborando con esta su Revista Solar, ya sea con el envío de artículos o bien con sus comentarios y opiniones.

WILFRIDO RIVERA GÓMEZ F.
EDITOR

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

Responsables de la publicación:
M.I. María de Jesús Fontanelli C. y D.I. Adrián H. Oskam V.

CON LA CREACIÓN DEL INSTITUTO DE INVESTIgaciones en Materiales en 1979, se establece el Departamento de Energía Solar donde se lleva a cabo investigación tanto en el área fototérmica como en la fotovoltaica. Este departamento llegó a contar con un tercio del personal académico del Instituto, teniendo gran productividad, de tal forma que en 1982 se aprobó la creación de un laboratorio foráneo

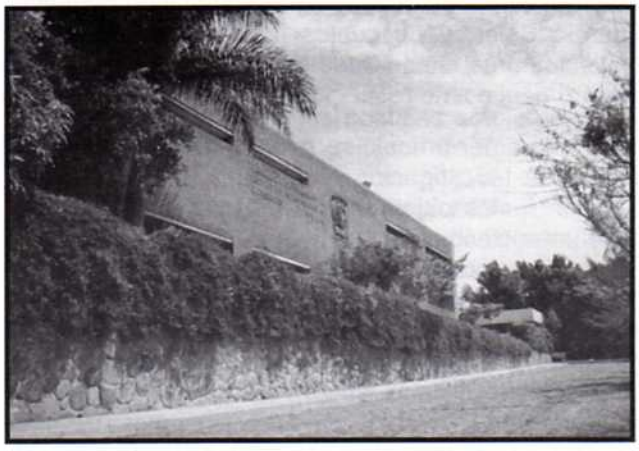
En 1983 se apoyó la construcción del Laboratorio de Energía Solar, en Temixco, Morelos. En un terreno de 28,000 m^2, dado en comodato por el municipio de Temixco y la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, se edifican 4,000 m^2. Éste es inaugurado en 1985; a fines de 1992, ya tenía establecidos sus líderes académicos y sus principales líneas de investigación. La madurez, productividad y relevancia de la labor desarrollada por los académicos conducen al Consejo Universitario a crear, el 13 de noviembre de 1996, el *Centro de Investigación en Energía*. El Dr. José Sarukan Kermes nombra como director al Dr. Manuel Martínez Fernández para encabezar la proyección del centro con la misión y objetivos siguientes:

Realizar investigación básica y aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impactos de la energía, en particular de las fuentes renovables; llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a instituciones en el área de la energía; formar estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar el desarrollo sustentable del país.

En la opinión de varios especialistas nacionales y extranjeros que han seguido de cerca su evolución desde que se fundó, la institución se encuentra en período de consolidación dadas las características del personal académico y de la infraestructura con que cuenta, y la experiencia y el alcance logrado en sus investigaciones.

Prueba del reconocimiento a la destacada labor del personal académico del CIE, son los premios que varios de sus miembros han obtenido recientemente:

- Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos 1992 en investigación en ciencias exactas, el premio de la Academia de la Investigación Científica 1992.
- Premio del Instituto Weizmann a la mejor tesis doctoral en Física y 6 de los premios "Casa de la Ciencia" del estado de Morelos en Física, Química y Desarrollo Tecnológico, durante el período 1991-1993.
- Premio León Bialik de Innovación Tecnológica.
- Tres de sus miembros han sido presidentes de la Asociación Nacional de Energía Solar.

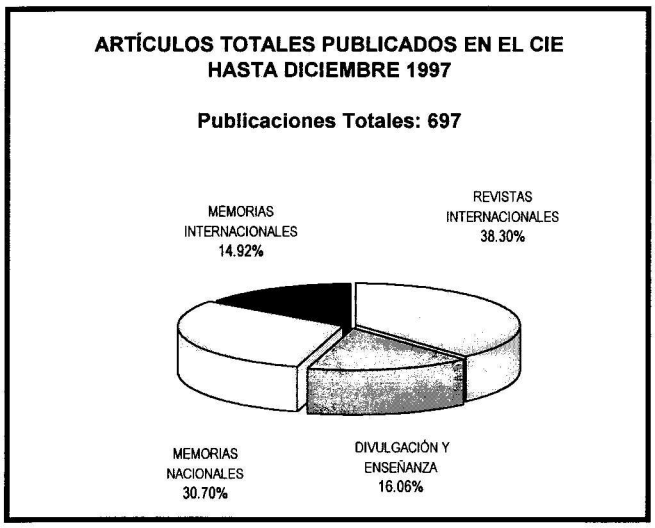


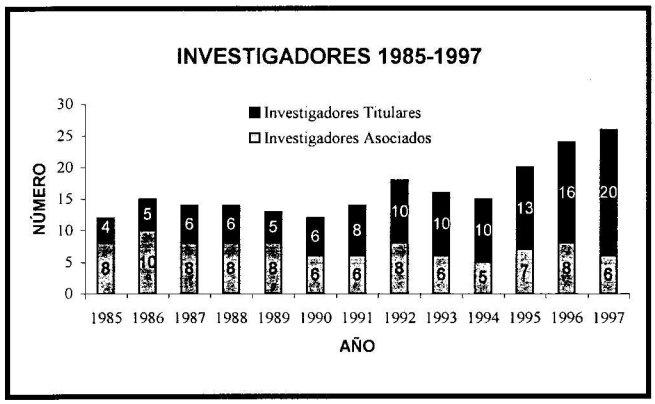
El Centro de Investigación en Energía.

ESTADÍSTICAS PRINCIPALES DEL CENTRO

Algunas cifras relevantes sobre la productividad del CIE se presentan a continuación.

Producción del personal académico exclusivamente durante su adscripción al CIE en el periodo 1985 - diciembre 1997	
Número Total de Publicaciones	637
Artículos en Revistas Internacionales	239
Artículos en Congresos Internacionales	82
Artículos en Congresos Nacionales	201
Artículos de Divulgación y Enseñanza	107
Libros	8





La organización académico-administrativa tiene como elemento básico al proyecto de investigación. La estructura seleccionada para llevar a cabo estas tareas es la siguiente:

DEPARTAMENTO DE MATERIALES SOLARES

El Departamento de Materiales Solares está organizado en tres coordinaciones de investigación y el Jefe del Departamento es, desde 1997, el Dr. P.K. Nair.

- **COORDINACION DE RECUBRIMIENTOS ÓPTICOS Y OPTOELECTRÓNICOS** (Dra. Santhamma Nair Maileppallil Thankamma)

La coordinación desempeña una actividad consolidada, destinada al desarrollo de materiales y dispositivos ópticos y optoelectrónicos para el aprovechamiento de la energía solar y el uso eficiente de fuentes convencionales de energía.

Son pioneros en el desarrollo de recubrimientos semiconductores basadas en CuS para control de la radiación solar en edificios y automóviles. Desde el año 1986, han desarrollado una gama de películas delgadas semiconductoras por técnicas químicas, destinadas a una nueva tecnología para elaboración de celdas solares.

Las actividades de investigación de la coordinación incluyen los siguientes:

- Crecimiento de películas delgadas de materiales solares por Baño Químico, Rocío Pirolítico y Vapor Químico-Físico; Desarrollo de recubrimientos; Películas semiconductoras por la técnica de *Successive Ion Layer Adsorption and Reaction – SILAR.*
- Caracterización de propiedades estructurales, composicionales, ópticas y eléctricas de materiales y sus correlaciones.
- Desarrollo de generadores termoeléctricos usando películas y recubrimientos semiconductores desarrollados para la conversión termoeléctrica de energía solar.

- **COORDINACION: SOLAR - HIDROGENO - CELDAS DE COMBUSTIBLE** (Dr. P. J. Sebastian)

Sus actividades pueden ser divididas en tres grandes líneas: a) preparación de celdas solares a base de compuestos calcogenuros por la técnica del electrodepósito, b) la producción de hidrógeno, mediante el empleo de fotoelectrodos y c) estudio y desarrollo de celdas de combustible.

En la primera se trabaja en la preparación de materiales semiconductores en película delgada, como son el CuInSe2, Cu(In,Ga)Se2 CdTe, CdS, Sb2Se3 y InP, mediante la técnica del electrodepósito. Se ha logrado obtener una celda solar con un 8% y 9% de eficiencia de conversión.

Los resultados obtenidos, en la preparación de electrodos a base de metales calcogenuros, del tipo Mo-Se, Ru-Se, etc., han permitido que estos puedan ser aplicados en la construcción de tres tipos diferentes de celdas de combustible (intercambiadora de protones, del tipo ácido, y alcalinos). Como es sabido, la mayoría de los electrodos utilizados en la construcción de estos tipos de celdas de combustibles, emplean electrodos a base de Pt, lo que incrementa notablemente el costo, por lo que resulta indispensable la sustitución de este elemento por tipo de compuesto, y las características de estos metales calcogenuros permiten que este sea posible.

- **COORDINACIÓN: SUPERFICIES, INTERFACES Y MATERIALES COMPUESTOS** (Dra. Hailin Zao Hu)

En esta coordinación se realiza Investigación básica y aplicada de materiales semiconductores inorgánicos y polí-

meros orgánicos en forma de multiestructura de películas delgadas y dispersiones sólidos, elaboradas por la combinación de técnicas tales como Sol-Gel, electrodepósito, "spin-coating", serigrafía y baño químico. Estudio y correlación de las propiedades superficiales de los materiales elaborados con la actividad fisicoquímica de las interfaces líquidas, sólidas y gaseosas de dispositivos electrocrómicos, optoelectrónicos, fotoelectroquímicos, celdas solares, receptores solares y sensores químicos.

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS ENERGÉTICOS

El Departamento de Sistemas Energéticos se encuentra organizado en 4 coordinaciones de investigación y el Jefe del Departamento es, desde 1997, el Dr. Roberto Best y Brown.

- **COORDINACION: REFRIGERACION Y BOMBAS DE CALOR** (Dr. Roberto Best y Brown)

Una de las propuestas para la utilización de energía solar es la de producir refrigeración para la conservación de productos perecederos para proyectos de agroindustria o pesca, así como para satisfacer una parte o el total de las cargas térmicas de calentamiento y enfriamiento en edificios.

Están en proceso de desarrollo sistemas para la conservación de vacunas de muy pequeña capacidad utilizando colectores solares para su funcionamiento. Se han desarrollado actividades ampliando la perspectiva de uso de sistemas incluyendo bombas de calor las cuales son capaces de producir enfriamiento, calentamiento o ambos efectos simultáneamente. La coordinación es el único grupo en México y Latinoamérica dedicado en forma continua y desde hace 20 años a la investigación básica y el desarrollo tecnológico de sistemas de refrigeración y bombas de calor por absorción.

Una línea de investigación más reciente es la que combina el uso de la energía solar y las bombas de calor para el secado de productos. El trabajo se ha enfocado a estudiar esta alternativa en el secado de granos.

- **COORDINACIÓN: CONCENTRACIÓN SOLAR** (Dr. Caludio A. Estrada Gasca)

Las actividades de investigación en el área van desde el desarrollo de sistemas concentradores que implica estudios de óptica, de estructuras mecánicas, de control eléctrico y electrónico de sistemas, pasando por el estudio y desarrollo de materiales reflexivos y absorbentes hasta el estudio de máquinas térmicas y procesos físicos o químí-

Refrigerador Solar

Concentrador Solar

cos que utilicen la energía solar concentrada para obtener otras formas de energía o materia útiles para el ser humano.

Se han diseñado y construido dos sistemas. El primer sistema es un dispositivo para estudiar los flujos radiativos concentrados (denominado DEFRAC). El dispositivo permite medir la distribución de la energía solar concentrada en el plano focal equivalente de un sistema de concentración de espejos múltiples donde se pueden variar el tipo de superficies especulares.

El segundo sistema que se ha diseñado y construido sirve para realizar estudios de tratamientos químicos de aguas contaminadas con energía solar concentrada. A este sistema se le ha denominado DICEF (Dispositivo Concentrador para el Estudio de la Fotocatálisis). El sistema permite caracterizar diferentes reacciones fotocatalíticas para la degradación de compuestos tóxicos.

- **COORDINACIÓN: GEOENERGÍA** (Dr. Surendra Pal Verma)

La investigación en este rubro se concentra en cuatro líneas de investigación orientadas a conocer el origen, evolución y dinámica de los sistemas geotérmicos:

1) Geoquímica analítica.- Esta línea de trabajo se ha desarrollado como respuesta a la necesidad de evaluar la calidad de datos experimentales, que afecta fuertemente a los modelos físico-químico-matemáticos en Ciencias de la Tierra.

