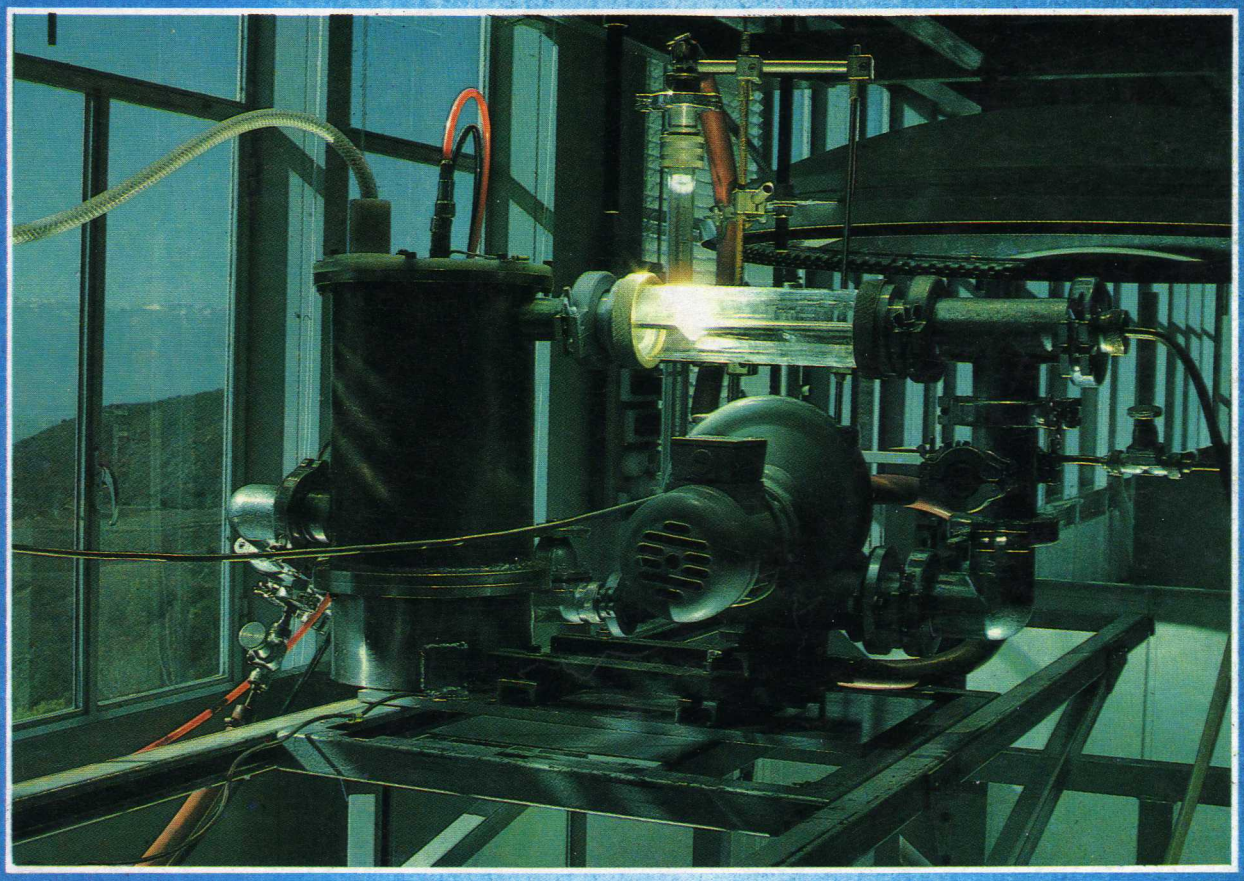
INDICE

LA REVISTA SOLAR

PUBLICACION DE LA ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR (ANES) NUMERO 18 PRIMAVERA 1991
SECCION MEXICANA DE LA INTERNACIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY (ISES)



EN ESTE NÚMERO:

Estanques Solares

Almacenamiento térmico

Energía Eólica.

Financiamiento a proyectos.

$6000.00

DISEÑO Y CONSERCION: DINAMICA VISUAL - 570 18

EDITORIAL

Actualmente vivimos en una época de grandes cambios, modernidad y desarrollo acelerado que no nos permite detenernos como simples observadores. Nosotros en La Revista Solar no estamos exentos de ese fenómeno. Nos hemos dado a la tarea de implementar el mecanismo para tener una revista moderna y amena a la lectura de nuestros múltiples lectores. De esta, forma, hemos convenido con un grupo de especialistas en diferentes campos del periodismo y el diseño, que nos ofrecen sus servicios para darle a la revista la calidad que ustedes, lectores, merecen.

Los artículos que sean presentados para su publicación en la revista pasarán, en primer lugar, por una revisión de contenido, para garantizar que su calidad y congruencia con el conjunto vaya de acuerdo con las expectativas del lector especializado. Hago énfasis en que la actual revista dirige sus pasos a la comunicación y divulgación de la ciencia, tecnología y apropiación tecnológica, así como a las tendencias de las fuentes alternas de energía. Así, será una revista que difunda el conocimiento a la población interesada en esta importante área energética y que pueda tener una idea general, y algunas veces particular, del estado de desarrollo de las diferentes tecnologías para el uso de las diversas fuentes alternas de energía.

En seguida los artículos pasarán por una corrección de estilo. Esto permitirá dar homogeneidad a los artículos que aparezcan en la revista. No se trata de voltear de cabeza un escrito, sino de ponerlo -en primer lugar- en un buen español, en la medida de lo posible, y -en segundo- darle un lenguaje comprensible y menos abstracto. Luego que los artículos han sido revisados, serán enviados a los autores para que éstos aprueben los cambios realizados y envíen, junto con su texto corregido, una carta en la que den su consentimiento para su publicación. Debo señalar que el contenido de los artículos no será modificado y éste será entera responsabilidad de los autores, y de ninguna forma el pensar de los editores de la revista.

Posteriormente, los artículos entrarán al diseño y formateo dentro de la revista. Es importante que ustedes, autores, se den cuenta de la importancia de las ilustraciones que aparecen en la publicación. La calidad de las mismas debe ser extrema y por mucho, atractivas, para un lector lego en el tema. Las fotografías de prototipos, de plantas piloto o de un simple montaje experimental cobran una importancia que puede llegar a ser el éxito o fracaso del artículo. Es por ello que se le solicita al autor fotografías bien contrastadas, en blanco y negro y que muestren con claridad el objetivo de las mismas. Las figuras y gráficas deberán de ser bien dibujadas y preferentemente en papel albanene. Aquéllas figuras que no cumplan con la calidad exigida no serán incluidas en el texto. Sólo en casos muy especiales y porque así las condiciones lo ameritan, se contratarán los servicios de un dibujante para que reproduzca ciertas figuras determinantes en la comprensión del escrito. Como podrán comprender, esta acción ocasiona un gasto extra para la Asociación, originando que el costo de la revista se incremente.

En días pasados seguramente habrán recibido NOTIANES de diciembre, en donde informamos de algunas formas de escritura para los artículos que aparecen en la revista. Es importante seguir al pie de la letra dichas normas para que la edición de la revista sea fluida.

Con objeto de tener material suficiente para editar con tiempo y sin retrasos la revista, te solicitamos envíes con tiempo tus trabajos. Las aportaciones de todos los investigadores y tecnólogos darán a la revista el auge que requiere para que, a su vez, las fuentes alternas de energía incidan de manera notable en los usuarios. Este es el principal objetivo de la ANES, colaboraremos todos para lograrlo.

Por último, resivan ustedes un cordial saludo y la seguridad de que seguiremos esforzándonos para continuar con los altos estándares de calidad, que han sido nuestro paradigma y lo seguirán siendo en el futuro. Nuestro objetivo: el constante mejoramiento en contenido y calidad de publicación de **La Revista Solar**, para servir mejor a nuestros lectores.

EDITOR

Dr. Hernando Romero-Paredes R.

INDICE

ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR (ANES)

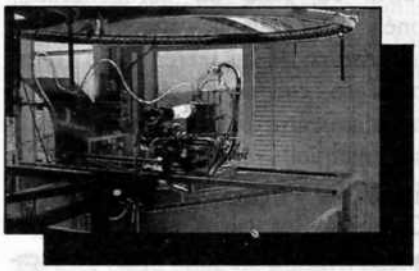
El VI Consejo Directivo
Presidente
Dr. Hernando Guerrero Cázares
Vicepresidente
Dr. Juan José Ambriz García
Tesorero
D.I. Ma. Mercedes Fernández
Secretario Gral.
Dr. Pedro Quinto Díaz
SECRETARIAS:
Relaciones
Ing. Rodolfo Martínez Strevel
Publicaciones
Dr. Hernando Romero Paredes
Organización
Fisc. Adolfo Fink Pastrana
Vocalías
Ing. Ricardo Saldaña FLores
Asuntos Industriales
Ing. Enrique Hill Bochelen
Asuntos Internacionales
Dr. Roberto Best Brown
Asuntos Latinoamericanos
Dr. José luis Mayorga Vera
Secciones Regionales
Ing. Vicente Estrada Cajigal
Editor
Hernando Romero Paredes R.
Diseño y Formación
Dinámica Visual
Editada por:
Kreko Producciones S.A. de C.V.
Av. Nuevo León 89, Col. Condesa Tel. 553-8577

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 sus autores y no necesariamente reflejan la posición oficial de la Asociación. Certificado de Licitud de Título Núm. 2148. Se autoriza la reproducción de la Información se se cita lafuente.

SUMARIO

Energía Eólica: Realidad de Nuestro Tiempo 4

Almacenamiento Térmico de Energía 9



Financiamiento a Proyectos de Desarrollo Tecnológico 15

Estanque Solar: Tecnología y Aplicaciones 20

Energía Eólica: Realidad de Nuestro Tiempo

Ricardo Saldaña Flores*

La energía del viento es una alternativa dentro de la gama de recursos energéticos con los que México puede hacer frente al reto de nuestros días: la satisfacción de su demanda energética.

Desde tiempos inmemoriales, en su afán por aprovechar los recursos naturales, el hombre ha utilizado la fuerza del viento para actividades diversas como la navegación, la molienda de granos, el bombeo de agua o la producción de electricidad.

En el mundo existen sistemas aislados para el bombeo de agua y la generación eléctrica, así como pequeñas y grandes plantas que producen electricidad, conocidas como "granjas eólicas"; éstas contribuyen, en cierta medida, a satisfacer la demanda de energía eléctrica de grandes centros de población.

Estados Unidos de Norteamérica cuenta con la mayor cantidad de máquinas de viento para generación eléctrica. Se estima que la capacidad instalada sobrepasa actualmente los mil 700 megawatts.

Actualmente, las capacidades de las "granjas eólicas" están comprendidas entre los mil 300 y los 500 mil RW, y el número de máquinas que las constituyen es de 3 a 5 mil unidades[2].

En nuestro país el uso de la fuerza del viento para bombear agua y generar electricidad es promisorio, puesto que existe una diversidad de zonas, grandes y pequeñas, donde hay viento de intensidad apreciable, desde el punto de vista de su aprovechamiento energético.

En algunas zonas ubicadas en los estados de Yucatán, Chiapas, Campeche, Veracruz, Baja California y los estados fronterizos del norte del país, desde fines del siglo pasado -o tal vez antes- se ha utilizado la fuerza del viento para el bombeo de agua con fines de riego en muy pequeña escala, para surtir abrevaderos y para el consumo humano.

A manera de demostración, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos llevó a cabo recientemente la instalación de varias aerobombas cerca de Tehuantepec, en un campo experimental situado al pie de la carretera Panamericana.

La compañía Exportadora de Sal adquirió en 1988 un aerogenerador japonés de mediana capacidad y lo instaló dentro de sus terrenos, en Guerrero Negro, con objeto de estudiar su comportamiento bajo el régimen de viento en aquella región.

Como en los casos anteriores, podríamos citar varios más que demuestran que día a día existe un creciente interés por el uso de la energía eólica en México, mediante sistemas que aprovechan la fuerza del viento, ya sea para bombear agua, o bien, para generar electricidad.

Identificación de zonas de probable explotación

Una manera de identificar en forma preliminar zonas ventosas consiste simplemente en analizar los nombres de los poblados; o bien, la manera como se conoce a un determinado lugar. Por ejemplo citaremos: la ciudad de Pachuca, también llamada "la bella airosa"; Arriaga, "la ciudad del viento"; "La Ventosa", poblado localizado en el entronque de la carretera Panamericana con la Transístmica en el estado de Oaxaca; "La bufa", en Zacatecas; "La rumorosa", zona a través de la cual surca la carretera federal Mexicali-Tecate, en Baja California Norte.