Se ha desarrollado un programa de cómputo que junto con paquetes estadísticos permite evaluar la precisión y exactitud de los datos analíticos en geoquímica y geotermia.

2) Evolución volcánica.- En este rubro se incluye la obtención e interpretación de datos geoquímicos e isotópicos de rocas del Cinturón Volcánico Mexicano, para tratar de modelar el origen de los volcanes que forman esta provincia geológica.

3) Interacción agua-roca.- En esta línea de investigación se estudian los procesos físico-químicos que ocurren entre las rocas y fluidos en un ambiente hidrotermal. El estudio de la alteración hidrotermal resultante proporciona un método indirecto para conocer entre otros aspectos, la temperatura en el subsuelo, las características químicas y el régimen de flujo de la salmuera geotérmica.

4) Modelado geoquímico.- Se ha logrado el modelado de la alteración hidrotermal del campo de Los Azufres, Mich., mediante el cálculo de los minerales en equilibrio químico con la salmuera geotérmica.

- **COORDINACIÓN: PLANEACIÓN ENERGÉTICA** (Dr. Manuel Martínez Fernández)

Con un enfoque sistémico y multidisciplinario se estudia la relación presente y futura entre la energía, la tecnología, el ambiente, la economía, la política y la sociedad. Se están identificando y caracterizando con diversos parámetros a las tecnologías energéticas, desde aquellas utilizadas para el aprovechamiento de la energías primarias a las que sirven para satisfacer los requerimientos sociales. Los parámetros se pretenden conocer tanto en su desarrollo pasado como en el presente y en su futuro probable.

Se construyen escenarios energéticos para México en el año 2025. En particular, se desarrollan ahora tres: Tendencial, de Bloques y Sustentable, con un nivel de desagregación muy específico a nivel de las Energías Disponibles, y no hay registro de algún trabajo similar publicado con anterioridad en el país

DEPARTAMENTO DE TERMOCIENCIAS

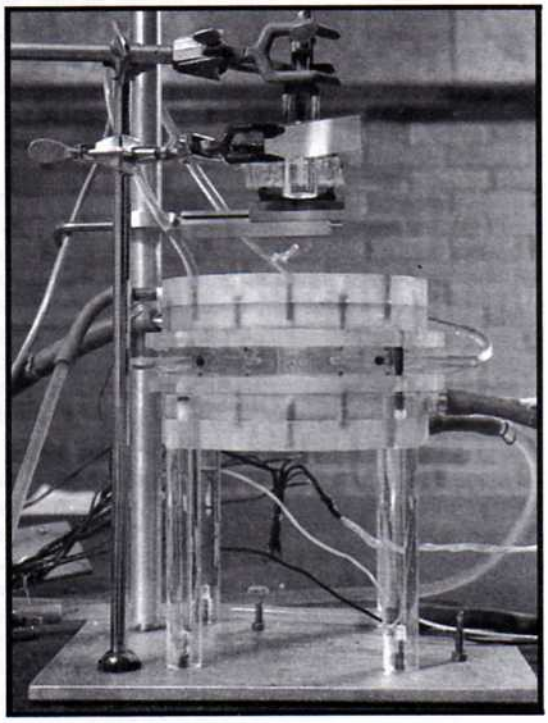
El Departamento de Termociencias se encuentra organizado en 2 coordinaciones de investigación y el Jefe del Departamento es, desde 1997, el Dr. Eduardo Ramos Mora.

- **COORDINACIÓN: TRANSFERENCIA DE ENERGÍA Y MASA** (Dr. Eduardo Ramos Mora)

Se organiza alrededor de los proyectos, la mayoría patrocinados, que se describen en detalle en la siguiente sección.

a) Termoacústica.- Se pretende seguir en la línea del análisis de los fenómenos fundamentales, en particular del comportamiento no lineal, e iniciar la construcción de algunos dispositivos termoacústicos.

b) Convección Natural.- Actualmente se esta progresando en dos vertientes importantes; por un lado se explora la convección natural en sistemas rotatorios con la finalidad a largo plazo de entender fenómenos fundamentales de la influencia de fuerzas de cuerpo sobre la estructura del flujo, y sobre fenómenos de solidificación y sedimentación.



Medición de Velocidades en una Cavidad

c) Ebullición.- En el análisis de la ebullición en capilares como un fenómeno caótico, el grupo es pionero a nivel mundial, aunque se espera motivar a colegas de otros centros de investigación, para unir esfuerzos en cuanto a clarificar algunos aspectos del fenómeno de ebullición.

d) Arquitectura Sustentable.- Ésta es una actividad que ha sido planteada como respuesta a una necesidad nacional e internacional de diseños y a la construcción de edificios y casas habitación inteligentemente confortables, eficientes desde el punto de vista energético. Actualmente se cuenta con un equipo de asesores que son líderes a nivel internacional que colaboran en el planteamiento de esta actividad.

- **COORDINACIÓN: FÍSICA TEÓRICA** (Dr. Antonio del Río)

En el tema de silicio poroso este grupo es el más importante (casi el único) en México. Se han abarcado diferentes enfoques (por un lado teoría de campo medio y por otro mecánica cuántica) para estudiar las propiedades ópticas del silicio poroso.

En cuanto a transporte en medios porosos, el trabajo se enfoca a la comprensión de los mecanismos y características que intervienen o determinan un proceso desde un punto de vista básico.

En termodinámica de procesos irreversibles, se han hecho aportaciones fundamentales como la formulación variacional de la termodinámica irreversible extendida y contribuido de manera destacada a lo que ya se conoce en la literatura mundial como la Escuela Mexicana de Termodinámica Irreversible.

En el área de la teoría cinética de los gases, se les considera expertos en gases densos y mezclas multicomponentes y últimamente hemos tenido colaboraciones muy fructíferas con el grupo de Badajoz en problemas no lineales.

ACTIVIDADES DOCENTES

Desde sus inicios el antes Laboratorio de Energía Solar, ahora Centro de Investigación en Energía, ha estado consciente de la necesidad de formar recursos humanos de alto nivel no solamente para apoyar las líneas de investigación que se desarrollan dentro de la institución y fomentar su crecimiento, sino también para formar individuos de alto nivel que contribuyan a la investigación, desarrollo y enseñanza del aprovechamiento de la energía solar y demás áreas de investigación para beneficio de la sociedad.

Es por lo anterior que tanto los investigadores como técnicos académicos de este Centro, además de realizar su investigación y colaborar con el Posgrado de Energía Solar impartiendo cursos dentro de los planes de estudio, han trabajado en la supervisión y dirección de estudiantes de servicio social, práctica profesionales, estancias de investigación, tesis de licenciatura, maestría y doctorado, de estudiantes provenientes no solamente de la UNAM, sino también de otras Universidades y Tecnológicos del Estado de Morelos así como de algunos otros estados de la República e incluso del extranjero.

- **POSGRADO EN ENERGÍA SOLAR** (Dr. Wilfrido Rivera Gómez F.)

El Proyecto Académico Posgrado en Energía Solar se encuentra inscrito dentro de la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM, teniendo como sede el Centro de Investigación en Energía.

Este proyecto que se encuentra inscrito dentro del Padrón de Posgrados de Excelencia de CONACyT desde 1992, fue creado para apoyar las actividades de investigación y de desarrollo tecnológico a través de la formación de recursos humanos de alto nivel, creando las condiciones idóneas para la vinculación entre la investigación y la docencia a través de los proyectos de investigación de los estudiantes.

Desde el inicio de actividades del posgrado, la planta de profesores y tutores ha sido cubierta casi en su totalidad por el personal académico del CIE. La mayor parte de los proyectos de investigación están vinculados a las líneas de investigación prioritarias del CIE.

La Maestría en Energía Solar, en su opción fototérmica, tiene como objetivos principales formar recursos humanos en la teoría de la transferencia de calor y masa, y en el área científico-técnica de la conversión de energía solar a energía calorífica y en su posterior utilización en diversos procesos; y la opción fotovoltaica tiene como objetivo principal la formación de recursos humanos en la teoría de semiconductores y en el área científico-técnica de la conversión de energía solar a energía eléctrica por medio de celdas solares, incluyendo la preparación y caracterización de materiales y dispositivos.

VINCULACIÓN CON LA SOCIEDAD

Es de fundamental importancia para el CIE realizar actividades que lo vinculen con la sociedad y éstas se desarrollan en dos vertientes. La primera busca en los sectores público, privado y social aquellos problemas que son más importantes para ellos y entonces el CIE se aboca a tratar de presentar soluciones concretas y específicas. En la segunda, se analiza con detalle aquellas investigaciones realizadas en el CIE que pueden pasar a la etapa de desarrollo tecnológico y entonces se trata de gestionar su transferencia a alguna empresa interesada. Se estará en contacto permanente con la Coordinación de Vinculación de la UNAM.

Se han firmado convenios con:

- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca Morelos.
- Instituto Tecnológico de Zacatepec; Morelos.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados; Chihuahua.

Se están negociando convenios con:

- Sandia National Laboratories- Albuquerque, Nuevo México, E.U.A.
- Centro de Investigación y Desarrollo del Estado de Michoacán.
- Universidad Michoacana / pendiente renovación.

◊ Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
◊ Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU), E.U.A.
◊ Fondo Nacional de Apoyo a Empresas en Solidaridad / SEDESOL.
◊ Universidad La Salle Cuernavaca, S.C.
◊ Grupo VITRO.
◊ Grupo Industrial RESISTOL.
◊ Selemex de México (Cuernavaca).

- **UNIDAD DE INGENIERIA Y GESTION TECNOLOGICA**

Se ha puesto en marcha una muy pequeña Unidad encargada de la gestión tecnológica y de ingeniería, que crecerá de acuerdo a las necesidades que se vayan teniendo. Dentro de las actividades a realizar se encuentran:

Coordinar todas las acciones de Ingeniería y Gestión Tecnológica hacia el interior de la dependencia.

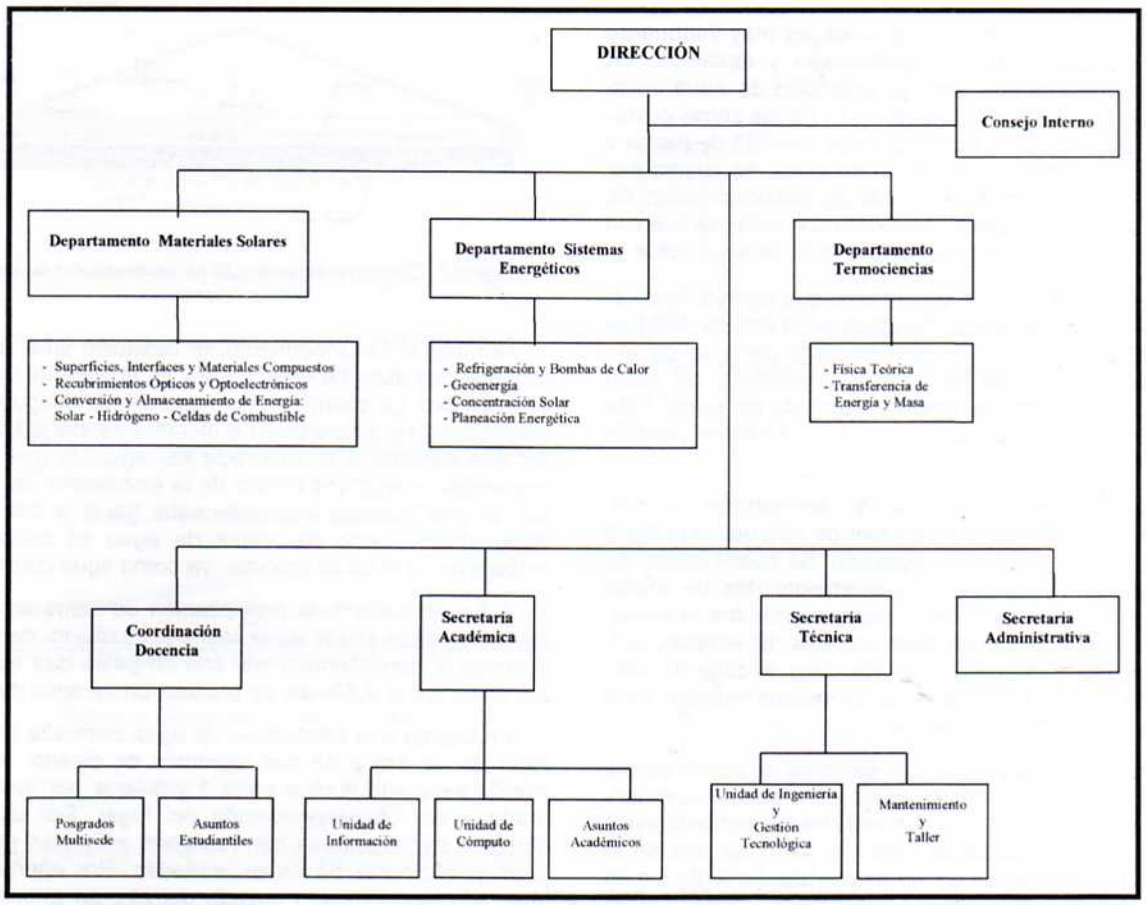
- ❑ Atender solicitudes de servicios de diseño, ingeniería y desarrollo y construcción de equipos.
- ❑ Atender solicitudes de información con relación a patentes y propiedad industrial.

Coordinar todas las actividades de Ingeniería y Gestión Tecnológica hacia el exterior.

- ❑ Llevar a cabo los esfuerzos de vinculación con la sociedad, y los sectores público y privado.
- ❑ Realizar todas las acciones relacionadas con trámites de registros de patentes, marcas, procesos y logotipos en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial.
- ❑ Realizar todas las acciones relacionadas con trámites de registros de libros, manuales, artículos en el Instituto Nacional de Derechos de Autor.
- ❑ Establecer relación con talleres externos para la realización de proyectos de desarrollo tecnológico.
- ❑ Establecer convenios, contratos, y todos aquellos instrumentos necesarios para la realización de todos los puntos anteriores.

Promocionar las actividades que realiza el Centro de Investigación en Energía en el ámbito de su especialidad, para lograr el establecimiento de relaciones con los diferentes sectores hacia la solución de problemas.

- ❑ Identificar empresas, organismos no gubernamentales, asociaciones civiles y dependencias gubernamentales con potencial para el establecimiento de proyectos, estudios y asesorías.
- ❑ Gestionar apoyos y recursos para el desarrollo de proyectos con los sectores mencionados en el punto anterior.
- ❑ Llevar a cabo proyectos para la solución de problemas prioritarios y con tendencia al logro de un desarrollo sustentable.



DESTILACIÓN SOLAR DE AGUA SALINA. PANORAMA GENERAL

Adolfo G. Finck Pastrana
Departamento de Ingeniería, Universidad Iberoamericana, Plantel Santa Fé

DISPONER DE AGUA POTABLE PARA CONSUMO humano se torna cada día en un problema más complejo. Se conocen las enormes dificultades que supone abastecer a la población de este esencial líquido, y no sólo es el hecho de superar retos tecnológicos para llevar agua a las grandes ciudades, sino también surtir a multitud de poblados y pequeños asentamientos que existen a lo largo de todo el país.

La gran diversidad climatológica de México, en particular la referente a la precipitación pluvial, obliga a la existencia de poblaciones donde abunda el recurso de agua dulce, mientras que en otras zonas, principalmente costeras, se tienen grandes carencias al respecto. Esta escacez de agua potable bloquea el desarrollo económico-social y propicia, entre otras cosas, la migración.

Por estas y otras muchas razones, es muy importante destinar recursos para la investigación y desarrollo de tecnologías relacionadas con la obtención de agua dulce y/o potable para consumo humano [1]. En las zonas costeras y en otras regiones donde el agua extraida de pozos y manantiales tiene gran contenido de sales, se cuenta por lo general con una alta incidencia de radiación solar. Es aquí donde las tecnologías de destilación solar se vuelven extrremadamente útiles para la obtención de agua dulce.

La destilación solar es un proceso que permite separar el agua dulce de las sales disueltas en la misma. Esto se lleva a cabo evaporando el agua en cierta parte del equipo solar y condensándola en otra, obteniéndose así agua dulce con prácticamente ningún contenido de sales. Este es el mismo proceso que utiliza la naturaleza para la producción de agua dulce.

Existe una enorme variedad de destiladores solares, pero todos con el objetivo principal de obtener más agua por unidad de superficie de captación. Se puede hablar de dos categorías según su funcionamiento: los de efecto simple y los de múltiple efecto. Como su nombre lo indica, en los primeros existe un solo proceso de avaporación-condensación, mientras que en los otros el calor de condensación de una primera etapa se puede reutilizar para evaporar el agua de la siguiente.

Dentro de la categoría de los sistemas de efecto simple destacan: los destiladores de caseta, en todas sus variantes; los de escalera; los de tela absorbente tensada estilo Moustafá; y los de cubierta esférica. Mientras que en la categoría de múltiple efecto se tienen básicamente los de charolas apilables; y los de tela absorbente tensada estilo japonés.

SISTEMAS DE EFECTO SIMPLE

Destiladores de caseta

Un destilador solar tipo caseta, también llamado convencional, consiste básicamente en un recipiente extenso y poco profundo, de forma comunmente rectangular o cuadrada, con el fondo de color negro. Este recipiente o charola, aislado térmicamente por su base y costados, contiene el producto a evaporar, agua salina generalmente. El sistema cuenta con una cubierta hecha con material transparente a la radiación solar, esto es, vidrio o de algún plástico. La cubierta tiene una inclinación hacia uno o varios canales recolectores del destilado.

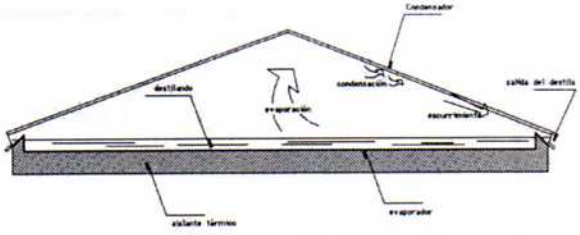


Figura 1. Diagrama simplificado de un destilador de caseta convencional.

Durante el funcionamiento, la radiación solar cruza la cubierta y se absorbe en el agua y en el material del fondo de la unidad. La energía absorbida calienta el agua salina, provocando su evaporación e incrementando la humedad del aire cercano a la superficie del agua, lo que genera corrientes convectivas dentro de la envolvente del destilador. El aire húmedo y caliente sube hacia la cubierta de vidrio, donde parte del vapor de agua se condensa y resbala hacia el canal colector, ya como agua dulce [2].

A fin de prevenir la precipitación de sales en el recipiente, se debe añadir agua salina al destilador de manera continua o intermitentemente con un gasto que equivalga por lo menos al doble del de producción de agua destilada.

En cuanto a la producción de agua destilada del destilador de caseta y de sus variantes de diseño, el rendimiento esperado fluctúa entre 1 y 5 litros por metro cuadrado y por día dependiendo del lugar. Por tal razón, diversos investigadores han realizado esfuerzos para mejorar la eficiencia de estas unidades. Por ejemplo, han intentado la circulación forzada del aire en el interior del destilador. También se ha usado el calor latente de vapori-

zación en sistemas de múltiple efecto o simplemente para el precalentamiento del agua a destilar.

Se pueden tener muchas variantes del destilador de caseta convencional, diseños que difieren básicamente en su estructura y materiales de construcción, pero esencialmente incorporan los mismos elementos para su funcionamiento. Por ejemplo, en todas las variantes la cubierta transparente cumple varias funciones: admitir la radiación solar dentro del sistema, impedir la salida de la emisión infrarroja del agua caliente, impedir que escape el aire húmedo atrapado en el destilador y, lo más importante, servir como condensador del vapor de agua.

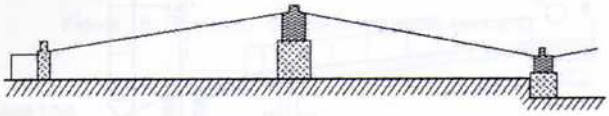


Figura 2. Diseño de Batelle-Lof.

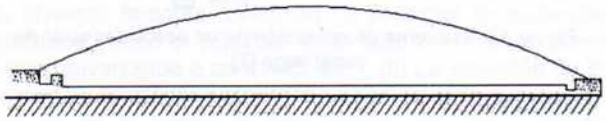


Figura 3. Diseño con cubierta curva de plástico.

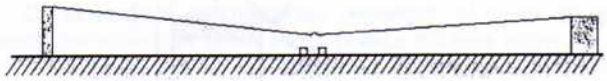


Figura 4. Diseño de cubierta en "V".

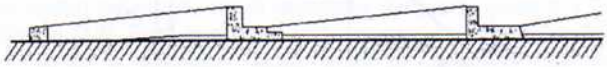


Figura 5. Diseño de cubierta de vidrio de baja inclinación.

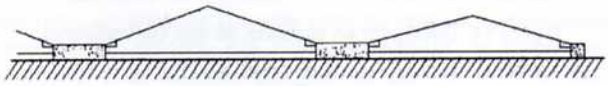


Figura 6. Diseño Australiano.

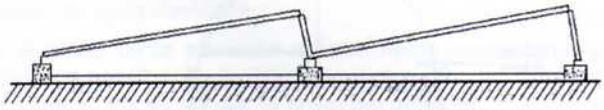


Figura 7. Diseño de Grecia (Delyanis).

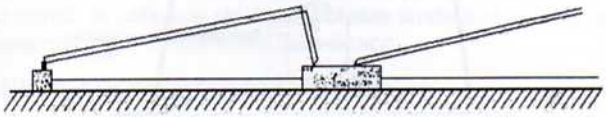


Figura 8. Diseño de Delyanis modificado.

Se observa que la cubierta de estos destiladores es a una o dos aguas y a un ángulo de inclinación tal que facilita el escurrimiento de las gotas de agua que condensan ahí. De manera similar, la inclinación del canal colector, permite que el agua escurra libremente hacia el almacén. Una recomendación práctica que suele hacerse es la de diseñar el destilador de caseta con la(s) cubierta(s) inclinadas a un ángulo igual a la latitud del lugar, o un poco más [3].

Acoplamiento con Calentadores Solares Planos

Otra línea de investigación en el campo del destilador de caseta ha consistido en procurar tener la mayor diferencia posible de temperaturas entre el agua y la cubierta del destilador, esto con la intención de aumentar la diferencia de presiones de vapor entre el evaporador y el condensador y, por tanto, maximizar su rendimiento [4]. Lo anterior se puede lograr mediante las siguientes alternativas, entre otras: (a) utilizar un flujo de agua sobre la cubierta de vidrio para bajar su temperatura; (b) circular un fluido caliente en un intercambiador de calor colocado en la charola del evaporador para subir la temperatura del destilando, (c) utilizar ambas alternativas simultáneamente. A continuación se muestran los esquemas de estos arreglos.

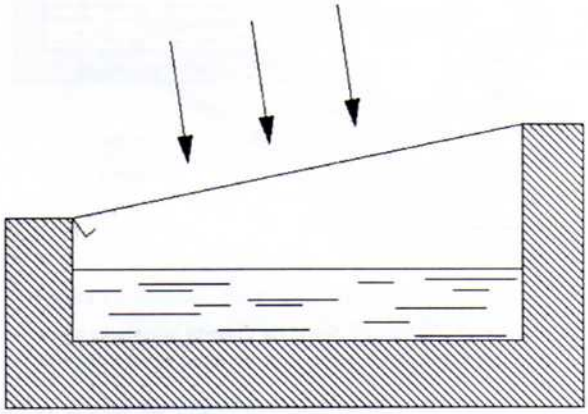


Figura 9. Destilador Solar de Caseta de baja pendiente.

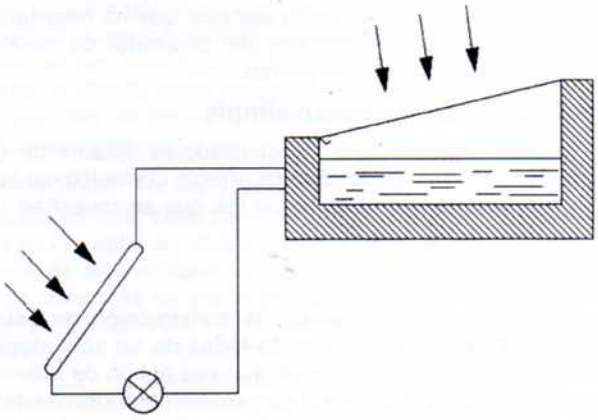


Figura 10. Destilador Solar de Caseta acoplado a un colector solar plano.