La superficie del territorio nacional presenta un gran número de irregularidades, como es el caso de las cadenas montañosas en las cuales existen "pasos". En ellas el viento aumenta su velocidad a consecuencia de que se "encajona". Obviamente, estos lugares son apropiados para instalar aerogeneradores. Entre las principales cadenas montañosas que se encuentran en el país tenemos:

- La Sierra Madre Oriental
- La Sierra Madre Occidental
- La Sierra Madre de Chiapas
- El Eje Neovolcánico
- La Sierra Californiana

Muchas veces el viento se origina debido a que hay una diferencia de temperatura entre una montaña y un valle situado debajo de ésta. El viento sopla del valle hacia la montaña durante el día y en sentido contrario durante la noche. Lo anterior se debe a que el aire se mueve de una zona fría a una caliente; y durante el día la montaña se asolea primero que el valle y por lo tanto está más caliente, mientras que por la noche se enfría más rápido, al contrario del valle, que se conserva caliente.

* Egresado de la carrera de Ingeniería en Energía de la UNAM-I en 1979.
Desde 1980 Colabora en el Depto. de Fuentes no convencionales de Energía como Investigador del Area de Energía Eólica.

Un tipo de viento parecido al anterior es aquel que se origina en zonas donde existen valles elevados y rodeados por montañas. Durante el día el aire que se encuentra sobre esos valles tiene una temperatura tal que permanece sobre su superficie. Al anochecer este aire se enfría a una temperatura menor que el aire que circunda las montañas fuera del valle, lo que ocasiona que el aire sobre el valle salga de éste como si se drenara por los pasos entre las montañas.

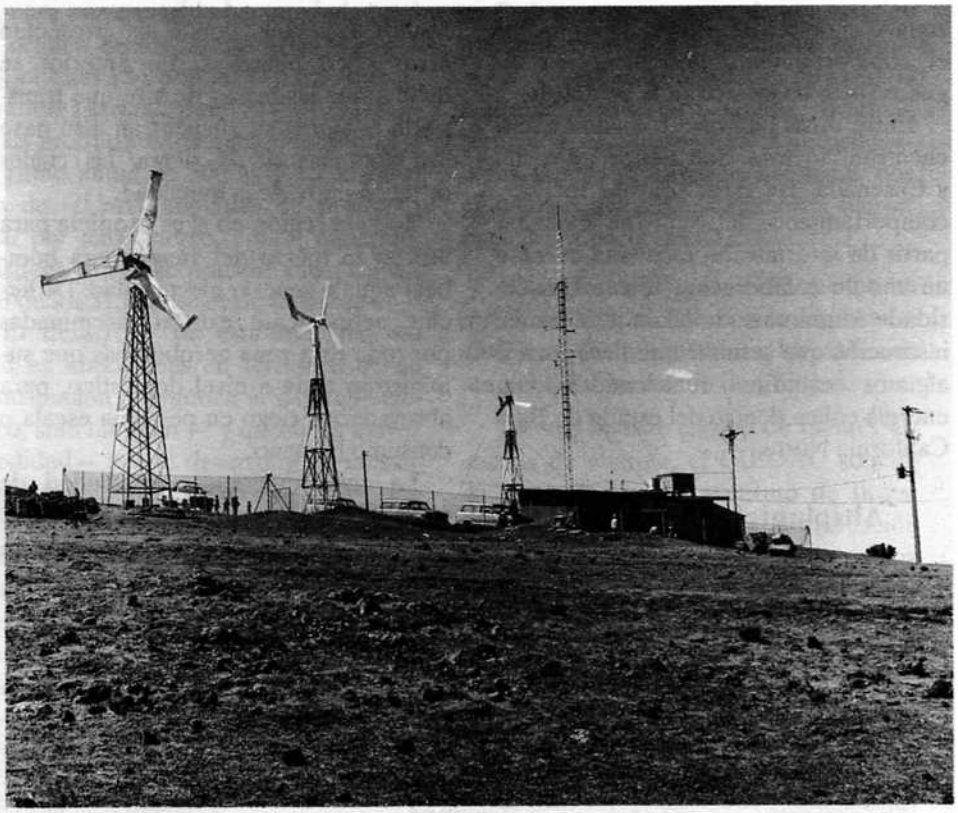
Si pensamos un poco en lo anterior, imaginémonos cuántas veces no tendremos, a lo largo de nuestro territorio, estas condiciones, dado lo accidentado de la superficie.

Por otro lado, también tenemos las costas, con condiciones similares a la anterior. Durante el día la tierra se calienta y provoca que el aire que está sobre ella se eleve, mientras el que se encuentra sobre la superficie del mar ocupa su lugar a este movimiento de aire en forma horizontal que va del mar hacia la tierra y es conocido como brisa. Por el contrario, durante la noche, al disminuir la temperatura de la superficie terrestre, el aire que está dispuesto sobre ella se moverá hacia el mar, con lo que se dará un flujo contrario al observado durante el día, conocido como terral.

En el país existen grandes extensiones de costas en donde los fenómenos descritos se observan con diferente intensidad, siempre de acuerdo con la diferencia de temperaturas y otro tipo de fenómenos que no necesariamente se desarrollan en la misma escala de espacio y tiempo.

Otras manifestaciones del viento observadas sobre nuestro territorio obedecen a una escala mayor; tal es el caso de movimientos del aire alrededor del planeta, entre los que se encuentran los llamados vientos alisios, las masas polares, o bien, las masas de aire marítimo, tropical, que muchas veces traen consigo ciertas alteraciones meteorológicas como vientos fríos, lluvias, etcétera.

Estas manifestaciones, si bien no son originadas localmente, sí influyen en ocasiones sobre las condiciones del viento en la superficie; y su efecto depende de la magnitud del fenómeno a nivel local, si es que existe, o de la configuración misma del terreno. Una vez que hemos descrito en forma somera el tipo de fenómenos más comunes en relación con el viento en superficie, haremos a continuación una breve descripción del comportamiento del viento en algunas regiones del país, además de comentar sobre la posibilidad de explotación del viento como fuente de energía.



1. Aspecto de una estación de pruebas de sistemas (Foto cortesía de conversores de energía eólica)

Península de Baja California

En esta basta zona de nuestro país existe una fuerte influencia de vientos que soplan la mayor parte del año entre el noroeste y el oeste. El área más relevante es la planicie costera occidental; sin embargo, en las partes altas de la serranía californiana, la influencia se manifiesta en mayor grado aún, debido a que al atravezar esta zona en los pasos, las masas de aire se comprimen y aceleran, con lo que alcanzan velocidades apreciables.

Las observaciones realizadas hasta el momento permiten suponer que la serranía californiana presenta grandes posibilidades de explotación de la energía eólica.

Hacia las partes más bajas —sobre la planicie costera— también existe la posibilidad de aprovechar el recurso eólico, ya que ahí se presenta un fenómeno de brisa que se ve aumentado por los vientos del oeste, ocasionados a nivel general en la atmósfera.

Este caso se puede constatar con base en las mediciones que el Instituto de Investigaciones Eléctricas ha realizado en Guerrero Negro, poblado situado en la Bahía de San Sebastián Vizcaíno, lugar en donde se produce sal en grandes cantidades y parte de la cual es exportada hacia el Japón.

Hace aproximadamente nueve meses, el Instituto de Investigaciones Eléctricas —en colaboración con el CIB— instaló dos equipos al sur de la península de Baja California, alrededor de la zona de los Cabos (Rancho Mar Azul en la costa occidental y San Bartolo, pueblo donde por mucho años sus habitantes se dedicaron a la minería, situado sobre la carretera de La Paz-Los Cabos, en una zona muy accidentada orográficamente).

Estas instalaciones servirán como punto de partida a futuros estudios en la

zona, con objeto de ir conociendo mejor el comportamiento del viento en algunos sitios de interés en la península.

Entre otros puntos estudiados se encuentran, además, San Felipe, Mexicali y Ensenada. En estos sitios la fuerza y comportamiento del viento se analizó a partir de información recabada durante un año en colaboración con la Universidad Autónoma de Baja California, institución que actualmente lleva a cabo algunos estudios relacionados con energía eólica dentro del estado de Baja California Norte.

Altiplanicie meridional

En esta región existen diversos lugares donde el potencial eólico ha sido aprovechado para el bombeo de agua. Un ejemplo de ello es el estado de Zacatecas. Aunque el comportamiento del viento es muy complejo —existe un gran número de componentes locales— se estima que pude existir, además de La bufa, en Zacatecas, otros lugares de factible explotación de energía eólica para la producción de electricidad. Su aprovechamiento puede ser tanto doméstico —mediante bancos de baterías como respaldo— como a gran escala — a través de plantas generadoras interconectadas a las líneas de transmisión y distribución de la Comisión de Electricidad.

Es necesario llevar a cabo mediciones anemométricas que permitan conocer más a fondo el comportamiento del viento y su contenido energético, con el fin de implementar aquellos sistemas cuyo funcionamiento se apegue más a los regímenes de viento observados.

Vertiente del Golfo de México

En esta región existen zonas en las que se presentan velocidades de viento apreciables, sobre todo en la costa del estado de Veracruz, donde la velocidad media anual del viento es de 5 a 6 m/s. En parte el viento se manifiesta a través del fenómeno de brisa y en parte por el sistema de vientos alisios que entran francos en la región.

Esta área es fértil debido al alto contenido de humedad, en contra posición con algunas zonas al oeste de la Sierra Madre Oriental, donde se presentan áreas poco húmedas. Lo anterior se debe a que las masas de aire que transporta la humedad encuentran a su paso las montañas de la sierra, las cuales retienen parte de la humedad.

Toda la región en sí es propicia para utilizar la fuerza del viento para bombear agua o generar electricidad. De hecho, actualmente existen diseminadas por toda esta zona aerobombas que suministran agua a nivel doméstico, para abrevaderos, riego en pequeña escala o consumo humano.

La zona que rodea la ciudad de Veracruz presenta niveles de velocidad de viento adecuados para la generación de viento a gran escala.

Portillo Istmico

En esta región se localiza la zona que presenta quizás las intensidades más altas del país y es denominada "La ventosa".

Para quienes tengan alguna vez la oportunidad de transitar por la carretera Panamericana, dentro del tramo que pasa por esta área, les sorprenderán los anuncios que alertan a los conductores de vehículos sobre los peligros del viento. Otros anuncios también se observan en cierto tramo de la carretera transístmica, ubicada entre Matías Romero y el entronque con la Panamericana. En ocasiones, durante los meses de mayor viento (noviembre a enero), se pueden observar camiones de carga volteados a un lado de la autopista, o bien detenidos, en espera de que el viento sople con menor intensidad a fin de continuar su camino.

A partir de julio de 1984 y durante un periodo de 18 meses, el Instituto de Investigaciones Eléctricas —con el patrocinio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología— llevó a cabo un programa de monitoreo en la zona. Llevó a cabo mediciones de velocidad del viento en Salina Cruz, Tehuantepec, Juchitán (donde se instaló una torre de 30 metros de altura con sensores de velocidad a 10, 20 y 30 metros), el poblado de La ventosa, La venta y Unión Hidalgo. A partir de este estudio se analizó el comportamiento del viento en la zona, así como se efectuaron algunos esquemas de generación eléctrica a partir de "granjas eólicas".

Según estimaciones preliminares[4] realizadas en esta zona, podrían instalarse "granjas eólicas" con una capacidad en su conjunto de 2 millones de Kilowatts.

Plataforma yucateca

Esta porción del territorio nacional se encuentra fuertemente influida por vientos que vienen de los rumbos noroeste a sureste — de acuerdo con la época del año se presentan vientos del norte en el otoño y el invierno.

En esta región se han utilizado aerobombas desde hace ya muchos años, al grado tal que no es extraño ver este tipo de máquinas en zonas urbanizadas de la ciudad de Mérida. En el trayecto de Cancún a Tulum hay instaladas aerobombas que se encuentran funcionando en perfecto estado y que son utilizadas para suministro de agua para consumo humano, animal y pequeños huertos familiares.