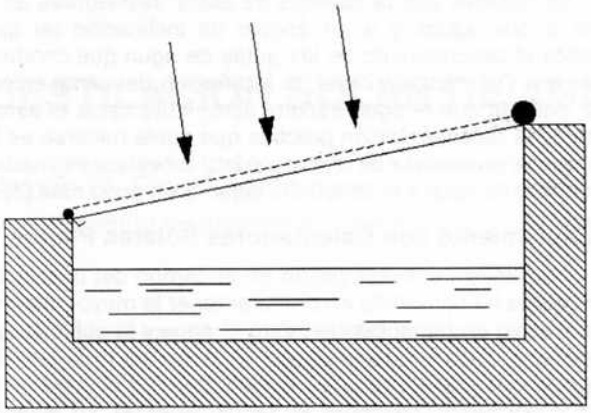


Figura 11. Destilador Solar de Caseta con flujo de agua en la cubierta.

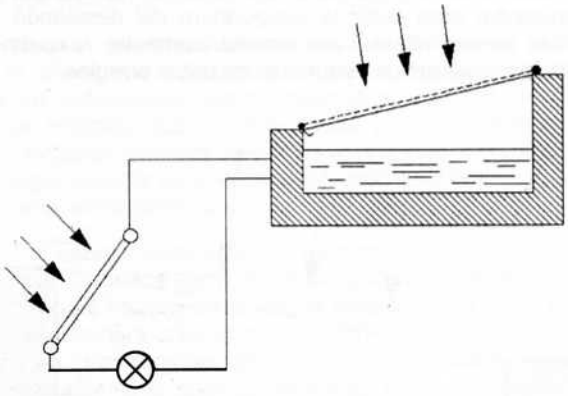


Figura 12. Destilador Solar de Caseta acoplado a un colector solar plano y con flujo de agua en la cubierta.

Se observa que el arreglo de mejor eficiencia corresponde al sistema con enfriamiento en la cubierta por medio de la aplicación de una película de agua, superando incluso al mismo arreglo de destilador apoyado con colector solar plano. Este resultado significa que no necesariamente sofisticando los arreglos del destilador de caseta, mejorará la eficiencia de la unidad.

Otros sistemas de efecto simple

Existen diversos tipos de destiladores solares de un sólo efecto [6] que se derivan del arreglo convencional tipo caseta. Destacan principalmente los que se muestran en las figuras 13, 14, 15 y 16.

Construcción

Como se puede observar, la construcción de estos destiladores solares, aún siendo todos de un sólo efecto, demanda diferentes técnicas según sea el tipo de sistema a construir. De un sistema a otro existen grandes diferencias, tanto en dimensiones como en materiales, esto no es en realidad una desventaja, al contrario, nos permite contar con una amplia gama de posibilidades para el diseño y construcción de cualquiera de estos aparatos. Fundamentalmente se recomienda utilizar materiales económicos, de preferencia aquellos que existan en la región donde se utilizará el sistema propuesto, así se garantiza que cualquier falla podrá repararse con materiales de fácil accceso [11].

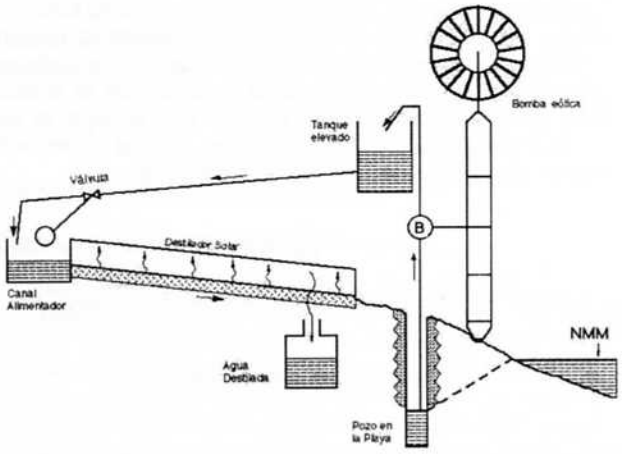


Figura 13. Esquema de operación de un destilador solar de canal largo [7].

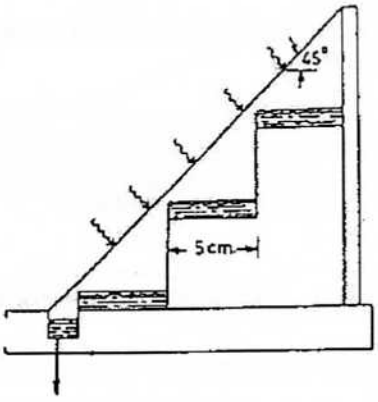


Figura 14. Destilador en escalera de tipo convencional.

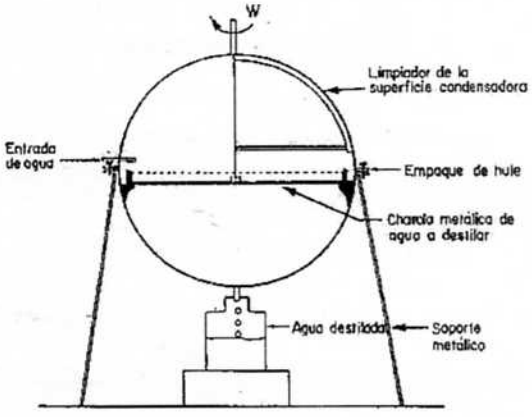


Figura 15. Destilador de cubierta esférica [8].

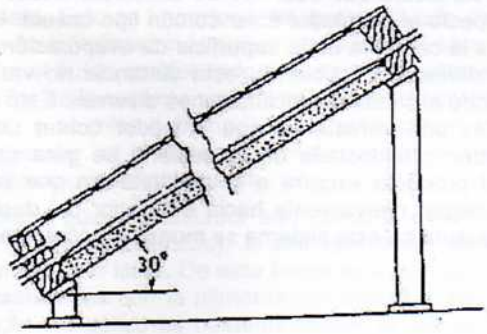


Figura 16. Destilador de tela absorbente tensada.

Costos

Resulta muy difícil establecer un costo general del agua destilada ya que, para empezar, es difícil estimar el costo del destilador solar. Los precios varían y dependen de diversos factores como: (a) La variedad de materiales utilizados (vidrio o plástico, importado o nacional, acero, hierro galvanizado o concreto, etc.), (b) La variación de los costos de mantenimiento. (c) Los costos de instalación, ya que no es lo mismo la participación de una compañía privada o de una institución como un centro de investigación. Por tanto, lo más conveniente es evaluar el costo en cada caso particular.

De acuerdo a estimaciones recientes, el costo de un destilador solar del tipo caseta podría fluctuar entre 50 y 200 dólares por metro cuadrado. Así, si consideramos una unidad con una producción diaria de 4 lt/m^2, equivalentes a 1.4 m3/m^2 año, con una vida de operación de 15 años y una tasa de interés de 10%, entonces resulta que el costo por metro cúbico de agua destilada fluctuaría entre 5 y 20 dólares [12]. Esto con la consideración únicamente de los costos de la inversión inicial, pues se considera que los gastos de operación y mantenimeitno son realizados por la familia o la comunidad.

En cuanto a las experiencias a nivel nacional, se sabe que para un sistema de este tipo, se requieren aproximadamente 70 dólares por metro cuadrado de destilador. Entonces, si se asumen las mismas consideraciones económicas del ejemplo anterior, salvo que en este caso sí se consideran los gastos de operación y mantenimiento, obtendríamos un costo alrededor de los 10 dólares por metro cúbico de agua destilada.

A pesar de la situación anteriormente comentada, se reconoce que cuando los requerimientos de agua destilada no superan los 40 m^3/día, el costo del agua así obtenida es competitivo con otros métodos de desalación. Tales niveles han sido y podrían seguir siendo de gran utilidad para las comunidades rurales costeras con pocos pobladores y en donde la carencia de agua potable limita sus planes de desarrollo y de crecimiento económico.

DESTILADORES DE ESCALERA

Una de las evidencias experimentales observadas en los destiladores de tipo caseta de regular tamaño es el fenómeno de la condensación precoz al vapor. Esta condensación ocurre antes de llegar el vapor a la cubierta y se debe a que el aire encerrado entre el manto de agua y la cubierta tiene un gradiente de temperatura y, a medida que el aire se va enfriando, el vapor se va nucleando y condensando. Este fenómeno es más notorio cuanto mayor sea el espacio libre del destilador.

La solución sugerida a este problema es el diseño de un destilador con charolas en cascada, de tal manera que la distancia de la charola a la cubierta fuera siempre relativamente pequeña [15]. Sin embargo, este sistema tiene ciertos problemas para la alimentación adecuada en las diversas charolas, que se encuentran, en general, en diferentes condiciones.

La necesidad de alimentar las charolas inferiores que además son, en principio, las de mayor temperatura, condujo a la idea de una alimentación y descarga constantes, dando así el diseño del destilador solar que se observa en la siguiente figura, construido con la filosofía anterior y obra de Tleimat y Howe.

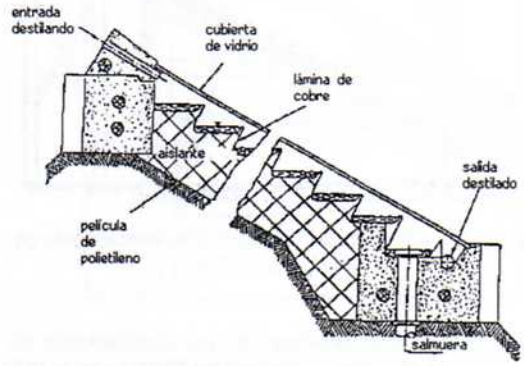


Figura 17. Sección transversal de un destilador solar inclinado (Tleimat y Howe, 1966).

Una virtud de los destiladores estáticos, como el de caseta, es su inercia térmica. El calor acumulado en su interior durante el período de insolación empieza a ser útil en el período nocturno, cuando las cubiertas y las paredes del destilador se enfrían, pero no el agua almacenada, lo que provoca que en el período nocturno la producción de destilado sea comparable a la del periodo diurno [16]. Los destiladores con flujo no tienen esa característica. Por tanto, el diseño debe tender al mínimo de inercia térmica, y para éllo se requiere almacenar la menor cantidad de agua en su interior.

En 1976, Bartali y sus colaboradores publicaron un destilador que procuraba el enfriamiento de la cubierta, haciendo ésta de doble vidrio y permitiendo circular el agua de alimentación por el espacio que quedaba entre ellos. Después de pasar por la cubierta, el agua pasaba por un colector solar plano, donde se calentaba y luego era alimentada en el fondo de la caja. El fondo estuvo recubierto por una malla metálica fina que regulaba la velocidad de escurrimiento. (Figura 18)

Por otra parte, Akhtamov construyó otro destilador (1978) que, al igual que el anterior, alimentó el agua cruda

Figura 18. Destilador precalentado de Bartali et. al., 1976.

a través de la cubierta de doble vidrio, pero como los colectores solares resultan caros respecto al costo de los destiladores, alimentó al agua directamente al fondo del dispositivo. A diferencia del modelo anterior, el fondo del destilador fue una lámina negra que formaba una multitud de canales, debidamente aislada por el fondo.

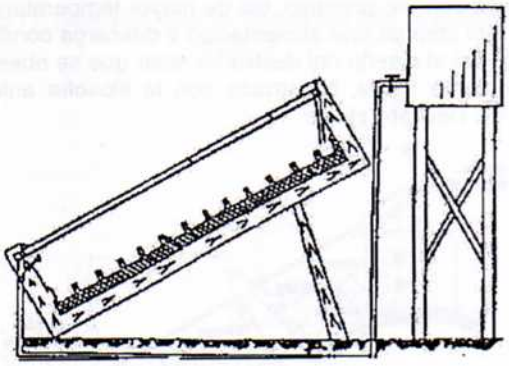


Figura 19. El destilador solar con precalentamiento de Akhtamov, 1978.

Una de las características de los destiladores de flujo es la de drenar el agua cruda que ha alcanzado la más alta temperatura lograble en el interior del destilador. Varios investigadores han propuesto recircular el agua drenada hacia la alimentación. En este sentido el destilador también opera como colector solar, aunque en los destiladores de flujo se pretende que el gasto sea muy pequeño (del orden de 1 kg/h y sólo durante el período insolado). Moustafá y Brusewitz reportaron en 1979 dos prototipos de destiladores de charolas en cascada con recirculación, sin embargo, la eficiencia de estos aparatos no fue mejor que la obtenida de los dispositivos sin recirculación.

Destilador solar de escalera ultraplano.

Este Destilador Solar de Escalera tiene forma de prisma rectangular de 1.80 m de largo por 0.90 m de ancho y 0.15 m de espesor. El sistema consta de una superficie de absorción metálica de color negro mate. Sobre de élla se encuentran colocados 27 canales también metálicos que tienen la función de ser los recipientes del agua a destilar, en total el sistema tiene capacidad para 20 litros [17].