Actualmente el Instituto de Investigaciones Eléctricas lleva a cabo estudios de viento en el corredor Cancún-Tulum para el Fideicomiso del Caribe, con una red anemométrica compuesta por siete estaciones en las que se registra la velocidad media del viento y el rumbo dominante en intervalos de 15 minutos.

Los sitios en los que actualmente se llevan a cabo mediciones son: Punta Sam (Anemómetro recién instalado. Originalmente el aparato se encontraba registrando información en Puerto Juárez), Leona Vicario, Cobá, Chemuyil y Puerto Morelos. Estos equipos corresponden a la porción de la red instalada en la zona continental. Por lo que respecta a la porción insular, se cuenta con dos anemómetros instalados en la isla de Cozumel, uno en San Gerváceo, en la parte central de la isla, a las afueras de una zona arqueológica, y otro en Chen-Río, en el extremo oriental de la misma, en el santuario de las tortugas marinas.

En cuanto a esta última estación, se han llegado a registrar velocidades superiores a los 9 m/s en promedio

4. E. Caldera, R. Saldaña. Aplicaciones de la energía eólica en México: realidades y expectativas. La Revista Solar No. 15. Invierno de 1980 pp. 14

durante el día. Sin lugar a dudas, en esta zona podría instalarse una gran cantidad de aerogeneradores para la producción de energía eléctrica, la cual podría ser suministrada a la infraestructura urbana y turística actual o a futuros desarrollos de este importante centro turístico de renombre nacional o internacional.

En lo que toca a la porción continental, se observan vientos intensos en la zona de Puerto Juárez que disminuyen la velocidad sobre la costa a medida que uno se acerca hacia la parte sur del estado. Esta condición de disminución del viento se observa al internarse hacia la parte central de la península de Yucatán, a medida que la brisa va perdiendo influencia.

La zona que ofrece las mejores condiciones para la instalación de aerogeneradores para la producción de electricidad a gran escala se encuentra comprendida entre Puerto Juárez y Cabo Catoche, dentro de la faja costera.

Lo descrito anteriormente respecto del comportamiento del viento sólo considera aquellas áreas en las que se cuenta con cierta cantidad de información obtenida a través de mediciones ya realizadas por la red de observatorios del Servicio Meteorológico Nacional o por las estaciones anemométricas básicas que el Instituto de Investigaciones Eléctricas ha instalado en diversos lugares de México.

Esto es inevitable, puesto que cerca del 35 por ciento carece de información con la cual pudiera hacerse al menos un análisis preliminar.

La otra porción del territorio cuenta con cierta información anemométrica, pero ésta sólo permite hacer un análisis preliminar con cierto grado de exactitud. Y en definitiva , para hacer uso de la energía eólica para bombeo o generación eléctrica se requerirían estudios mucho más detallados que permitieran planteamientos concretos acerca del aprovechamiento del viento.

Panorama del aprovechamiento de la energía eólica

Si atendemos un mercado potencial para aerogeneradores integrados al Sistema Elécrico Nacional del orden del 10 por ciento de la capacidad instalada total, para una capacidad acumulada total del oreden de los 50 mil MW al año 2 mil, el mercado potencial para aerogeneradores sería de 5 mil MW.

La producción de aerogeneradores a un ritmo anual de 500 MW significa el uso de 60 mil toneladas de producto final por año (hierro, cobre, aluminio, plástico) y una facturación anual de orden de los 375 millones de dólares.

El desarrollo de esta industria no sólo es importante en términos de su contribución energética al sistema eléctrico, sino también — y quizás en mayor medidad— por el desarrollo de una industria nacional, el mejor aprovechamiento de una capacidad existente, los empleos directos e indirectos que puede generar, el efecto multiplicativo de bienes y servicios requeridos, el ahorro de divisas y la posibilidad de exportar energía, equipos y servicios.[5]

Podemos comentar al respecto, a manera de ejemplo, que hace apenas unos meses fueron instalados en algunos valles del estado de Coahuila, sistemas fotovoltáicos con los cuales se proporciona alumbrado a casas habitadas por ejidatarios. Dichas instalaciones fueron hechas por parte del CIEDAC.

Esta misma empresa lleva a cabo un proyecto relacionado con la implementación de una microturbina hidráulica en un poblado del estado de Chiapas.

Dentro de este campo de fuentes alternas de energía, el CIEDAC solicitó la colaboración del Instituto de Investigaciones Eléctricas para la evaluación del comportamiento del viento en los valles de Acatita, Delicias y El Hundido, en el estado de Coahuila, con objeto de seleccionar algunos puntos donde fuera factible la instalación de aerogeneradores que hicieran, entre otras cosas, accionar bombas eléctricas.

Mercado para Centrales Eléctricas al años 1995 [6]

Lugar o Región	Capacidad Total Acumulada	MW/año (5 años)	Unidades/Día Hábil 100 kw
1. Sistema Peninsular	100	20	1
2. Península de Baja California	273	54.6	2.5
3. La Costa Sur del Pacífico	300	60	2.5
4. Faja Costera de Sonora y Sinaloa	300	60	2.5
5. Región Central de Zacatecas	400	80	3.2
6. Tlaxcala e Hidalgo	1235	247	10.0
7. Sur del Istmo de Tehuantepec	300	60	2.5
TOTALES	2980	581.6	24.2

Aplicación del recurso en el ámbito rural

Desde hace poco tiempo ha renacido el interés por la aplicación de este tipo de tecnología para ser aplicado en zonas que por carencia energética se han quedado apartadas de los grandes centros de consumo y sus pobladores no cuentan con los medios propicios para su subsistencia e incorporación al panorama de progreso nacional.

Actualmente el proyecto se encuentra en su segunda etapa, en la cual se evalúan algunos aspectos en los que, según resultados preliminares, el viento posee ciertas características que lo hacen susceptible de ser aprovechado energéticamente.

Existe una gran cantidad de proyectos a lo largo del país, llevados a cabo por diversas instituciones y encaminados a abordar el problema de la carencia energética en zonas apartadas. A la fecha se tienen experiencias que hablan por sí mismas de la factibilidad del uso de nuevas alternativas energéticas como la energía solar, eólica, biomasa y microhidráulica.

5. E. Caldera, R. Borja, R. González, R. Saldaña, M. A. Borja, P. Parkman.
Estimación preliminar del Mercado de Aerogeneradores Integrados al Sistema Eléctrico Nacional. Informe IIE/10/14/2067/109/F. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Diciembre 1987 pp. 5-11

6. E. Caldera, R. E. Borja, R. González, R. Saldaña, M. A. Borja, P. Parkman.
Estimación Preliminar del Mercado de Aerogeneradores Integrados al Sistema Eléctrico Nacional. Informe IIE/10/14/2067/109/F. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Diciembre 1987. pp. 4-15

Conclusión

Al hacer un análisis preliminar del mercado eléctrico nacional[7], un hecho manifiesto es el desbalance regional del consumo de electricidad en México. Junto a éste está la heterogeneidad territorial en la localización de los recursos energéticos, los desbalances regionales en las áreas de la demografía y el desarrollo económico, características que complican aún más la problemática de electrificar al país.

Estos desbalances nos llevan a hacer proyecciones de consumo para 1995 del 22.5 por ciento de la energía eléctrica nacional en la región que comprende el Distrito Federal, la propia ciudad de México y su zona conurbada del Estado de México, Pachuca y Cuernavaca; frente a un consumo del 4.35 por ciento del conjunto de los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, por ejemplo.

El reto del país no estriba únicamente en satisfacer las necesidades energéticas del territorio nacional, sino en contribuir con energía al desarrollo económico y social. Los hechos han mostrado que la electrificación por sí misma no ha propiciado el desarrollo económico.

La Comisión Federal de Electricidad no sólo tiene el desafío de aumentar su potencial eléctrico ante una demanda creciente, con requerimientos no satisfechos, industrialización, crecimiento demográfico y aumento en el nivel de vida, sino de ser también un agente indirecto del desarrollo industrial y tecnológico nacional, dado el amplio mercado que representa en cuanto a inversiones, insumos, equipos y refacciones que utilizan para su crecimiento y operación.

Vista de un aerogenerador de mediana capacidad desarrollado en los Estados Unidos.

(Foto cortesía de Sergio Ortega).

Una empresa del sector público como es la Comisión Federal de Electricidad es potencialmente una formidable palanca de desarrollo tecnológico e industrial para el país, si va más allá de la expansión del servicio que proporciona. Este desarrollo permitiría mayores márgenes de autonomía nacional en las áreas de la tecnología, los insumos y el equipamiento, la formación de recursos humanos y el financiamiento de nuevas inversiones

El desarrollo de la energía eólica en México representa una oportunidad significativa al campo tecnológico e industrial y no debe ser desaprovechado.

Agradecimiento

Al ingeniero Enrique Caldera Muñoz, jefe del área de Energía Eólica del Instituto de Investigaciones Eléctricas, quien pacientemente revisó el presente trabajo y dio opiniones para su enriquecimiento. ●

7. E. Caldera, R. E. Borja, R. González, R. Saldaña, M. A. Borja, P. Parkman.
Estimación Preliminar del Mercado de Aerogeneradores Integrados al Sistema Eléctrico Nacional. Informe IIE/10/14/2067/109/F. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Diciembre de 1987. pp. 7-1.7-2

Equipos y Sistemas de Captación Solar

■ Calentadores Solares ITE

PARA AGUA DE ALBERCAS, USO DOMESTICO, INDUSTRIAL Y RURAL

ABSORBEDORES SOLARES 100 % DE COBRE

PRONOSTICOS DE TEMPERATURA POR COMPUTADORA

SUPERFICIE SELECTIVA DE CROMO NEGRO

ITE

■ Plantas Solares de Energía Eléctrica

PARA ILUMINACION, BOMBEO DE AGUA Y CUALQUIER APARATO ELECTRICO

■ CUBIERTAS TERMICAS FLOTANTES, Filtros, Bombas y Accesorios para alberca.

EQUIPOS E INSTALACIONES GARANTIZADOS

INSTALACIONES TECNICAS ESPECIALIZADAS, S.A.

Bahía de Chachalacas 42 Col. Verónica Anzurez 11300, México, D.F.

Tel 545-1151 545-0833 203-9698 FAX 255-2584

Almacenamiento Térmico de Energía

Juan José Ambriz, Hernando Romero y Mireya Ruiz*

Las características favorables de la energía solar para ser utilizada como fuente energética han sido descritas profusamente desde hace mucho tiempo. Entre éstas destaca su mínimo o nulo impacto negativo al medio ambiente y su abundancia relativa en el planeta. A pesar de ello, cada vez es más frecuente el cuestionamiento sobre las razones por las cuales esta fuente no ha logrado penetrar más rápidamente en el panorama nacional e internacional.

Al tratar de dar respuesta a esta pregunta, hemos encontrado que la utilización de la enorme cantidad de energía proveniente del sol para abastecer las cada vez mayores necesidades de la sociedad, se ve limitada por algunos problemas relevantes:

a) **Intermitencia de la radiación solar en la superficie terrestre.** Esta se debe a factores astronómicos y meteorológicos; los primeros ocasionan los ciclos día-noche y verano-invierno; los segundos engloban fenómenos como nubosidad, lluvias, nieve, etcétera.

b) **Oferta y demanda de energía.** Aún con tiempo soleado, las variaciones de la cantidad de energía recibida a lo largo del día hacen que, en términos generales, la curva de la demanda de los usuarios de energía no coincida con la oferta disponible.

c) **Baja densidad energética de la radiación solar.** Esta situación obliga a que las grandes instalaciones de aprovechamiento de la energía solar sean ubicadas en zonas de escaso valor económico, generalmente a grandes distancias de los centros de consumo.

La única solución viable para limitar el efecto de dichas características consiste en encontrar soluciones satisfactorias en cuanto al almacenamiento y transporte de energía, desde las perspectivas económica y tecnológica.

En virtud de que la primera manifestación de la conversión de energía solar es de carácter térmico, en este trabajo se analizarán únicamente los sistemas de almacenamiento de energía calorífica.

¿Por qué almacenar energía?

El almacenamiento de la energía surge de la necesidad de adaptar la capacidad de producción, determinada por las características de la fuente, a los requerimientos de los consumidores. Este aspecto de la gestión energética normalmente no se toma en cuenta, por lo que se da la importancia únicamente a la obtención de nuevas formas de abasto de energía. En las sociedades industriales el almacenamiento energético responde a tres clase de empleo:

Almacenamiento de reserva o estratégico. Asegura la autonomía energética de una región, país o grupo de países, frente a las fluctuaciones del mercado mundial.

Almacenamiento de ajuste. Permite hacer frente a las variaciones de la demanda de energía de los consumidores.

Almacenamiento móvil. Asegura la autonomía energética de los medios de transporte.

Estas funciones han sido cubiertas en un alto porcentaje con los combustibles fósiles, principalmente petróleo y sus derivados, ya que en sí mismos son una de las formas más densas de almacenamiento, al liberar una gran cantidad de energía durante su combustión. El petróleo se ha usado como instrumento regulador de las variaciones de la demanda y como medio de transporte de grandes cantidades de energía desde regiones con amplias reservas de energéticos hacia zonas deficitarias. Adicionalmente, sus propiedades hacen que sea el combustible compacto ideal para conferir autonomía a los vehículos de transporte.

Con base en lo descrito anteriormente, conviene destacar que en los sistemas que se propongan para el almacenamiento y transporte de la energía solar, deberán tomarse en consideración las características de las otras fuentes de energía con las que se compite, para ofrecer a los usuarios alternativas tecnológicas que no difieran grandemente de las que ya conocen y utilizan.

Principio de funcionamiento

El almacenamiento de la energía térmica puede ser realizado mediante el aprovechamiento del calor sensible de los cuerpos, el calor latente de transformación o la energía de una reacción química, Se acostumbra llamar almacenamiento térmico al que se basa en el calor sensible o latente, y almacenamiento termoquímico al que utiliza el

*Factor limitante de l desarrollo masivo de la energía solar

* Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa
Area de Ingeniería en Recursos Energéticos
CP 55-534, México, 09340, D.F.
Tel.: 668-03-22 ext. 232 y 233

calor de reacción

Dentro de los principales criterios que debe satisfacer un sistema de almacenamiento de energía térmica se pueden señalar los siguientes:

- Elevada densidad de energía almacenada
- Rendimiento de restitución elevado de la energía almacenada
- Bajas pérdidas de energía durante el almacenamiento
- Adecuado nivel de temperatura, tanto para la fase de almacenamiento como para la restitución
- Alta estabilidad química y baja toxicidad de los materiales
- Precio bajo

La densidad de energía almacenada en un material se expresa por unidad de masa o por unidad de volumen. El tamaño del sistema almacenador dependerá directamente de la cantidad de material necesario para conservar la energía requerida; a mayor densidad de energía, menor tamaño del almacenamiento y viceversa. Los sistemas que utilizan como principio el calor de reacción química permiten almacenar una mayor cantidad de energía por unidad de masa en comparación con los térmicos puros (Tabla 1).

Cuando el diseño del sistema de almacenamiento se realiza para periodos cortos, los sistemas térmicos pueden ser una buena solución. Sin embargo, si la energía almacenada debe ser conservada durante largo tiempo antes de su utilización, o bien ser transportada a un lugar alejado de donde se encuentra la fuente térmica original, entonces la mejor solución es el almacenamiento termoquímico.

La temperatura de almacenamiento y restitución tiene gran importancia en la selección del sistema, ya que como se verá más adelante, su magnitud y grado de variación depende del principio de almacenamiento y el material empleado.

Almacenamiento por calor sensible

El almacenamiento por calor sensible se basa en la propiedad de los cuerpos de absorber energía térmica conforme aumenta su temperatura. La cantidad total de calor almacenado dependerá únicamente de la temperatura inicial y final del sistema almacenador; de su naturaleza, expresada en función de la capacidad calorífica y de la masa involucrada:

$$Q = m\,Cp\,(T_f - T_i)$$

... donde Q es el calor almacenado, m la masa de substancia y Cp la capacidad calorífica.

En estos sistemas la temperatura de carga varía desde un valor mínimo inicial, generalmente la temperatura ambiente, hasta un valor máximo que corresponde a la temperatura de almacenamiento. La energía recuperada durante la fase de restitución también lo hace desde ese límite máximo hasta un valor final cuya temperatura es notablemente inferior.

Los problemas que se originan por dicho comportamiento plantean soluciones complejas en los intercambiadores de calor y, sobre todo, en las condiciones de operación, de forma tal que pueda ser asegurada la recuperación del calor dentro de un intervalo aceptable de temperaturas. Este problema es particularmente complicado si los materiales almacenadores son líquidos viscosos o sólidos. También es conveniente mencionar que la potencia recuperada del alamacenador es variable, puesto que depende directamente de la temperatura.

Existe una enorme variedad de materiales susceptibles de ser empleados para esta finalidad. Su selección dependerá de la combinación de criterios señalados anteriormente. Estos materiales tienen propiedades intrínsecas diferentes, lo cual limita el dominio de utilización a un intervalo de temperaturas específico. En la Tabla 2 se muestra la capacidad de acumulación por unidad de volumen y el dominio de temperatura de utilización de diversos materiales.

Almacenamiento por calor latente

Si la substancia continúa absorbiendo energía de alguna fuente térmica, incrementará su energía interna y su temperatura constante, hasta que se presente un cambio de fase. En este proceso se absorbe y almacena aún gran cantidad de energía a temperatura constante, por lo que se le conoce como calor latente de transformación. La energía almacenada por la substancia en dicho proceso es:

$$Q = m\,L$$

... donde L es el calor latente de transformación.

Los materiales pueden almacenar energía, tanto por calor sensible como latente. En el caso más general, la cantidad de calor absorbido en las diferentes regiones estará dada por:

$$Q = m \int_{T_i}^{T_{fu}} Cp(T)\,dT + H^f + \int_{T_{fu}}^{T_v} C'p(T)\,dT + H_v + \int_{T_v}^{T_{fi}} C''p(T)\,dT$$

"EL SOL SALE PARA TODOS"

solarmex, s.a.

ALTA CALIDAD Y GARANTIA

PRIMER FABRICANTE DE CALENTADORES SOLARES

LE DA LA SOLUCION EN CALENTADORES DE AGUA PARA:

ALBERCAS, HOTELES, INDUSTRIAS, HOSPITALES, UNIDADES HABITACIONALES, UNIDADES DEPORTIVAS Y USO DOMESTICO

PARA MAYOR INFORMACION VISITE NUESTRAS INSTALACIONES EN:

PONIENTE 148 No. 519 COL. NVA. IND. VALLEJO 07729 MEXICO, D.F.

O LLAME A LOS TELS. 368-49 368-1355 FAX 368-5712

donde Cp (T), C'p (T), C"(T) son los calores específicos desde las faces respectivas: sólida, líquida y vapor; Hf y Hv son los calores de fusión y evaporación, respectivamente.

La transición de la fase sólido-líquido o calor de fusión es un medio atractivo para el almacenamiento de energía, ya que durante esta transición el cambio de volumen de la substancia es muy pequeño y se lleva a cabo a presión constante, con lo que se elimina la necesidad de utilizar recipientes presurizados.

En el proceso inverso, transformación líquido-sólido, la generación de núcleos sólidos y su crecimiento son factores necesarios para que éste se lleve a cabo. En esta etapa es donde se recupera el calor almacenado.

Al absorber una cierta cantidad de calor, en algunas substancias cristalinas se presenta un cambio de estructura interna (transición sólido-sólido). Este fenómeno también puede emplearse para almacenar grandes cantidades de energía térmica.

La magnitud de la energía involucrada en la transición, por unidad de peso o volumen, es un criterio básico para la selección del material idóneo para el almacenamiento de energía; sin embargo, también deben considerarse los siguientes factores:

a) Temperatura de fusión o transición apropiada para la aplicación específica.
b) Baja presión de vapor a la temperatura de operación.
c) Productos químicamente estables, no corrosivo, no venenosos, no explosivos, no inflamables.
d) Proceso de cristalización (solidificación) reproducible, no degradable.
e) Bajo o nulo sobreenfriamiento y alta velocidad de cristalización.
f) Bajo cambio de volumen.
g) Buena conductividad térmica.

De las substancias que han sido propuestas para el almacenamiento de energía por calor latente, ninguna cumple con todos los criterios mencionados (figura 1). Se puede dividir en tres grupos principales: parafinas, compuestos orgánicos (no parafínicos) y compuestos inorgánicos. Los inorgánicos se subdividen en tres grupos básicos: metales fundidos, sales hidratadas y sales eutécticas.

La principal ventaja del almacenamiento de energía por calor latente es que permite la realización de la carga y descarga de energía almacenada a una temperatura prácticamente constante: no obstante, en la mayoría de los sistemas propuestos se presentan algunos de los siguientes problemas:

a) Sobreenfriamiento. Este fenómeno consiste en la alteración de la temperatura de transición, por lo que durante la etapa de restitución de la energía, el material pasa por debajo de su temperatura de cambio, sin que éste se presente.

b) Irreversibilidad. Después de un cierto número de ciclos de cargadescarga de energía --lo que implica una serie continua de cambios de fase, el material tiende a segregarse impidiendo la continuación adecuada del proceso.

c) Limitaciones de transferencia de calor. La mayor parte de las propiedades térmicas de un material dado difieren grandemente en el momento en que cambia de fase. Por tal motivo, el diseño de los intercambiadores de calor es de suma importancia.

Almacenamiento químico de energía por calor de reacción

La energía involucrada durante la creación o destrucción de un enlace químico permite almacenar grandes cantidades de energía. Además, esta energía puede conservarse a temperatura ambiente durante mucho tiempo y ser entregada a temperaturas elevadas. De los principios descritos para el almacenamiento de energía térmica, el termoquímico es el que presenta mayores ventajas potenciales para su utilización; empero, su estudio sistemático es muy reciente.

En estos sistemas la energía pude ser almacena y restituida continuamente, ya que, en función de las condiciones de operación, el equilibrio de la reacción se desplaza en el sentido en que acumula la energía térmica suministrada; o bien en sentido inverso, en el que se recupera la energía almacenada y se regeneran los reactivos.

Para que un ciclo sea atractivo deberá poseer un elevado rendimiento en ambos sentidos de la reacción; ser estable en el tiempo y, además, conseguir que el proceso de separación de los productos de la reacción sea técnicamente factible a la temperatura de descomposición.

Las reacciones químicas que pueden ser empleadas para el almacenamiento de energía son numerosas. Se acostumbra clasificarlas en catalíticas y no catalíticas. Las primeras involucran la presencia de un elemento adicional o catalizador que favorece la realización de la reacción de recombinación de los productos en la etapa de restitución de la energía térmica.

Sin el catalizador, los productos de reacción presentan una velocidad de recombinación muy baja. La principal ventaja de este tipo de sistemas de almacenamiento radica en la facilidad de almacenar los productos de reacción en un sólo contenedor, sin necesidad de separarlos. Entre los problemas más importantes destacan los relacionados

5 DE JUNIO
EN EL DIA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE
NOS UNIMOS FESTEJANDO NUESTRO DECIMO
ANIVERSARIO TRABAJANDO PARA MEJORARLO
CALENTADORES SOLARES
SUNWAY DE
MEXICO, S.A. DE C.V.
● USO DOMESTICO, CALEFACCION DE ALBERCAS, HOTELES, ETC.
INFORMES: 686-9470
395-0041
● COLECTORES 100% DE COBRE GARANTIZADOS.
LIDER EN CALIDAD
Y EXPERIENCIA

con el catalizador, pues normalmente son productos costosos y de fácil contaminación.

La segunda clase de equilibrios químicos se basa en la descomposición térmica reversible de numerosos compuestos, preferentemente aquellos que generan productos en distinta fase, debido a que éstos deben separarse para evitar su recombinación. Los sistemas basados en las reacciones sólido-gas son los más comunes.

Existe una gran cantidad de productos minerales y orgánicos susceptibles de ser utilizados como almacenadores termoquímicos de energía, por lo cual se define una serie de criterios orientados a facilitar la sección de un sistema:

a) **Características de los reactivos.** Debe contemplarse su abundancia natural, el precio, el grado de pureza, la estabilidad, la toxicidad, su agresividad química y que de preferencia se maneje con tecnología conocida.