El producto se condensa en el interior de la cubierta, escurre y se recoje con una canaleta en la parte inferior del sistema. La cubierta es de vidrio antirreflejante de una sola pieza sellada con resina epóxica. El cuerpo del destilador es de aluminio, con un sello de aislante térmico en la parte posterior.

Se considera que este tipo de destilador ofrece ventajas respecto al destilador solar común tipo caseta. Una de éllas es la cercanía de la superficie de evaporación con la de condensación (cubierta), esta distancia no varía aún colocando el sistema a inclinaciones diversas. Esto mismo en sí es una ventaja ya que al poder contar con una inclinación pronunciada de la cubierta se garantiza que todo el producto escurra a la canaleta sin que algunas gotas caigan nuevamente hacia el interior del destilador. Un esquema de este sistema se muestra a continuación:

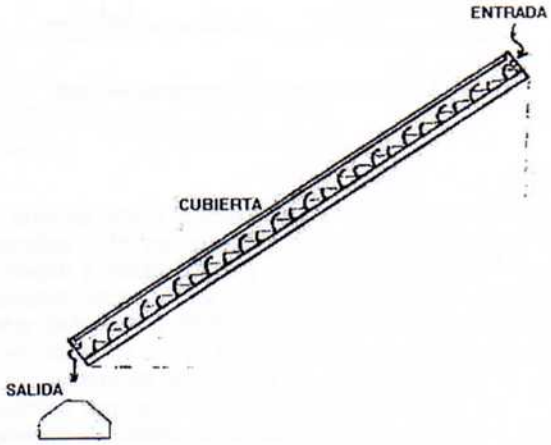


Figura 20. Esquema del Destilador Solar Tipo Escalera con capacidad para 20 litros de agua a destilar distribuidos en 27 canales.

Este sistema ha sido objeto de varios estudios [17], en todos éllos se efectuaron mediciones de varios parámetros. Se puede mencionar una de estas experiencias en la cual se obtuvo que la radiación solar recibida fué de alrededor de 5.1x106 cal/m^2 día. Si se toma en cuenta que la superficie de absorción del destilador es de aproximadamente 1.62 m^2, resulta que ese día se contaron con 8.26x106 cal. Y si a esto se le agrega que la cantidad de producto destilado en esa ocasión fué de apoximadamente 7.5 litros, lo que sobrepasa la producción promedio de los destiladores solares de caseta, podemos calcular entonces los siguientes factores:

$$\text{eficiencia (GOR)} = \frac{(7500\ \text{gr})\ (540\ \text{cal/gr})}{8.26 \times 106\ \text{cal}} = 0.49$$

$$\text{gasto energético} = \frac{8.26 \times 106\ \text{cal}}{7500\ \text{gr}} = 1101\ \text{cal/gr}$$

$$\text{productividad} = \frac{7.5\ \text{kg}}{1.62\ \text{m}^2} = 4.6\ \text{kg/m}^2$$

El uso de un destilador Solar de Tipo Escalera como el que se muestra en este trabajo permite que el proceso de evaporación - condensación se realice básicamente por medio del fenómeno de difusión, debido a que la distancia

entre los canales evaporadores y la cubierta es pequeña y constante. Esto es importante ya que se puede colocar el destilador a inclinaciones superiores a los 30° para garantizar que el fluido condensado resbale adecuadamente por el interior de la cubierta sin que caiga nuevamente hacia el interior, y al mismo tiempo, le permite captar mejor la energía solar en la época invernal, cuando la irradiación solar disminuye notablemente.

Nótese que el destilador aquí descrito es sin flujo de agua (charolas estancas), o sea que debe alimentarse diariamente por lotes. De esta forma se evitan pérdidas de calor asociadas con la alimentación continua. Así mismo, el gasto energético es bastante menor al que se obtiene cuando se trabaja con destiladores de caseta. La productividad, por el contrario, es superior.

SISTEMAS DE MÚLTIPLE EFECTO

Los destiladores de múltiple efecto son sistemas de alta eficiencia en los que se produce una mayor cantidad de agua destilada, para una determinada radiación solar, que en los destiladores de efecto simple como los de caseta, para un área igual de captación solar. Estos sistemas utilizan el calor latente liberado por el vapor de agua que condensa en una superficie, para calentar más agua salina a una menor temperatura, evitando así transferir a la atmósfera parte de la energía captada.

En un destilador de etapas múltiples el proceso de destilación ocurre dentro de un recinto aislado térmicamente donde existe una pila de charolas destiladoras [18]. Las charolas están una encima de otra y, calentándose únicamente la charola del nivel más bajo, por medio de calentadores solares planos, se inicia la destilación hacia la segunda etapa y de ahí a la tercera, y así sucesivamente hasta la última charola donde se pierde el exceso de calor hacia el ambiente.

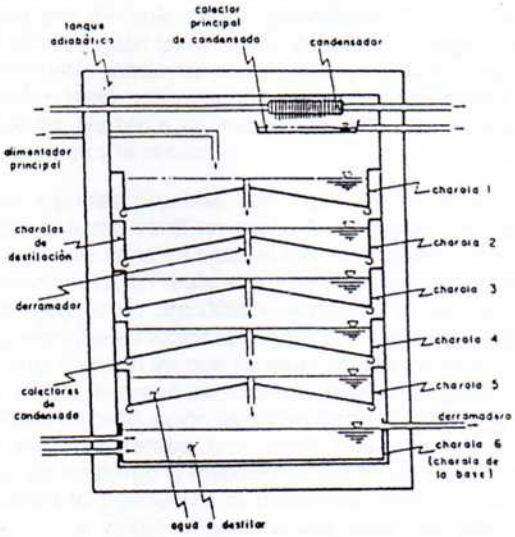


Figura 21. Esquema de un destilador solar de múltiple efecto.

Este tipo de sistemas pueden tener una producción diaria de varios cientos de litros de agua dulce.

Otro tipo de destilado de efecto múltiple es el que utiliza tela de algodón tensada como medio de depósito del agua salina [19].

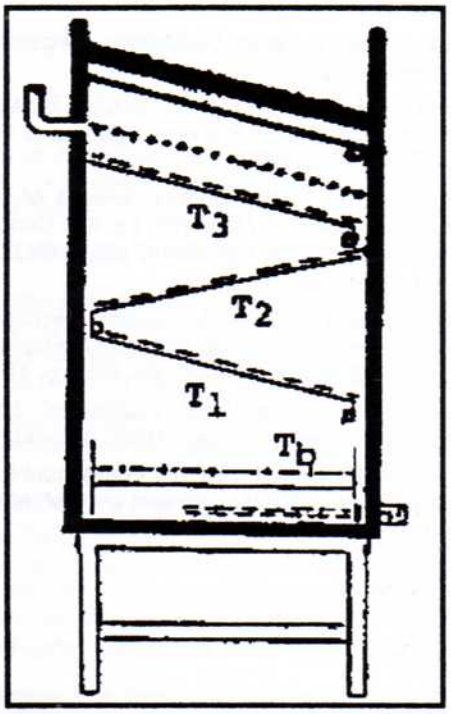


Figura 22. Esquema de un destilador solar de múltiple efecto con tela de algodón tensada.

La caja del destilador está construida con fibra de vidrio y aislada térmicamente con poliuretano rígido. El interior está compuesto por tres bandejas metálicas cubiertas con tela de algodón, la cual conduce el agua salina. La alimentación se efectúa por medio de un dosificador localizado en la parte superior de la última bandeja y de ahí a las otras láminas por medio de la tela de algodón. Esta funciona como conductor del flujo de agua permitiendo una buena distribución del agua salina y, al mismo tiempo, la refrigeración de la superficie de las placas a fin de propiciar la condensación del vapor en la parte inferior de las mismas.

El agua calentada en la primera etapa se transforma en vapor que condensa al entrar en contacto con la primera placa metálica. El calor liberado en la condensación es recuperado por el agua salina que recorre el tejido de algodón en la parte superior de la primera placa. En las siguientes etapas se repite el mismo proceso. El agua dulce producida se recoge por medio de canaletas en cada etapa. Este sistema puede producir alrededor de veite litros diarios de agua dulce.

REFERENCIAS

(1) Hermosillo, Juan Jorge. "Destilación Solar". Colección Huella, #16, Cuadernos de divulgación académica. ITESO, 1989.

(2) Alvarado, Ramón y Hermosillo, Juan Jorge. "Destilador Solar por Convección Natural". Memorias de la IX Reunión Nacional de Energía Solar, Mérida, Yuc., 1985.

(3) Hermosillo, Juan Jorge. "Destilación Solar", ITESO, 1990.

(4) "Destilación de Agua", Curso de Actualización, Asociación Nacional de Energía Solar, 1991.

(5) Malik, S. et. al. Solar Distillation. Pergamon Press, Great Britain, 1982.

(6) Tiwari, G.N. and Garg, H.P. "Studies on Various Designs of Solar Distillation Systems". Solar and Wind Technology, vol. 1, no 3, 1985.

(7) Fernández, J.L., "Destiladores solares de flujo continuo en circuito abierto", Memorias del XIV Congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, p.p. 218-222, Guanajuato, Gto., 1988.

(8) Barrera C.E. y Lugo L. R. "Análisis Técnico y Económico de un Destilador Solar Pasivo". Memorias de la X Reunión de ANES, Guanajuato, Gto. México, 1986.

(9) Dunkle, R.V. "Solar Water Distillation". International Developments in Heat Transfer, ASME, 895-902, 1961.

(10) Rump, H.H., Krist, H."Laboratory Manual for the Examination of Water, Wastewater and soil", VCH Verlagsgesellschaft, FRG. 1988.

(11) Popkin, Roy. "Desalación, agua para el futuro", Editorial Letras, 1971.

(12) "La desalación en México", SAHOP, 1979.

(13) Sitting, Marshall. "How to remove pollutants and toxic materials from air and water", Notes Data Corporation, 1977.

(14) Mann, H.T.-Williamson, D. "Water treatment and sanitation", Development Group Limited, 1973.

(15) Cooper P.I. "The Maximum Efficiency of Single Effect Solar Stills". Solar Energy, 15, 205, 1973.

(16) Maurel, A. "Solar Energy and Water Desalination". JSER, 1, 1, 1983.

(17) Finck, A.G. et al; "Destilador Solar de Escalera"; Memorias de la XIX Reunión Nacional de Energía Solar; ANES; México, 1995.

(18) Fernández, J.L. y González, Q.M., "Destilador Solar Indirecto de Difusión con Reuso de Calor", Memorias de la XI Reunión Nacional de Energía Solar, Villahermosa, Tab., 1987.

(19) Fraidenraich, Naum; "Dessalinizacao de água com destilador de multiefeito"; I Workshop Internacional sobre Dessalinizacao de água; Petrolina, Pernambuco, 1995.

PLANTA DESALADORA SOLAR DE PUERTO LOBOS, SONORA

Rafael E. Cabanillas López
Grupo de Energía, Universidad de Sonora
Email: rcabani@huatabampo.uson.mx

LA PRIMERA VEZ QUE ESCUCHE HABLAR SOBRE destilación solar fue en mi primer semestre de carrera en la universidad, nos habían dejado un trabajo de investigación libre y yo estaba interesado en aprovechamiento de la energía de los rayos, pensaba que se podía utilizar el extraordinario poder de las descargas eléctricas de la atmósfera. Desafortunadamente no encontré material bibliográfico al respecto, al pedir asesoría con el maestro de la materia me sugirió cambiar de tema y me propuso alguna aplicación de energía solar, su argumento fue contundente, cuántas veces llueve aquí en Sonora y cuántos rayos podrías aprovechar, por el contrario este sol "llueve" casi todos los días del año y con una fuerza que no podrás encontrar en otras regiones, me convenció y empece ha trabajar en esa dirección.

En ese momento en la Universidad de Sonora se hacían algunos proyectos de investigación en energía solar, un tesista en ingeniería química (Eugenio Noriega) se encontraba diseñando un calentador solar plano y tenia buena bibliografía y me platico de destiladores solares y sus beneficios. El había construido un destilador de caseta de aproximadamente 50x50 cm, me lo regaló y yo lo reparé, era mi primer juguete de la carrera, y aunque había hecho experimentos locos en la secundaria y en la preparatoria, este ya era un prototipo más formal. Estaba hecho de madera y el fondo captador energía solar y contenedor de agua era de hule negro (polietileno) frecuentemente usado en la región para cubrir canales de riego. La cubierta de vidrio común se podía quitar y variar su ángulo de inclinación, tenia una pequeña manguera por donde salía el destilado. No tenia un buen sello entre las paredes de vidrio laterales y la cubierta.