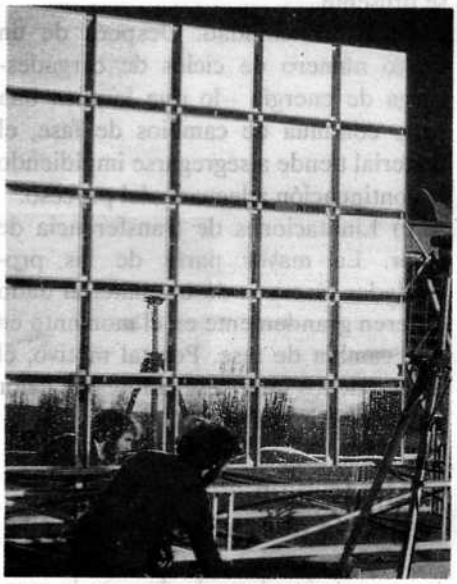
b) **Propiedades de la reacción.** No puede utilizarse eficientemente cualquier tipo de reacción reversible, por lo que es necesario considerar las propiedades termodinámicas y cinéticas del sistema cíclico. Se preferirán las reacciones rápidas, con buen rendimiento, sin reacciones laterales, con productos de volumen molar pequeño y que tengan un cambio importante de entalpia y entropía.

c) **Ingeniería química del sistema.** En este caso debe atenderse al diseño global del proceso, en particular a las tecnologías necesarias para la realización práctica de cada etapa. A pesar de que muchas de las reacciones son del dominio industrial, éstas no han sido empleadas en las condiciones requeridas para almacenar energía, lo que origina nuevos problemas tecnológicos a resolver.

Almacenamiento químico de energía por producción de hidrógeno.

La evaluación sistemática de la evolución de los sistemas energéticos empleados en el mundo permite aseverar que sea cual sea el método de producción y manejo de energía en el futuro, éste será necesariamente centralizado. Contrariamente a algunas tendencias ecológicas recientes, los hechos demuestran que regresar a las pequeñas comunidades autosuficientes es utópico. Aún con energía solar, la superficie necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de una empresa o de una ciudad seguramente será tan importante, que la inversión sólo podrá realizarse en terrenos cuyo valor comercial sea muy bajo por su escasa vocación productiva y por la lejanía de los centros de consumo.

El transporte eficiente de la energía desde el sitio de producción hasta el de consumo es un requerimiento indispensable para el desarrollo de las



fuentes energéticas renovables. A este medio de transportación se le conoce con el nombre de vector energético.

Un vector de energía que satisfaga las necesidades de los usuarios debe cubrir los siguientes aspectos: contar con una oferta suficiente de materia prima; ser preferentemente líquido o sólido para facilitar su manejo; presenta una alta densidad energética para reducir la cantidad de masa que será manejada; ser de fácil utilización; ser un material de baja toxicidad, lo mismo que sus productos de reacción y tener un tiempo de recirculación ambiental corto.

Los resultados de este análisis conducen a que el hidrógeno producido del agua es el candidato natural para tomar el papel de vector energético. Otros vectores energéticos como la electricidad y los combustibles sintéticos pueden cumplir parcialmente los requerimientos antes mencionados.

Entre las propiedades importantes del hidrógeno tenemos las siguientes:

a) Existe en cantidades prácticamente ilimitadas (H_2O como fuente natural).
b) Hay estudios enfocados a su producción, almacenamiento y aplicación.
c) No es contaminante (el producto de su combustión es el agua).
d) El estado actual de la tecnología de utilización y almacenamiento es totalmente seguro.

Las características favorables del hidrógeno se enfrentan al problema de su producción a gran escala con energía solar, por lo que deben investigarse nuevos métodos de producción y almacenamiento, así como l.a modificación o adaptación de los sistemas convencionales en los cuales se emplee como combustible.

En este sentido, existe la propuesta de disociar directamente el agua mediante calentamiento a temperaturas del orden de los 3 mil 500 grados centígrados, lo cual limita seriamente sus posibilidades de aplicación. Para disminuir dicha temperatura se a propuesto la asociación de un conjunto de reacciones donde la suma corresponde a la disociación del agua, los elementos adicionales se reciclan y las temperaturas son netamente inferiores. El esquema básico a continuación:

$$A + H_2O \text{ ----] } AO + H_2 \qquad T_1$$
$$AO + B \text{ ----] } AB + 0.50_2 \qquad T_2$$
$$AB \text{ ----] } A + B \qquad T_3$$

Este tipo de sistemas se encuentran actualmente en etapa de investigación, para buscar los compuestos químicos más atractivos y las menores temperaturas para operar. Los criterios de selección son similares a los descritos en el almacenamiento de energía por reacciones reversibles.

Conclusiones

n el presente trabajo se ha analizado revemente la situación que prevalece n el desarrollo de los sistemas de macenamiento de energía térmica olar. Destacan varios hechos relevan-s: en primer término se observa un esconocimiento generalizado de la im-ortancia del almacenamiento de ener-a en la adecuada utilización de los ecursos energéticos no renovables; por parte, las características de las entes no convencionales de energía ermiten concluír que no es exagerado irmar que sin soluciones adecuadas ara su almacenamiento y transporte, fícilmente se podrán tener aplicacio-es masivas.

Los sistema basados en el calor sen-ble de los cuerpos son los únicos que están siendo comercializados regular-ente. Principalmente se emplea agua liente y, en algunos casos, derivados compuestos orgánicos. Sin embargo, tos dispositivos son los que presentan enores niveles de energía almacenada por unidad de masa, con el inconveniente de las variaciones de temperatura y potencia durante las etapas de carga y descarga de energía. Debido a esto, su utilización se reduce a sistemas relativamente pequeños y para periodos cortos de almacenamiento.

El almacenamiento de energía por calor latente presenta ya algunas aplicaciones comerciales para la calefacción del hábitat en regiones de clima frío. Su potencialidad de aplicación a niveles de temperatura mayores es muy importante en virtud de las grandes ventajas que ofrecen estos sistemas , pero deberá realizarse aún trabajo de desarrollo tecnológico para su optimización.

En cuanto al panorama del almacenamiento de energía térmica basada en las reacciones químicas, es bastante incierto. Los grupos de desarrollo de este tipo de tecnología han avanzado con altibajos, como resultado, quizás, de la incertidumbre energética en que se vive actualmente. No obstante, estos sistemas son los que presentan las mejores características para el cabal aprovechamiento de la energía solar, entre las que deben destacarse su elevada capacidad de almacenamiento, el estrecho intervalo de temperaturas para carga y restitución, y, finalmente, la posibilidad de transportar la energía a lugares lejanos a su producción y almacenarla por largos periodos.

Referencias

[1] Memorias del I Taller de Almacenamiento Térmico de Energía.Editada por la Asociación Nacional de Energía Solar, la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. México, D.F., marzo de 1984.

[2] "Almacenamiento de energía térmica"

Romero-Paredes, H., J. Quintana y J.J. Ambriz.

Informe PRONAES 36.0211.043.099 Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D.F., febrero de 1985.

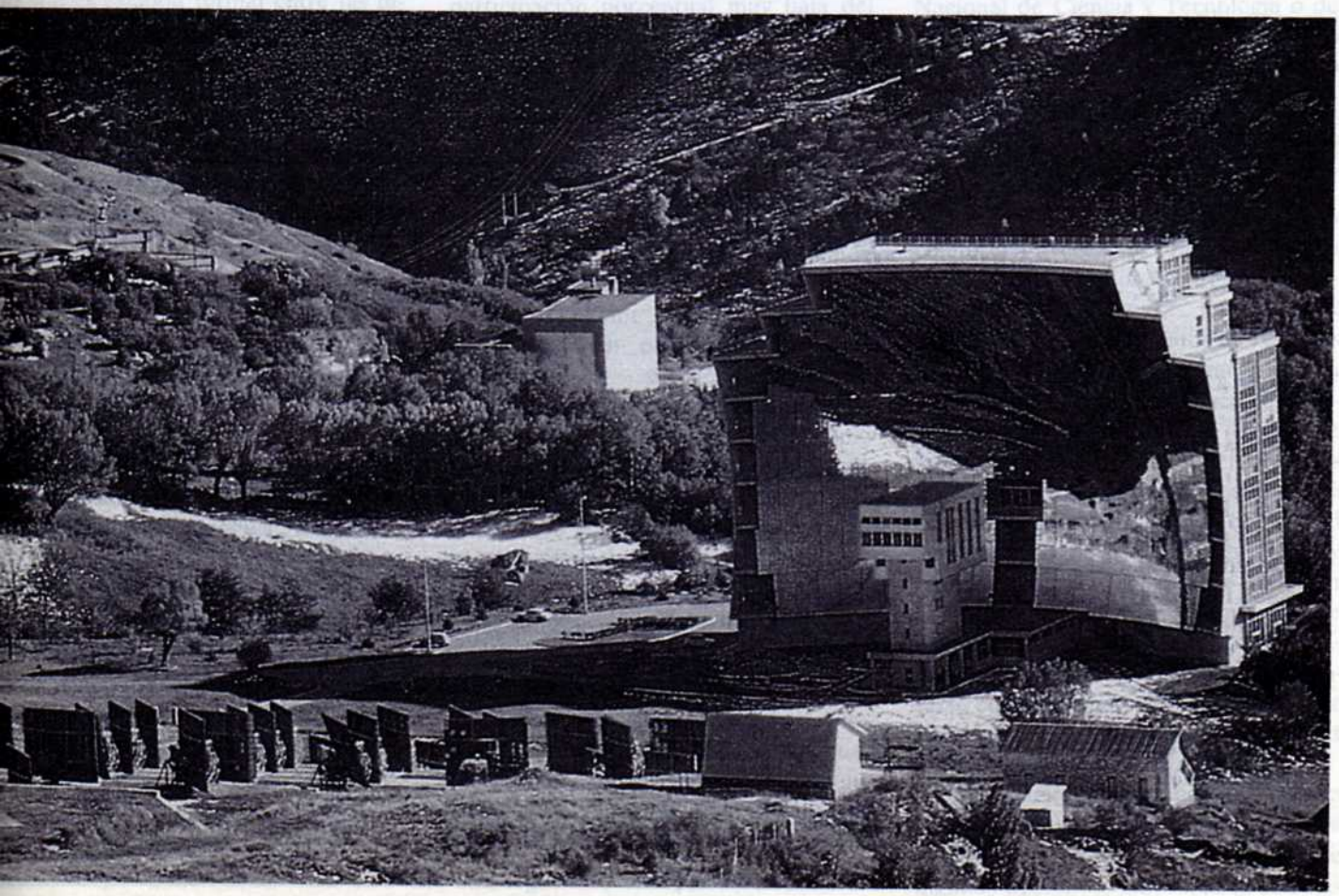


TABLA 1. **Densidad de Energía Almacenada Promedio**

Principio Almacenado	Densidad (MJ/m3)
Calor sensible (50°K de intervalo)	250
Calor latente	
(Hidratos de 20 a 150 °C)	350
(Fluoruros de 500 a 1000 °C)	1 300
Reacciones químicas (T elevadas)	3 500

TABLA 2. **Materiales de Almacenamiento por Calor Sensible**

MATERIAL	DOMINIO DE TEMPERATURAS (°C)								CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
	100	200	300	400	500	600	700	800	(KW/m3 C)
Gases									
– Helio a 80 bares	X	X	X	X	X	X	X	X	0.064 (600 °C
Líquidos									
– Agua pequeña esc.	X								1.16
– Agua gran escala		X	X						
– Líquidos orgánicos		X	X						0.6
– Sales fundidas		X	X	X	X				0.6
– Metales fundidos		X	X	X	X	X	X		0.3
Sólidos									
– Lecho de rocas	X	X	X	X	X	X	X	X	0.3
– Refractarios			X	X	X	X	X	X	0.5
– Arenas fluidizada		X	X	X	X	X	X	X	0.25
– Lecho de arena		X	X	X	X	X	X	X	0.3

Financiamiento a Proyectos de Desarrollo Tecnológico

e Caldera Muñoz*

n los países en vías de desarrollo, uno de los mayores obstáculos a la adaptación y rollo tecnológico es la carencia de nismos bien estructurados de ciamiento de riesgo compartido. sta forma, proyectos que alcan- un nivel de madurez adecuado mente pueden pasar a una segun- pa de asociación con la industria s pueda lanzar al mercado.

s mecanismos de riesgo compar- on el eslabón formal entre las in- ones de investigación y desarrollo as y sectoriales, así como del sec- ducativo, con las empresas de cción y/o servicios, las que even- ente recibirán la transferencia de ogía para comercializar y dise- socialmente nuevos productos y sos.

es que un país en vías de desarro- caracteriza -entre otras muchas porque su sector industrial está ompletamente marginado de las lades de investigación aplicada y rollo tecnológico.

contadas las industrias que esfuerzos por incrementar su titividad tecnológica. Aunado a las actividades de investigación y ollo tecnológico se realizan en un rcentaje financiadas por el Es- en instituciones de educación su- o institutos sectoriales del mismo, e a su vez se encuentran muy poco ados con el sector productivo.

a desvinculación tiene lugar porque están presentes dos sistemas de valores divergentes. En las instituciones de investigación y desarrollo públicas, la burocracia y la normatividad, así como una tendencia academicista en la evaluación del desempeño de los investigadores, crean un contexto poco flexible para dar respuestas apropiadas a problemas concretos. Por otro lado, una tradición "industrial" poco innovadora o más preocupada por problemas operativos, no es receptiva a la idea de la necesidad de innovación tecnológica. Todo ello se traduce en una participación porcentual muy baja del gasto en ciencia y tecnología en el PNB, además de una casi nula repercusión en el proceso económico.

La desvinculación entre las universidades y los institutos públicos de investigación y desarrollo con el sector industrial ha llegado a darse también en países como Estados Unidos, en donde las tesis del libre mercado y la fe en éste como regulador de la actividad económica han ocasionado un gran deterioro en su capacidad de innovación tecnológica -a excepción de la industria militar- frente a países como Japón, Alemania y la emergente Corea, en la cual el Estado juega un rol decisivo en la planeación estratégica de su evolución y desarrollo industrial.

En nuestros países, contar con un sistema científico y tecnológico casi totalmente financiado por el Estado y desvinculado del sector productivo, significa una muy clara limitación en los presupuestos disponibles para continuar con el trabajo en una línea de desarrollo tecnológico, una vez que se llega al punto de propuestas más ambiciosas.

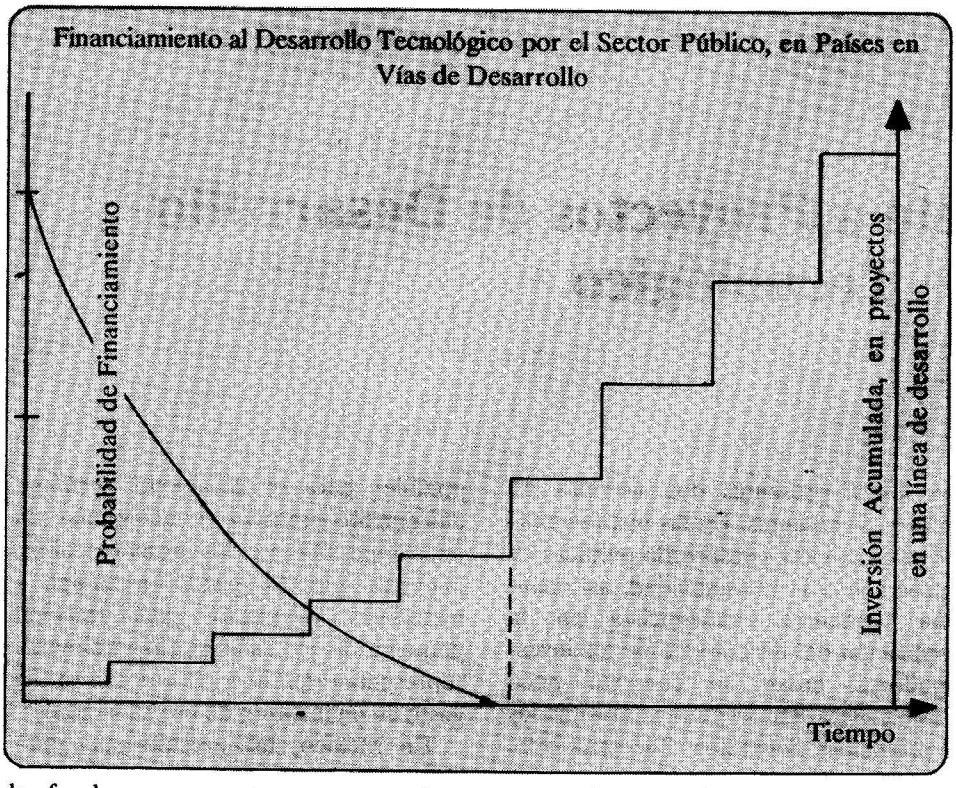
En general, los presupuestos disponibles para el desarrollo permiten únicamente empezar a incursionar en un campo durante los primeros años, mientras que los gastos en equipo y materiales significan una fracción pequeña de los salarios (generalmente representan del 70 a 80 por ciento del gasto en un instituto de investigación).

En México, los presupuestos ejercidos en los institutos sectoriales o dependientes de entidades de educación superior provienen de subsidios o aportaciones directas a proyectos de investigación, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología o de algunos otros organismos nacionales o internacionales con programas de apoyo a la investigación y desarrollo en campos definidos como prioritarios; por ejemplo, alimentos, energía, medio ambiente, etcétera.

La figura 1 muestra la situación común del proceso de financiamiento a través de subsidios y demás aportaciones. La figura 1a. muestra que mientras los requerimientos de recursos son mayores conforme se avanza en una línea de desarrollo tecnológico, la probabilidad de financiamiento disminuye hasta llegar a cero. Esto repercute en la eficacia de los proyectos, puesto que cuando ya se cuenta con un buen nivel de desarrollo, de infraestructura física y humana; cuando ya se tiene un buen acerbo bibliográfico, equipo de laboratorios e incluso laboratorios específicos, se prepara una propuesta de proyecto con metas más ambiciosas y mayor costo y nos encontramos con que no es posible conseguir financia miento.

La situación afecta negativamente la permanencia dentro del Sistema Nacional de Investigadores, puesto que algunos miembros enfrentan problemas

de Investigaciones Eléctricas
postal No. 475
a, 62 000, Morelos



de fondos a proyectos que exceden varias decenas de millones. Los resultados tanto en cantidad como en calidad tienen una posible relación directa con los recursos disponibles; a falta de éstos, la consecuencia inmediata son magros o nulos resultados. Esto plantea una situación contradictoria entre las condiciones actuales de financiamiento a la investigación y el desarrollo y los requerimientos de productividad y calidad para permanecer en el Sistema Nacional de Investigadores.

Los relativamente bajos recursos obligan a regresar a proyectos más pequeños. A seguir bordando sobre lo mismo. Dentro de un proceso inflacionario el nivel de recursos sufre una disminución real. Los grupos se desmoralizan y fraccionan; unos buscan trabajo en la industria, otros se van al extranjero. Parte de la infraestructura se vuelve obsoleta y la capacidad de realización del grupo se ve disminuida.

Este proceso, harto conocido en México, es la "campaña de entusiasmo" plasmada en la figura 1b. Denota la mecánica específica del ciclo de vida de una línea de desarrollo tecnológico dentro de un instituto de investigación público, porque mientras la disponibilidad total de recursos en éste, pudiera crecer al mismo ritmo que el PNB, la tasa de crecimiento anual del gasto de una línea de desarrollo tecnológico se puede dar en un rango alrededor del 30 por ciento.

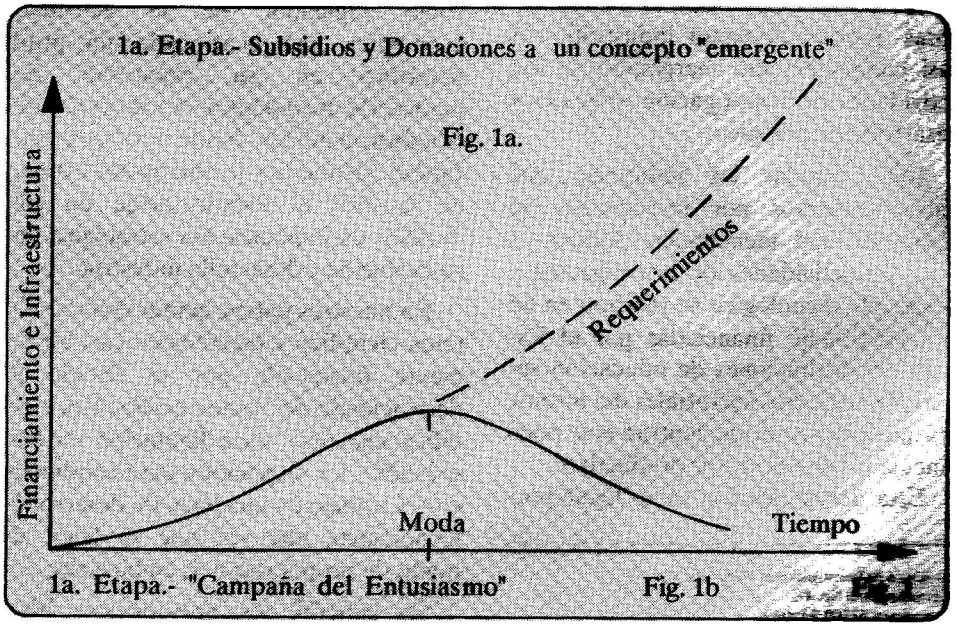
Por otro lado, son varios los grupos de trabajo que compiten por presupuesto dentro de la misma institución. Así, en el transcurso de varios años se bloquea la capacidad de financiamiento a un nuevo proyecto en un línea que ha madurado.

Esto significa, paradójicamente, que cuando un grupo de trabajo alcanza una masa crítica, ha adquirido experiencia y formado una infraestructura física para poder abordar proyectos de mayor embergadura, en ese momento los investigadores se quedan literalmente colgados de la brocha.

La razón fundamental de esta situación es la carencia de un mecanismo formal de vinculación sectorial entre los institutos de investigación y desarrollo y las empresas productivas. Un mecanismo que permita contar con capital de riesgo, asistencia en los estudios de mercado y rentabilidad de la inversión, así como en los aspectos relativos a transferencia de tecnología. Y mediante el cual se obtenga apoyo tanto a los institutos como a las empresas potencialmente receptoras del desarrollo tecnológico.

Este es un juego de muchos que requiere estar organizado. El centro delantero de la organización es el mecanismo de financiamiento denominado riesgo compartido, que en términos correctos debería ser llamado **Coinversión en desarrollo Tecnológico** de las instituciones de Fomento Industrial y Comercio Exterior.

Los subsidios y aportaciones a las instituciones de investigación y desarrollo son la primera etpa de financiamiento. La coinversión en Desarrollo Tecnológico constituye la segunda etapa. Por último, la inserción directa de la industria y los servicios para su comercialización es la Inversión en Innovación, que se refiere a las inversiones en nuevas plantas o líneas de manufactura o proceso, para lanzar al mercado el



nuevo producto. Ilustramos el caso en la figura número 2.

Desde el inicio de la segunda etapa, nos encontramos con una problemática que escapa a las habilidades y experiencia del grupo de investigadores que ha logrado un cierto nivel de desarrollo tecnoógico alrededor de un nuevo producto/proceso. La coinversión misma es el inicio de un contrato de transferencia de tecnología que implica generalmente licencias de uso de patentes, certificados de invención o cualquier otra forma de propiedad industrial. Incluye también estudios de mercado, análisis financieros y estudios de rentabilidad del nuevo producto.

La inserción en el mercado internacional requiere, además, de un análisis comparativo con la competencia actual y potencia, así como la compatibilidad con estándares internacionales y otras cuestiones, problemática que está fuera del alcance de un grupo técnico de investigación que trabaja en nichos muy específicos de la ingeniería, la física, la química, la biología, las ciencias de materiales, etcétera.

Este es el otro frente que las instituciones de fomento deben cubrir, como apoyo al desarrollo tecnológico, así como del industrial -candidato a recibir la transferencia tecnológica.