Hice algunas pruebas con agua de la llave y solo recuerdo que me sentí un poco decepcionado de la producción, medio vaso de agua al día¡, demasiado poco para mis expectativas, en realidad no sé que cantidad esperaba pero de seguro no era 300ml. Presente el destilador en clase y explique su funcionamiento con ayuda del maestro (José Cruz Iñiguez) ya que ha esas alturas no comprendía bien el efecto invernadero, cuando alguien pregunto sobre la cantidad de producción tuve que decir que era muy poca y que no consideraba que fuera una alternativa para Sonora, sin embargo el maestro comento, un vaso de agua en el desierto puede ser la diferencia entre la vida y la muerte. .....y veinte años después tuve que reconocer que tenia razón. Un poco de agua en el desierto hace florecer la vida y permite el desarrollo de comunidades con mejores niveles de vida. Esto lo comprendi hasta que vivi de cerca la problemática que soportan los comunidades pesqueras que carecen del vital liquido, comunidades como Puerto Lobos.

PROYECTO PUERTO LOBOS

Puerto Lobos es una comunidad de pescadores que se encuentra a 90 kilómetros al suroeste de la ciudad de Caborca cabecera del municipio del mismo nombre, desde Hermosillo se llega por tierra en alrededor de cinco horas.

Esta comunidad cuenta con 60 familias (240 habitantes) casi permanentes ya que el carácter de pescadores los obliga ha consumir tiempo en otros lugares buenos para la pesca de temporada.

El lugar es muy bello y cuenta con gran potencial turístico, de hecho puerto Lobos es visitado por residentes de Caborca por sus playas, y por turistas provenientes de Estados Unidos atraídos principalmente por su riqueza pesquera y lugares aptos para el buceo.

Panorámica de Puerto Lobos

Es una región extremadamente seca y las lluvias se presentas escasas en agosto, no existe alguna fuente natural de agua por lo que es necesario extraerla del subsuelo o trasportarla desde el pozo más cercano. La flora esta constituida por cactus y pequeños arbustos que sobreviven quizás con la brisa marina. La comunidad paga a particulares para transportar por pipas el agua de consumo, esta agua es obtenida en pozos de una distancia de 30 kilometros, el agua es de baja pureza.

Puerto Lobos no cuenta con ningún servicio municipal (agua, luz, drenaje, etc.), por esta razón un proyecto

denominado "DESARROLLO PUERTO LOBOS" con fondos de SOLIDARIDAD pretendía dotar al poblado con electricidad, agua y casas, además de cuartos fríos para el almacenamiento de productos pesqueros. El proyecto contemplaba utilizar la energía solar como fuente principal.

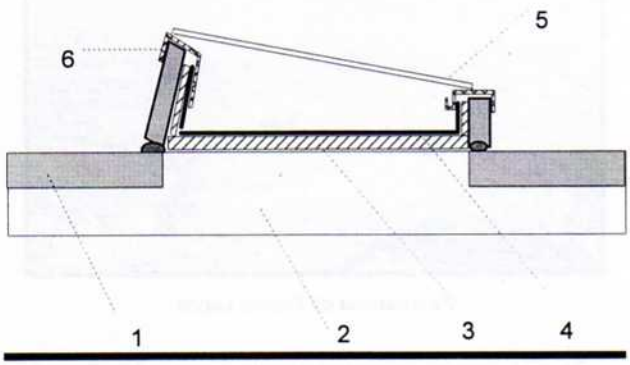
La compañía privada ENTEC fue la encargada de realizar el proyecto, el cual consistía de varias partes, la de una planta de potencia eléctrica basado en un sistema de concentradores solares parabólicos y un ciclo Rankine de freón, una planta de destilación solar (tipo caseta), una fábrica de hielo y cuartos fríos, además de un programa de vivienda. El proyecto arranca a mediados de 1992 con la construcción de la planta desaladora. La compañía empezó ha tener problemas financieros a principios de 1994, abandonando el proyecto en 1995.

Del proyecto inicial solo se construyó parte de la planta desaladora, la obra negra de los cuartos fríos y la cimentación de los concentradores solares, quedo el equipo del ciclo Rankine incluyendo la turbina y el generador abandonados en el sitio, junto con parte de los concentradores.

LA HISTORIA

En mayo de 1992 se inicio el proyecto con la construcción de la planta desaladora bajo la dirección de Horacle McCraken, y con mano de obra principalmente de los pobladores.

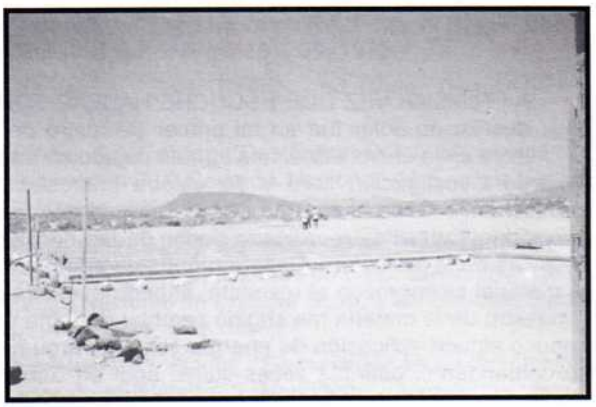
Los destiladores son del tipo de caseta figura 1, son de diseño muy simple para tamaños pequeños y son exitosos ya que presentan producciones máximas de hasta 6 lts/dia por metro cuadrado, pero la construcción se complica cuando se pretende llevarlos a escalar mayores y seguir teniendo un buen desempeño sin aumentar mucho los costos.



1.- Concreto y block
2.- Tierra
3.- Aislante
4.- Absorbedor solar
5.- Vidrio
6.- Accesorios de Aluminio

Figura 1. Corte transversal del destilador con sus principales materiales de construcción

El área total neta de destilación es de 480 m², la longitud promedio de cada destilador es de 24 m y el ancho de 1m. El material utilizado en la fabricación de los destiladores fue: madera, concreto, block de concreto, mortero, silicón, aislante (Poliuretano 1.5 y 0.5 plg.), accesorios de aluminio, absorbedor solar (el cual consiste de tela cubierta con silicón negro y adherida a papel aluminio), manguera de silicón y vidrio. El corte transversal se muestra en la figura 1 donde se observa algunos de los materiales de construcción utilizados. El diseño de estos destiladores es del propio McCraken.



Vista de los destiladores en conjunto.

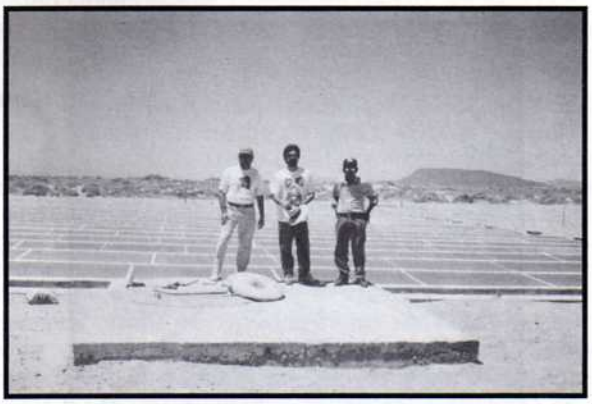
Para junio de 1993 se tenia la totalidad de los destiladores construidos, sin embargo, las instalaciones hidráulicas nunca se terminaron bien, nunca se contó con un abastecimiento de agua de mar suficiente, la compañía nunca colocó la bomba alimentadora y el pozo no tenia la capacidad suficiente, este problema con el tiempo sería determinante para afectar la buena operación de la planta. Para alimentar los destiladores tenían los pobladores que sacar el agua del pozo con baldes y agregarle a cada destilador la cantidad suficiente para su operación, lo cual significaba demasiado esfuerzo, ya que se tenían que agregar un total de 20 m^3 por día solo para hacerlos funcionar, sin embargo, las especificaciones de McCraken eran de agregar dos o más veces esa cantidad de agua ya que se requiere lavar los destiladores para retirar las sales concentradas por la evaporación.

En el verano de 1994 los habitantes se organizaron para comprar una bomba de gasolina y evitar el trabajo manual de llenado, pero para ese entonces algunos destiladores empezaron a tener incrustaciones de sales y crecimiento de cristales que no se disolvieron por más agua que les agregaron después que se consiguió la bomba.

En 1995 se instaló un sistema automático de adquisición de datos con apoyo de SANDIA NATIONAL LABS. y del South West Technology Developed Institute de la Universidad Estatal de Nuevo México, con el que se pudo dar un seguimiento más preciso.

En enero de 1996 muere Jesús Silva, encargado de la planta, "don chuy" fue pieza clave en el mantenimiento de la planta pues él desde el principio se integro con mucho entusiasmo al proyecto y la comunidad lo designó como el responsable del mantenimiento y operación de la planta. Don Jesús estableció un programa de limpieza de los destiladores y logró sumar a los miembros de la comuni-

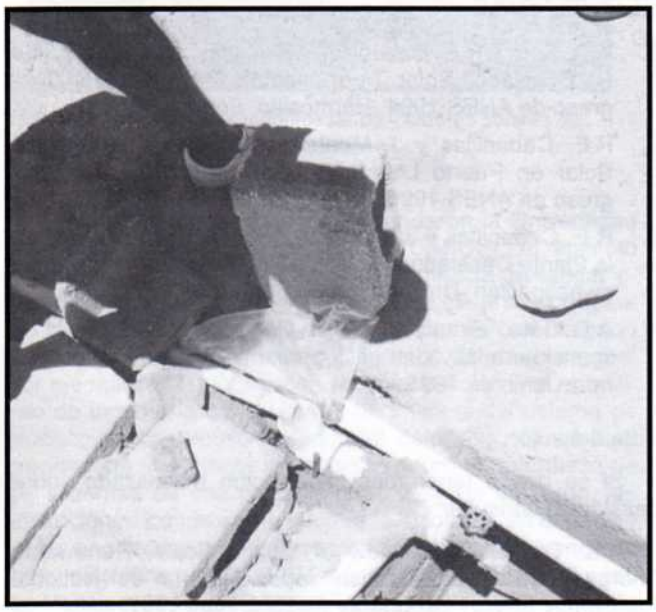
dad en trabajos como construcción de los destiladores, el llenado manual de los destiladores, limpieza de los vidrios (los niños de la escuela primaria le ayudaban), con sus propios medios daba mantenimiento a los destiladores mas dañados. Su muerte significó un duro revés para el avance del proyecto ya que Jesús había establecido contactos con el gobierno municipal y estatal para la reparación de la planta.



Visita del Dr. Claudio Estrada (izquierda) a Puerto Lobos, lo acompañan Rafael Cabanillas (centro) y Jesús Silva, "don chuy" (derecha).

En febrero de 1996 el gobierno estatal decide entregar las instalaciones al gobierno municipal y al Organismo Operador del Agua en Caborca y donar a la Universidad de Sonora los equipos que no se instalaron (ciclo Rankine y concentradores).

En Noviembre de 1997 retiramos el sistema de adquisición de datos.



Detalle de la instalación hidráulica mostrando el flujo de agua destilada.

Agosto de 1998 ninguna de las acciones del gobierno se ha llevado a cabo, la planta desaladora se encuentra en completo abandono junto con los equipos de potencia.

EL PAPEL DEL GRUPO DE ENERGÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Desde el principio del proyecto (1992) se iniciaron contactos con el gobierno estatal y con la compañía ENTEC con la que se firmó un convenio de cooperación, con el fin de dar seguimiento y asistencia técnica tanto a la compañía como al gobierno y a los habitantes de Puerto Lobos.

En la Universidad se iniciaron estudios de destilación solar, en 1994 se realizó una tesis de licenciatura para estudiar los destiladores solares tipo caseta con el diseño de McCraken, donde se desarrolló un programa de simulación para este tipo de destiladores y se comprobó experimentalmente su valides [1,2 y 4).

En mayo de 1995 se instaló el sistema de adquisicón de datos, se efectuaron varios viajes para la recuperación de información.

Nunca se logró contar con apoyo económico ni del gobierno ni de la compañía. Se obtuvieron algunos recursos por parte de la propia Universidad de Sonora y asistencia técnica y equipo de SANDIA. Esto permitió que en 1996 se elaborara un reporte de investigación titulado Seguimiento Técnico de la Planta Desaladora de Puerto Lobos [3), donde se muestra a detalle la construcción y operación de la planta, se incluye en el mismo la simulación matemática de los destiladores y los resultados obtenidos en las mediciones de un año de seguimiento continuo de las principales variables. Así mismo se incluye una propuesta de administración y organización de la planta, el estudio de viabilidad económica, donde se demuestra la sustentabilidad de la propuesta.