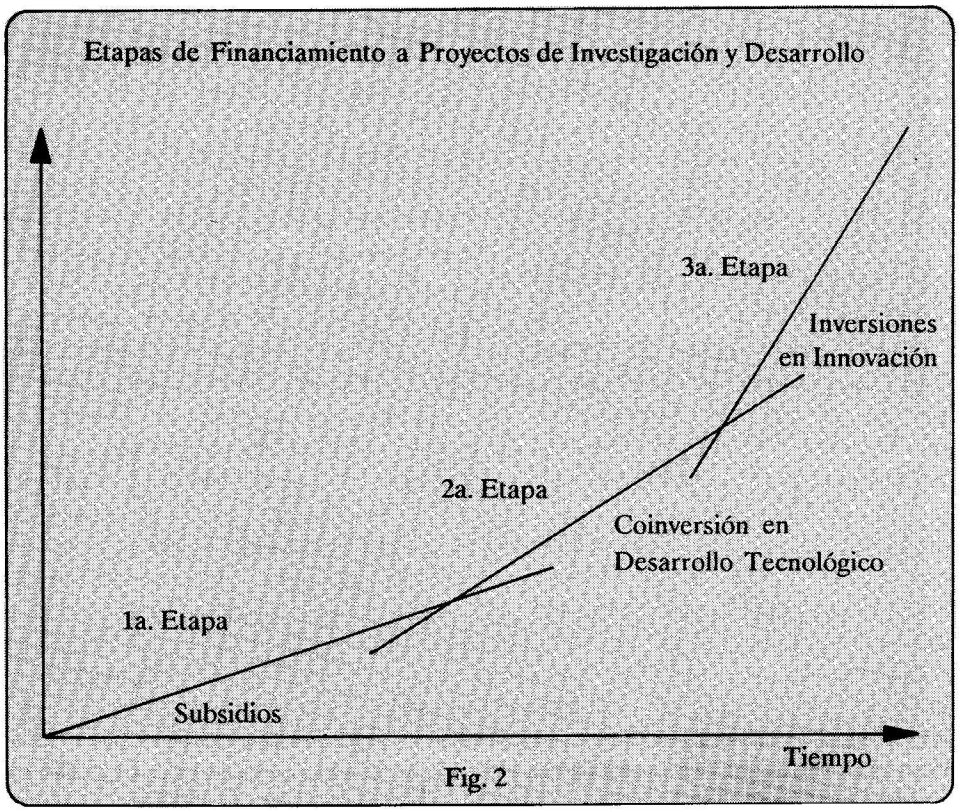


Fig. 2

Rectoría económica del Estado y su vinculación con una política de desarrollo industrial

La competitividad comercial en una economía globalizada depende de la posibilidad de encontrarse en la batalla tecnológica en calidad de innovador. Afortunadamente, la diversidad y pluralidad de un mercado globalizado presenta infinidad de nichos de productos y servicios específicos, donde los países en vías de desarrollo pueden insertarse ventajosamente. Esto es posible en la medida en que las administraciones gubernamentales y las instituciones del Estado entiendan que un elemento fundamental de la rectoría económica es llevar adelante una política de desarrollo industrial y de comercialización exterior que parta del conjunto de necesidades y oportunidades que el país plantee y se apoye básicamente en una estrategia de desarrollo tecnológico.

Participar dentro de un mercado globalizado no depende tanto de acuerdos comerciales -los que sirven para reducir o eliminar barreras que penalizan el precio final de venta al consumidor potencial. El verdadero y fundamental problema es encontrar la manera de producir bienes y servicios que por calidad y precio constituyan una real opción de compra para el usuario final.

De este modo, la batalla por lograr insertarnos en un mercado globalizado estriba en el tipo de frente tecnológico con el que contemos, no sólo en el diplomático.

Necesidad de una política nacional de desarrollo industrial

Si la tecnología es saber hacer, es claro que tiene peculiaridades culturales y nacionales respecto de las características específicas de los recursos naturales y el medio físico-climático. Una cosa es saber hacer tequila y otra hacer cognac. No es lo mismo cultivar fresas en Irapuato que hacerlo en Hamburgo mediante invernaderos.

El conocimiento científico tiene universal. La tecnología es particular, al extremo de que cada problema específico tiene una solución específica. Si un país organiza y desarrolla su base tecnológica, puede dar soluciones particularizadas a sus problemas. Todo proceso de transferencia tecnológica es un proceso de asimilación a través de adaptación. La transferencia como transplante no existe y todo tipo de intento en este sentido fracasa.

Las características de nuestro medio físico y los recursos naturales disponibles determinan requerimientos de tecnologías propias para un óptimo aprovechamiento de los mismos. El "saber hacer" que es la tecnología tiene connotaciones espacio-temporales y culturales que significan "saber hacer" lo que necesitamos nosotros, como categoría de especificidad. Lo mismo sucede al producir para el mercado externo, aunque haya que hacerlo de acuerdo con especifiaciones y normas internacionales en aquellos productos que pretendemos sean competitivos en ese mercado.

En otras palabras, la producción de equipos y sistemas para generación eléctrica, por ejemplo, deberá hacerse conforme estándares internacionales; pero la configuración del Sistema Eléctrico Nacional será única, conforme a nuestros recursos, geografía, organización social y política, hábitos de consumo, etcétera.

Al lado de esta problemática específica de cada país existen frentes tecnológicos de naturaleza global, ante

los cuales también requerimos una política de desarrollo tecnológico. Estos son: informática y electrónica, materiales y biotecnología principalmente, así como sus derivaciones e implicaciones en diversas ramas industriales.

Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología

El Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de un país está constituido por un conjunto de instituciones de investigación básica, de desarrollo tecnológico, públicas o privadas, que organizan y estructuran los recursos humanos altamente calificados y especializados del país. Es la infraestructura básica para impulsar el desarrollo económico, ya que significa la capacidad social para transformar el entorno físico natural en medio ambiente cultural; es decir, los bienes y servicios a través de los cuales se expresa la condición humana.

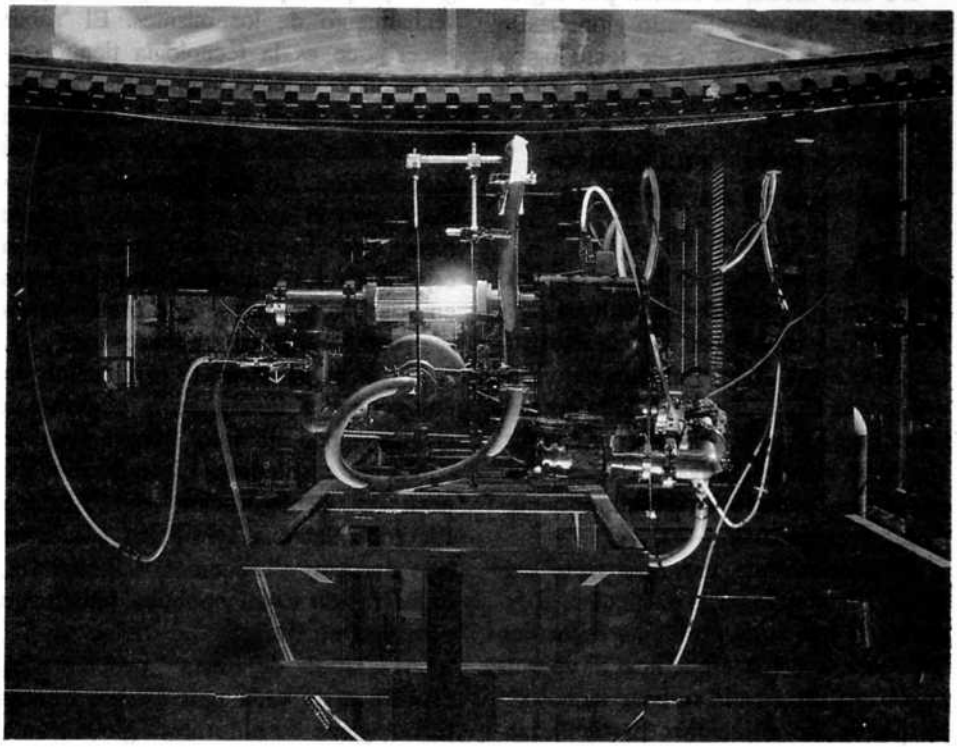
Esta infraestructura sólo puede ser fuente de riqueza, cuando el Estado entiende claramente su función y lo que debe esperar de ella. En México se empieza a tomar conciencia de este efecto motriz básico para su economía, de todo lo que puede proporcionar la fuerza organizada de los científicos, tecnológicos e ingenieros.

Pero no basta la organización de centros e institutos de investigación y desarrollo; hace falta, además, crear una política nacional de desarrollo industrial que arranque desde la agricultura y se proyecte a los servicios, sin descuidar la importancia de ser competitivos en un mercado globalizado.

La vinculación de las universidades y los institutos de investigación y desarrollo sectoriales públicos y privados con la agricultura, la industria extractiva, la manufacturera o el sector de servicios no es resultado de su voluntad por vincularse. Es cuestión de un eslabón formal. Se requiere de instituciones de fomento industrial que aporte capital de riesgo y coordinación, para poder hacer pasar a un producto del nivel de prototipo de laboratorio a la copia repetitiva que es su producción industrial.

Es aquí donde se juega el papel clave de la rectoría económica del Estado: en la vinculación de sus recursos humanos más calificados con su infraestructura industrial y de servicios; en el conducir la evolución de esta última conforme al crecimiento de las necesidades de la nación y el desarrollo científico-tecnológico mundial.

Sin embargo, la vinculación formal sólo es eficaz cuando en las propias instituciones de fomento se tiene un cuadro de prioridades bien definidas, aprobación de proyectos y un buen nivel de coordinación intersectorial y gubernamental para promover los desarrollo tecnológicos que conduzcan a innovaciones sectoriales consideradas estratégicas.



Y un alto nivel de coordinación sólo puede derivarse de un plan estratégico nacional de desarrollo industrial, orientado a satisfacer mercados nacionales, sustituir importaciones y competir ventajosamente en mercados internacionales. Este plan es indispensable porque nuestra economía, histórica y globalmente, ha evolucionado de una economía basada, primero en recursos naturales y luego en el conocimiento tecnológico.

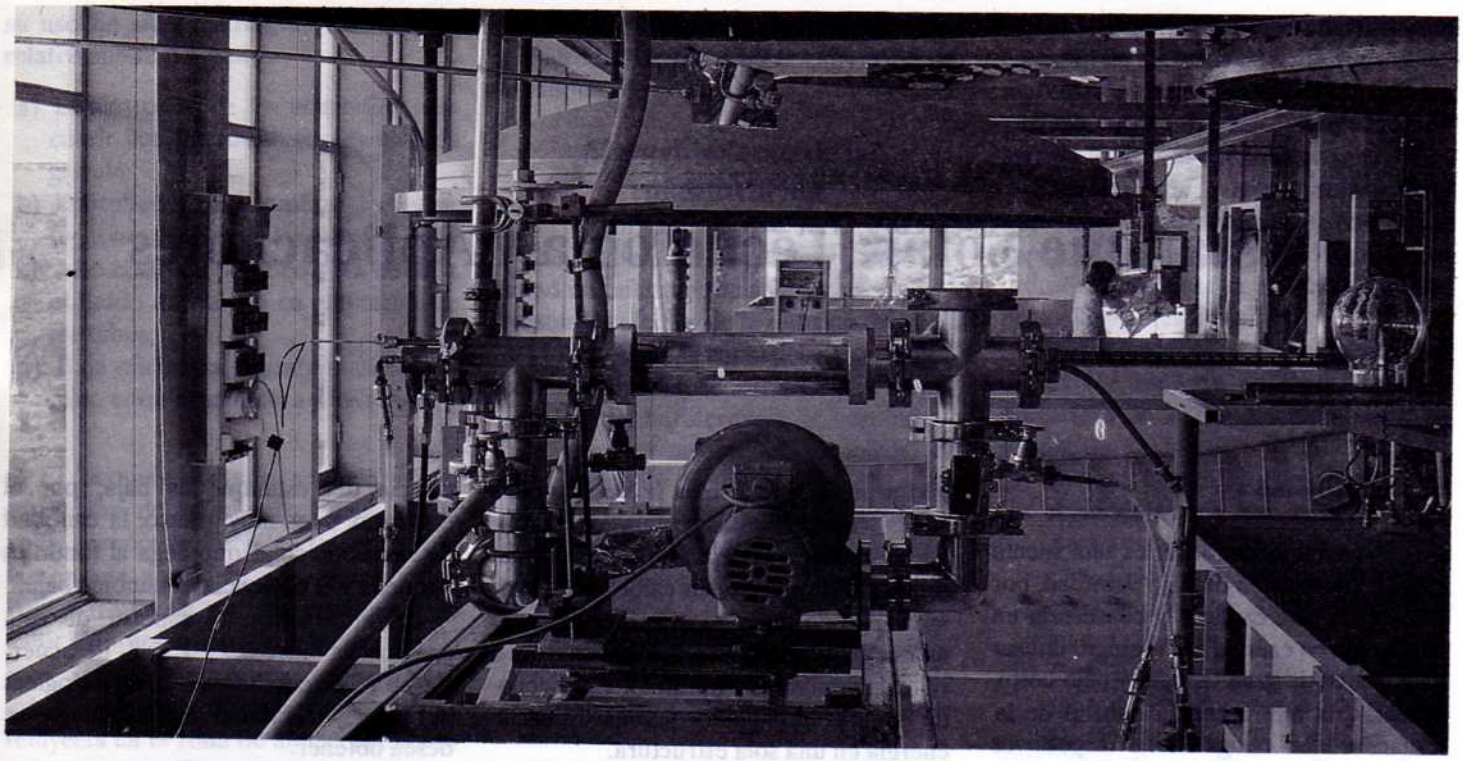
Se trata fundamentalmente de un problema de voluntad política. Por ello es importante definir en qué aspectos sectoriales pretendemos tener un nivel de competencia defensivo, y en qué otros un nivel de excelencia internacional, para poder aspirar a cubrir una parte de ese mercado.