No es finalidad de este articulo entrar en detalles de la operación de los destiladores por lo que solo presento en la tabla 1 un resumen de datos historicos, desde los valores que obtuvimos manualmente en los viajes que efectuamos en 1993, 1994 y junio de 1995 que es el valor promedio mensual.

Tabla 1. Producción historica de agua destilada

Fecha	Producción total diaria (lts)	Producción unitaria (lts/m^2)
May 93	1950	5.42
Jul 93	2225	4.64
Ago 93	1055	2.2
Sep 93	1871	3.9
Feb 94	1056	1.74
Jun 95	1405	2.92

Como se puede observar en la Tabla 1, la mejor producción fue en el arranque de la planta logrando valores por arriba de 5 lts/m^2-día en mayo de 1993. La producción de los destiladores presenta un comportamiento estacional teniendo su máximo en los meses de verano (junio) y los mínimos en invierno (enero). De los meses monitoreados automaticamente se encontró que la producción maxima diaria rebasó los 1600 lts en cuatro ocasiones entre mayo y junio de 1995, siendo que en el verano de 1993 cualquier día se tenian más de 2000 lts. La disminución de la producción se debió principalmente a la falta de mantenimiento.

Vista parcial de la planta de destiladores.

ASPECTOS IMPORTANTES

Quiero señalar que a pesar de que el Proyecto Desarrollo de Puerto Lobos no se concluyó, se tienen algunos aspectos importantes que vale la pena resaltar:

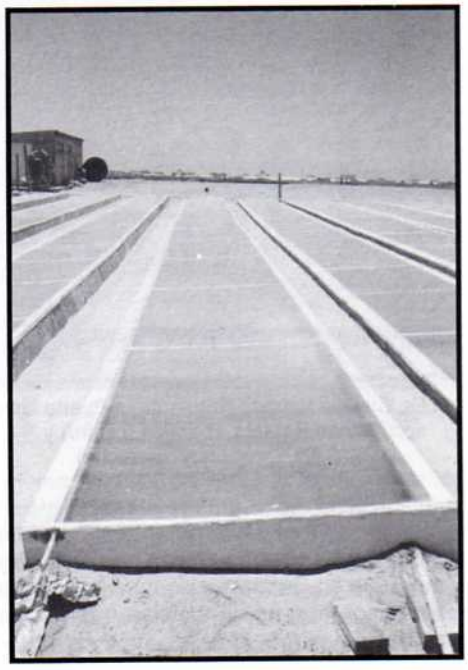
- La comunidad se organizó y efectuó muchas acciones en conjunto, a pesar de ser pescadores que consumen una gran cantidad de tiempo en el mar.
- Mientras la planta trabajo bien mostró ser una alternativa viable para cubrir las necesidades de agua de la comunidad. Ya que la planta llegó a producir más de 2000 lts diarios en verano lo cual resultó suficiente para el consumo humano. En invierno el consumo por persona tambien disminuye por lo que la población no sufrio escases en ese periodo.
- La salud de los habitantes y principalmente la de los niños se vio considerablemente mejorada por la calidad de agua obtenida por los destiladores.
- Un estudio de viabilidad economica demuestra la factibilidad de la operación de la planta inclusive considerando ampliaciónes de la misma.
- Los pobladores de P.L. tienen la costumbre y necesidad de pagar por el agua que actualmente un particular les vende y además dada la escasez usan el agua rasionalmente. Condiciones que mejoran sustancialmente el uso potencial de esta tecnología.

CONCLUSIÓN

La tecnología de destilación es completamente apropiada para regiones y circustancias como los de Puerto Lobos.

Es opinión personal que de haber terminado la planta la compañía constructora y el gobierno la hubiera entregado a la comunidad ha tiempo con la suficiente asesoria técnica, esta historia fuera distinta. Es decir la comunidad cuenta con el recurso humano suficiente para mantener operando una planta de destiladores solares.

En estos momentos se hacen esfuerzos por conseguir fondos internacionales para reparar la planta.



Vista de un destilador.

REFERENCIAS

1. A.D. Cota y R.E. Cabanillas, "Simulación Matematica de un Destilador Solar Tipo Caseta", Memorias del Congreso de ANES 1994, Hermosillo, Sonora, México.
2. R.E. Cabanillas y J. Montaño, "Planta de Destilación Solar en Puerto Lobos, Sonora", Memorias del Congreso de ANES 1995, La Paz, Baja Calif., México.
3. R.E. Cabanillas y J. Montaño, "Seguimiento Técnico de la Planta Desaladora Solar de Puerto Lobos", reporte de investigación, Universidad de Sonora 1995.
4. A.D. Cota, "Simulación de un Destilador Solar", Tesis de licenciatura, División de Ingeniería, Universidad de Sonora Junio de 1995.

Nota del autor:

Si se desea tener mas información actualizada sobre desalación consultar:

K.E. Thomas, "Overview of Village Scale, Renewable Energy Powered Desalination" reporte interno del National Renewable Energy Laboratory (NREL), Abril 1997.

DESTILACIÓN SOLAR DE AGUA EN BAJA CALIFORNIA SUR

José Luís Fernández y Norberto Chargoy
Instituto de Ingeniería, UNAM
Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510, México D.F.
Tel.: (52 5) 622 3423. Fax: + 616 2894. Email: jlf@pumas.iingen.unam.mx

DEBIDO A LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS Y GEOpolíticas del estado de Baja Califomia Sur (ref. 1), se ha concentrado en él una importante actividad en relación con la destilación de agua de mar, para la cual se han investigado y experimentado diversas tecnologías, cuya aplicación a lo largo de los años ha proporcionado un cúmulo de experiencias interesantes. Entre los antecedentes más destacados se cuentan los destiladores solares de caseta introducidos en los años setenta (fig. 1) por la entonces Comisión Nacional de Aguas Salinas -luego Dirección General de Aprovechamiento de Aguas Salinas y Energía Solar, que dependía inicialmente de la SRH, más tarde de SAHOP y posteriormente de SEDUE, hasta que se extinguió y, al parecer, sus restos fueron archivados en el IMTA.

Figura 1. Primeros módulos de destiladores solares de caseta.

Desde esa época, cuando se fundaron la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), el Instituto Tecnológico de La Paz (ITLP) y el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), diversos profesores e investigadores de esas instituciones se han ocupado del estudio y desarrollo de destiladores solares de agua. Por ejemplo, el ITLP ensayó, en colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, un interesante sistema de producción con reúso iterado del calor (fig. 2), el cual proporciona importante información sobre la naturaleza de los sistemas de energía solar (ref. 2). Sin embargo, las instituciones donde se ha sostenido el interés en el tema y cuyas aportaciones son de verdad útiles para el avance de esta disciplina son la UABCS y CIBNOR. En particular, los trabajos de Miguel Ángel Porta y otros (refs. 3, 4 y 5) contribuyen de manera definitiva a la comprensión de los mecanismos básicos de intercambio térmico y de masa. Estos trabajos se enfocan fundamentalmente a destiladores someros, del tipo conocido como McCracken (ref. 6).

Figura 2. Destilador solar con reúso de calor en el Instituto tecnológico de La Paz.

Por otro lado, la UABCS ha retomado un tema generalmente ignorado en otros países y épocas: los destiladores solares de gran sección, que diversos autores descartan porque consideran que proporcionan rendimientos y eficiencias inferiores, con costos mayores. En realidad no parece ser el caso. De hecho, la enorme simplicidad de operación y mantenimiento de estos destiladores anima a estudiar aparatos de secciones de destilación con dimensiones aún mayores.

Se trata de destiladores tipo caseta, construidos uno en la UABCS (fig. 3) y otro recientemente en la isla El Pardito (figs. 4 y 5), cuyas alturas características al vértice son de más de 2 m, cuando las de los destiladores someros suelen ser de una décima parte de dicho valor. Estos nuevos aparatos son aproximadamente de 50 m^2 de superficie de base, por lo que, con una producción unitaria de aproximadamente 3 l/m^2 d, tienen una producción total diaria media en el año de unos 150 l de agua destilada. La base de los destiladores es de concreto reforzado con varilla de acero, provista de una membrana negra tipo McCracken para asegurar la estanqueidad y capturar apropiadamente la radiación solar, al tiempo de que se protege al concreto de la corrosión. Se llena la base diariamente con unos 1000 l de agua de mar, de los que resulta una capa de 20 mm de profundidad promedio. Tanto las condiciones de operación como las características constructivas de ambos destiladores son similares (aunque no idénti-

cas), así que de la observación de uno se puede inferir la respuesta del otro. El sistema más vigilado e instrumentado es el de la UABCS; la experiencia de operación y de respuesta social se ha acumulado en la isla El Pardito.

Figura 3. Destilador solar de gran sección en la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Figura 4. Destilador solar similar al anterior, pero construido en la isla El Pardito.

Figura 5. Vista panorámica de la isla El Pardito, arriba del lado derecho se observa el distilador.

Entre los resultados más destacados de la investigación experimental con este tipo de destiladores, se debe mencionar la diferencia de comportamiento de cada una de las caras inclinadas. En la figura 6, se observa la producción de destilado durante varios días en las caras este y oeste. Se advierte que la orientación es de gran importancia, lo que no se había manifestado en destiladores más pequeños. Otra característica es la acumulación total de destilado a lo largo del día, comparada con la insolación (fig. 7). El retraso de unas tres horas del máximo de producción con respecto al máximo de insolación, en un día típico, es indicación inequívoca de que la inercia térmica del sistema es sumamente grande, mucho mayor que la de los destiladores someros (ref. 7).

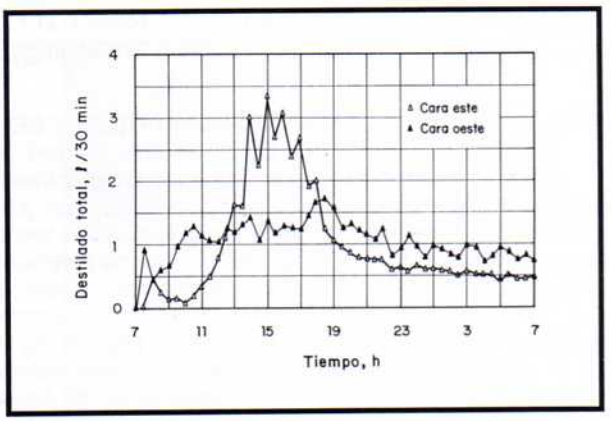


Figura 6. Producción de destilado en las caras este y oeste en función del tiempo.

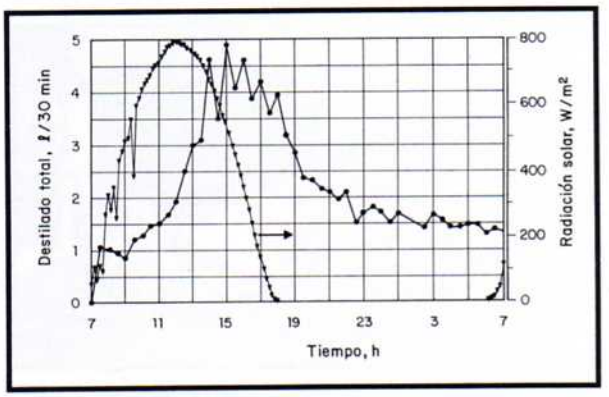


Figura 7. Producción total de destilado y radiación solar incidente en función del tiempo.

Así, esta investigación ha permitido aprender muchos aspectos útiles de la implantación de los destiladores en un entorno real, francamente remoto, con operadores claramente distintos de los estudiantes universitarios que suelen reportar avances en estos temas. Además, es muy probable que la merma en la producción que algunos estudiosos han encontrado en destiladores grandes se deba precisamente a la diferencia de capacidades térmicas.

En los próximos meses, el grupo de La Paz dedicará esfuerzos especiales a la identificación de estos fenómenos, para lo cual ensayará destiladores de gran sección con aislamiento térmico para disminuir la inercia térmica y construirá otro destilador de cuatro a cinco veces mayor que los dos anteriores.

RECONOCIMIENTOS

Este artículo se fundamenta en diversos trabajos realizados por una gran cantidad de investigadores muy dedicados y distinguidos, que viven en La Paz y laboran cotidianamente en los problemas que aquí se reportan de manera muy somera: el doctor Miguel Ángel Porta Gándara; los maestros Rodrigo Salgado Ayala, Elvira Martínez García, José Chagoyán Serrano, Federico T. Poujol Galván, José A. Rodríguez Montes, Alfredo Flores Irigollen y óscar Reséndiz Pacheco; los ingenieros Sergio M. Jiménez Vargas, Ignacio Rivera Hernández, Norman Pérez Rodriguez, Víctor M. Calderón Rodríguez, Juan M. España Estrada, José Amao Mendoza y una docena de profesionales y técnicos más, quienes animan con su entusiasmo y compromiso con el desarrollo académico y cultural a que otros mexicanos apoyemos sus esfuerzos.

REFERENCIAS

1. Femández, JL, "Introducción al estudio de los sistemas solares activos", *publicación D-26 del Instituto de Ingeniería de la UNAM,* Serie de Docencia, 109 pp, sep. 1987.

2. Femández, JL y Chargoy N, "Multi-stage, indirectly heated solar still". *journal of Solar Energy,* Pergamon Press, vol. 44, No. 4, pp 215-223, Gran Bretaña, abril 1990.

3. Porta, MA, Chargoy, N y Femández, JL "Extreme operating conditions in shallow solar stills". *Journal of Solar Energy,* Pergamon Press, Vol. 61, No. 4, octubre 1997.

4. Porta, MA y Fernández, JL, "Experimental evaluation of thermal inertia effects in diffusion-type solar stills", *International Symposium on Heat and Mass Transfer in Energy Systems and Environmental Effects, pp* 179-184, Cancún, México, 22-25 agosto 1993.

5. Porta, MA, Femández, JL y Chargoy, N, "Mexican experience in solar still design and operation", Taller #3, *III Congreso Internacional Energía, Ambiente e Innovación Tecnológica,* Fac. de Ing., Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela, 5-11 noviembre, 1995.

6. McCracken, H. Distillate production of a simple direct solar still. *Sun World,* 14 (3), 83-87, 1990.

7. Femández, JL, Porta, MA y Chargoy, N, "Destiladores solares ligeros de agua de mar", *Revista Ingeniería, UNAM,* vol. LXIII, No. 4, pp 189-202, octubre-diciembre, 1993.

ASOCIACIÓN NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR
SECRETARÍA DE ASUNTOS INDUSTRIALES
DIRECTORIO DE INDUSTRIALES

NUEVO LEÓN

Celsol S.A. de C.V.
Ing. Enrique Gómez Junco
Hidalgo # 91 6-B, Col. La Fama,
66100 Santa Catarina, N.L.
Tel. y Fax. (8) 336-2233
Fabricante: Calentadores solares y termotanques.

Acumuladores Mexicanos S.A. de C.V.
Ing. José G. Clariond
Aramberri # 711 Ote.
64000 Monterrey, N.L.
Tel: (83) 43-98-24
Fax: (83) 43-94-55
Fabricante: Baterías en ciclos ligero y profundo.

GUANAJUATO

Captasol S.A. de C.V.
Ing. Salvador Steffani
Km. 6 Carretera Celaya-Salvatierra
38090 Celaya, Gto.
Tel: (461) 2-30-58
Fax: (461) 2-30-56
Fabricante: Calentadores solares.

Calentadores Solares de Guanajuato
Dr. Luis Aguilar Hernández
Carretera León-Lagos Km. 2
León, Gto.
Tel: (47) 73-31-28
Fax: (47) 17-23-57
Fabricante: Calentadores solares.

MICHOACÁN

Calentadores Solares de Morelia
Ing. J. Ignacio Torres Torres
Plan de Ayala # 1092
58000 Morelia, Mich.
Tel. y Fax: (43) 13-08-69
Fabricante: Calentadores solares.

Termosolares Reyes
Rafael Reyes A.
Calzada de los Indios # 24, Col. Santa Fé,
La Piedad, Mich.
Tel: (352) 60-743
Fax: (352) 24-124
Fabricante: Calentadores solares.

QUERETARO

Construcciones Metálicas
Huerta Grande # 1
San Juan del Río, Qro.
Tel: (427) 21-290
Fabricante: Calentadores solares.

Solartech, S.R.L.
Bulevard B. Quintana Km. 1.3
Querétaro, Qro.
Tel: (42) 17-96-75
Fax: (42) 17-97-35
Fabricante: Calentadores solares.

DISTRITO FEDERAL

Bufete de Tecnología Solar, S.A.
Ing. Rodolfo Martínez Strevel
Parque Real # 2, El Parque
04890 Coyoacán, D.F.
Tel. y Fax: (5) 513-4297
Fabricante: Calentadores solares.

Detefa S.A. de C.V.
Ing. José Luis de León
Hópatas # 23, Tezozomoc
02450 Azcapotzalco, D.F.
Tel: (5) 383-3956 y 319-8688
Fabricante: Sistemas de iluminación.

Fuerza Eólica S.A. de C.V.
Ing. Carlos Gottfrid
Holanda # 3, Col. San Diego Churubusco
04210 Coyoacán, D.F.
Tel: (5) 688-0712
Fax: (5) 604-0975
Fabricante: Aerogeneradores.

Instalaciones Técnicas Especializadas S.A.
Ing. Enrique Ramoneda Retif
Bahía de Chachalacas # 42
Col. Verónica Anzures
11300 México, D.F.
Tel: (5) 260-5284 y 260-0573
Fax: (5) 260-2685
Fabricante: Calentadores solares.

Grupo Solaire S.A. de C.V.
Calz. Desierto de los Leones # 4158
01060 San Angel Inn, México, D.F.
Tel: (5) 681-1879
Fax: (5) 595-5739
Fabricante: Calentadores solares.

Reisol
Ing. Juan García Escoto
Málaga Sur # 24, Insurgentes Mixcoac
03929 México, D.F.
Tel: (5) 223-3695
Fax: (5) 549-6187
Fabricante: Colectores autocontenidos.

Sunway de México, S.A. de C.V.
C.P. Jorge Dávila Garza
E. Nacional # 1162 P.B., Col. Polanco
11570 México, D.F.
Tel. y Fax: (5) 395-5771
Fabricante: Calentadores solares.

Usol S.A. de C.V.
Ing. Federico Sierra Campuzano
Prolongación La Joya # 5, Col. Tepepan
16020 Xochimilco, D.F.
Tel: (5) 675-0039
Fax: (5) 684-0347
Fabricante: Calentadores solares.

ESTADO DE MÉXICO

Econolux S.A. de C.V.
Ing. Gustavo Núñez G.
Av. Ferrocarriles Nacionales # 1
Col. La Laguna
54190 Tlanepantla, Edo. de Méx.
Tel: (5) 714-4074
Fax: (5) 714-4269
Fabricante: Periféricos fotovoltaicos.

Industria Eléctrica de México
Ing. Carlos Flores M.
Vía Dr. Gustavo Baz # 340
54000 Tianepantia, Edo. de Méx.
Tel: (5) 310-6757 y 311-0121
Fax: (5) 310-5711
Distribuidor: Módulos fotovoltaicos.

MORELOS

Colectores Solares y Termotanques "Ashmor"
Ing. José Armando Saldaña H.
Priv. de Chiapas # 5, Col. Club de Golf
62030 Cuernavaca, Mor
Tel. y Fax: (73) 14-30-42
Fabricante: Calentadores solares y termotanques.

Módulo Solar S.A. de C.V.
Ing. Octavio García M.
Av. Atlacomulco # 418
62430 Cuernavaca, Mor.
Tel: (73) 12-36-07
Fax: (73) 14-08-82
Fabricante: Calentadores solares y termotanques.

Sistemas y Componentes en Energía Solar
Sr. Alberto García Esquivel
Av. Universidad # 22, Col. Sta. María
Cuernavaca, Mor.
Tel: (73) 11-03-81
Fax: (73) 11-28-14
Fabricante: Calentadores solares y termotanques.

Solartronic
Ing. Vicente Estrada Cajigal
Morelos Sur # 1301 Letra E, Col. Chipitlán
61050 Cuernavaca, Mor.
Tel: (73) 18-97-14
Fax: (73) 18-86-09
Distribuidor: Módulos fotovoltaicos.

PUEBLA

Energía Limpia de México
Ing. Sergio Sánchez de la B.
Chalchicomula # 12, Col. La Paz
72160 Puebla, Pue.
Tel: (22) 48-52-62
Fabricante: Calentadores solares y termotanques.

Sistemas de Ahorro Energético y Construcción S.A. de C.V.
Lic. Pedro A. Bretón Ramiro
Av. San Francisco # 2218, 2º Piso,
Col. San Manuel, Puebla, Pue.
Tel: (22) 44-39-00 y 48-57-09
Fabricante: Calentadores solares.

Vensa Solar
Ing. Gerardo Ventosa
Boulevard 5 de Mayo # 155
72425 Puebla, Pue.
Tel: (22) 37-39-15
Fabricante: Calentadores solares.

ANES

XXII SEMANA NACIONAL DE LA ENERGÍA SOLAR
MEXICALI, BAJA CALIFORNIA
SEP. 28 - OCT. 2, 1998

ISES

La Asociación Nacional de Energía Solar anuncia la celebración de su XXII Semana Nacional de Energía Solar, que tendrá lugar en la ciudad de Mexicali, del lunes 28 de septiembre al viernes 2 de octubre del presente año, correspondiendo en esta ocasión a la Universidad Autónoma de Baja California ser la institución anfitriona.

Participantes

Se convoca a los investigadores, docentes, estudiantes, industriales, funcionarios públicos, ONG's y demás personas interesadas en las Fuentes Renovables de Energía, a participar en esta Reunión Nacional.

Actividades

Cursos de actualización.- Se abordarán al menos los siguientes temas: *Concentradores Solares, Diseño Bioclimático de Edificios, Colectores Solares Planos, Destilación Solar* y *Sistemas de Bombeo de Agua Solar*. Cada uno de estos cursos tendrá una duración aproximada de 16 horas, y serán ofrecidos de manera simultánea los días lunes 28 y martes 29 de septiembre.

Reunión Técnica. - Tendrá lugar los días miércoles 30 de septiembre, jueves 1 y viernes 2 de octubre. A lo largo de esta Reunión se presentarán los trabajos de los investigadores participantes en la modalidad de ponencia (15 min). Habrá también conferencias plenarias y mesas redondas a cargo de investigadores expertos.

Exposición Industrial.- Se presentará a lo largo de toda la semana y se podrán apreciar equipos y tecnologías diversas relacionadas con el uso de las fuentes renovables de energía.

Presentación de trabajos

Para participar con algún artículo en la Reunión Técnica se deberá enviar un resumen del mismo de alrededor de 500 palabras, en el que se describan los resultados originales, las aplicaciones novedosas, así como metodologías, hallazgos o información relevante relacionado con las Fuentes Renovables de Energía. El resumen deberá incluir los nombres de los autores, sus instituciones, direcciones, números telefónicos, números de fax y direcciones de correo electrónico.

Fechas

Marzo 1, 1998. Los resúmenes (original y dos copias) deberán llegar antes del 1 de marzo al Secretario de Vocalías Técnicas, *Ing. Eduardo Rincón Mejía*, con dirección postal: Facultad de Ingeniería de la UAEMéx, Cerro de Coatepec, Toluca, México, C.P. 50130, Tel. 91 (72) 140855. Fax: 91 (72) 154512. (E-mail: erincon@coatepec.uaemex.mx).

Marzo 15, 1998. Los autores serán notificados de la aceptación (en su caso) de sus resúmenes, y se les enviarán las instrucciones para la preparación de los artículos terminados, durante la segunda quincena de marzo.

Mayo 15, 1998. Los artículos completos deberán recibirse antes del 15 de mayo. En caso de requerir modificaciones, las observaciones de los revisores serán enviadas a los autores durante el mes de junio.

Julio 28, 1998. La fecha límite para recibir las versiones finales de los artículos es el 28 de julio. Los trabajos aceptados serán publicados en la *Memoria de la XXII Reunión Nacional de Energía Solar*.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA

MISIÓN:

Realizar investigación básica y aplicada y desarrollo tecnológico en la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impactos de la energía, en particular de las fuentes renovables; llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a instituciones en el área de la energía; formar estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar el desarrollo sustentable del país.

- Investigación básica y aplicada
- Desarrollo e innovación tecnológica
- Realización de estudios de:
  - Ahorro y uso eficiente de energía
  - Futuros y planeación energética
  - Arquitectura sustentable
  - Evolución volcánica y alteración hidrotermal.
- Aplicaciones:
  - del recurso solar en problemas productivos
  - de tecnologías solares comerciales
- Capacitación de recursos humanos en el área de energía

INFORMES: Centro de Investigación en Energía U.N.A.M.
Unidad de Ingeniería y Gestión Tecnológica
M.I. Ma. de Jesús Fontanelli Corrales
Tel. 25 00 52 Ext. 103.
Fax. 25 00 18
e-mail: mjfc@mazatl.cie.unam.mx