El eslabonamiento formal se hace de acuerdo con una planificación estra- tégica de carácter nacional. Para ser eficaz debe ser democrática; permitir la par ticipación, por un lado, de la comunidad científico-tecnológica, y por otro, de los sectores públicos, sociales y privados.

Financiamiento al desarrollo tecnológico

La innovación industrial requiere de una actividad de investigación y desarrollo cada vez más formal, en la medida en que las empresas se mueven en campos de tecnología avanzada. Innegablemente, ésta se gesta en los centros de investigación y desarrollo privados, dependientes de grandes trasnacionales.

Si nos referimos a la innovación social, esos grandes centros privados, junto a los institutos sectoriales de investigación y desarrollo de carácter público, constituyen el punto de partida de los procesos de innovación que han cambiado la fisonomía del mundo actual. Para los consorcios industriales del sector privado involucrados en investigación y desarrollo, el financiamiento a la investigación básica, aplicada y al desarrollo tecnológico,



tiene una clara perspectiva hacia un producto industrial y la cobertura parcial de un nicho de mercado.

El financiamiento se da desde una pequeña asignación no burocrática de fondos para la prueba de un concepto, hasta un plan de inversiones en capacidad productiva para lanzar al mercado un nuevo producto. En los países en vías de desarrollo, ya se trata de la investigación y desarrollo en el sector público, en las universidades o institutos sectoriales, la historia, la triste historia, es otra.

Aquí, frecuentemente escuchamos la acusación de que los laboratorios de investigación y desarrollo de las universidades e institutos de educación superior están desvinculados del sector productivo. También escuchamos que el grueso de la pequeña y mediana industria está poco interesada en vincularse con tales centros e institutos para mejorar su nivel tecnológico.

Es cierto que en las condiciones actuales es posible y necesaria una mayor vinculación entre ambos sectores. Uno de los objetivos de la actual apertura comercial es forzarla a esto; el meollo del asunto radica en establecer un eslabón formal de vinculación, que no es otro que un mecanismo permanente de financiamiento para la investigación y el desarrollo, para el pasado intermedio entre la prueba de concepto y el prototipo experimental, y la inversión industrial para la producción orientada a un nicho de mercado.

Este paso intermedio es el financiamiento a la unida demostrativa o la planta piloto, cuyo nivel de presupuesto como proyecto es significativo dentro del contexto de un centro de investigación y desarrollo. Financiamiento que, como inversión en desarrollo tecnológico, es muy onerosa para una pequeña o mediana empresa.

El eslabón lo constituyen la banca o instituciones de fomento industrial, para contar con recursos cuando un desarrollo tecnológico a nivel de prueba de concepto o prototipo experimental demuestra viabilidad técnica y los estudios de mercado evidencian un potencial de aplicación rentable.

Conclusiones

El tema es vasto, con muchas implicaciones, pero al menos pretendemos establecer claramente algunas de ellas. La primera es que el financiamiento tradicional a las instituciones públicas de investigación y desarrollo sólo se han cubierto -y en general de manera restringida en una primera etapa del desarrollo tecnológico al rededor de cada línea de investigación y desarrollo.

La vinculación real y significativa entre los institutos sectoriales de investigación y desarrollo con la industria sólo será posible mediante un eslabón formal de coinversiones y a través de instituciones de fomento industrial y comercio exterior; éstas deberán dar su aportación en los aspectos legales, de mercado y económicos asociados a un contrato de transferencia de tecnología, al entrar en la fase de proyectos demostrativos o planta piloto alrededor de nuevos productos o procesos.

Por último, sólo seremos eficaces al eslabonar la infraestructura nacional en ciencia y desarrollo con los sectores productivos de bienes y servicios en tanto contemplemos de una manera comprehensiva una estrategia nacional de desarrollo industrial y de comercio exterior. Al hacerlo, podremos insertarnos de manera competitiva en diversos nichos de un mercado globalizado.

El consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de sus mecanismos de riesgo compartido, está asumiendo responsabilidades de promoción a desarrollos tecnológicos que ya superaron la primera etapa. Pero es necesario que más instancias de fomento industrial afinen sus mecanismos para incrementar el espectro potencial de desarrollo tecnológico de México. El país se moderniza, lo cual exige más de quienes tienen la responsabilidad de conducir por buen camino estos cambios. ●

Denver, Colorado
United States of America
August 19-23, 1991

1991 World Congress of the International Solar Energy Society

Contact: American Solar Energy Society • 2400 Central Avenue, B-1
Boulder, CO 80301 • 303-443-3130

LA REVISTA **SOLAR**

Una publicación para los interesados en el Sol y otras energías renovables

Durante varios años, LA REVISTA SOLAR fue una publicación exclusiva para los miembros de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES). Hoy en día, nuestra nueva política de difusión permite la suscripción para todo el público, con lo cual un número mayor de personas puede introducirse al mundo de la energía sólas y otras fuentes renovables.

Para obtener una suscripción a esta publicación trimestral, escriba datos en el siguiente cupón, recórtelo y envíelo junto con cheque o giro postal a:
ANES. Apartado Postal 20-633.
01000 México, D.F.

PRECIO DE LA SUSCRIPCION ANUAL: 12,000.00 M.N.

Solicitud de suscripción

Nombre _____
APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO NOMBRE

Domicilio _____
CALLE NUMERO

NUMERO ANTERIOR COLONIA CODIGO POSTAL

CIUDAD ESTADO TELEFONO

Estanque Solar: Tecnología y Aplicaciones

Dr. Jorge M. Huacuz V*

La radiación solar es una fuente de energía de baja densidad, por lo que captarla y convertirla en una fuente en energía útil requiere utilizar dispositivos de gran tamaño y bajo costo. Además, la intermitencia natural de la radiación solar obliga a usar dispositivos de almacenamiento de la energía captada, lo cual invariablemente hace más caros y complejos los sistemas.

El estanque solar es un dispositivo que sirve para la captación, conversión y almacenamiento de la energía solar en gran escala, a temperaturas menores de 100° C. En su presentación más común, el estanque está constituido por un reservorio abierto que contiene agua, a la cual se le ha adicionado sal. Se ha establecido un gradiente de concentración que se incrementa con la profundidad, sin alterar sustancialmente sus propiedades ópticas.

Al penetrar la radiación solar en el interior del estanque, una buena porción de energía es atrapada en las aguas del fondo, debido al peso de la sal disuelta. Así, la temperatura en esa parte del estanque se incrementa y en ocasiones llega al punto de ebullición de la salmuera, mientras la superficie del agua permanece a temperaturas similares a las del medio ambiente.

La energía captada se recupera extrayendo la salmuera caliente del fondo, pasándola a través de un intercambiador de calor y regresándola nuevamente al fondo del estanque para su recalentamiento.

La energía extraída en el intercambiador puede utilizarse en procesos industriales o agrícolas. Las ventajas del estanque frente a otros captadores de energía solar que proporcionan calor en el mismo rango de temperaturas incluyen: un menor costo (derivado del uso de materiales abundantes y baratos), y el hecho de integrar el captador y almacén de la energía en una sola estructura.

El estanque solar es prácticamente insensible al paso de nubes y puede operar las 24 horas del día por periodos prolongados de ausencia de radiación solar.

Estructura del estanque solar

Se ha observado en la práctica que los estanques solares constan de tres zonas: una capa superficial convectiva, una zona de gradiente no convectiva y una segunda capa convectiva en el fondo.

La capa superficial convectiva es resultado de la interacción de la superficie del agua con el medio ambiente. Es una característica indeaseable de los estanques, ya que crece siempre a expensas de la zona de gradiente por debajo de ella y puede llegar a disminuir considerablemente la eficiencia de este sistema. Típicamente esta zona tiene un espesor cercano a los 40 cm., y los esfuerzos tecnológicos se encaminan a evitar su crecimiento bajo la influencia de fenómenos atmosféricos como la lluvia, el viento, etcétera.

Por el contrario, la zona de gradiente es un elemento indispensable para la operación normal. En ella existen gradientes de temperatura y densidad que se incrementan hacia el fondo. Esto permite crear un efecto de invernadero al dejar pasar la radiación solar y evitar la salida de calor. Esta zona tiene un espesor óptimo: si es muy delgado, las pérdidas térmicas son grandes y la eficiencia del estanque es baja; por contrario, si es muy grueso, la cantida de radiación solar que llega al fondo pequeña y la eficiencia es también baja

En la práctica, el espesor de es zona oscila entre 0.9 y 1.3 m., de acue do con las condiciones climatólogic del lugar y la calidad de energía que desea obtener.

La capa conectiva en el fondo actú como almacén de energía. Su gran ma hace que el estanque sea relativamen insensible a fluctuaciones en la insol ción y en la temperatura ambiente, que facilita los procedimientos de extra ción de energía. El máximo espesor esta zona está fijado por co sideraciones de tipo económico, ya qu en ella existe la mayor cantidad de sa En la práctica el espesor oscila ent uno y dos metros, y la concentración sales entre 15 y 23 por ciento, para e tanques con cloruro de sodio.

Operación y mantenimiento

Una vez que fue llenado, un esta que solar tarda algún tiempo en alca zar las condiciones adecuadas de oper ción. Este periodo de calentamiento i cial varía en magnitud en relación con tamaño del estanque, las condicion climatológicas del lugar y las caracteri ticas del terreno en que fue construido

Extracción de energía

Existen dos formas probadas para e traer la energía con propósitos prác cos: una consiste en colocar en el fond del estanque un intercambiador calor construido con tubos en un arr glo serie-paralelo. Este método prese ta los siguientes problemas, por lo qu

*Instituto de Investigaciones Eléctricas
Depto. Fuentes no Convencionales de Energía
Apartado 475, Cuernavaca, Morelos
62 000 México

su uso ha sido restringido a estanques relativamente pequeños:

a) El alto costo de los materiales para cubrir con intercambiadores un área grande;
b) Dificultades para localizar y reparar fugas ocasionales en los tubos;
c) Alto costo de bombeo para circular el fluido de trabajo en el interior de los tubos;
d) Baja eficiencia del intercambio térmico entre la salmuera y los tubos.

El segundo método se basa en la extracción de salmuera caliente de la zona convectiva inferior, sin perturbar la zona de gradiente. La salmuera circula a través de un intercambiador de calor externo, en donde cede su energía para aplicación práctica. La salmuera más fría que sale del intercambiador se reinyecta en la zona de almacenamiento del estaque. El principal problema asociado con este método estriba en mantener las condiciones de operación dentro de los límites críticos, con objeto de evitar perturbaciones en la zona de gradiente. Por las ventajas que ofrece es el método favorito para la extracción de estanques de gran tamaño.

Mantenimiento de la concentración

Debe mantenerse el gradiente de densidad en un estanque solar para contrarrestar los efectos de la difusión de sales del fondo hacia la superficie. La rapidez con que la sal se difunde en forma natural, con la diferencia de concentración que existe en el estanque es aparentemente pequeña (de 60 a 80 g/m^2 día). Para estanques de gran tamaño, la cantidad total es considerable. Oscila alrededor de 20 mil toneladas al año por Km^2.

Las técnicas siguientes han sido propuestas para mantener el gradiente de concentración:

Estanque en cascada.- Consiste en imprimir un movimiento lento al agua para que vaya hacia el fondo del estanque, de modo que se compense el movimiento de la sal hacia arriba.

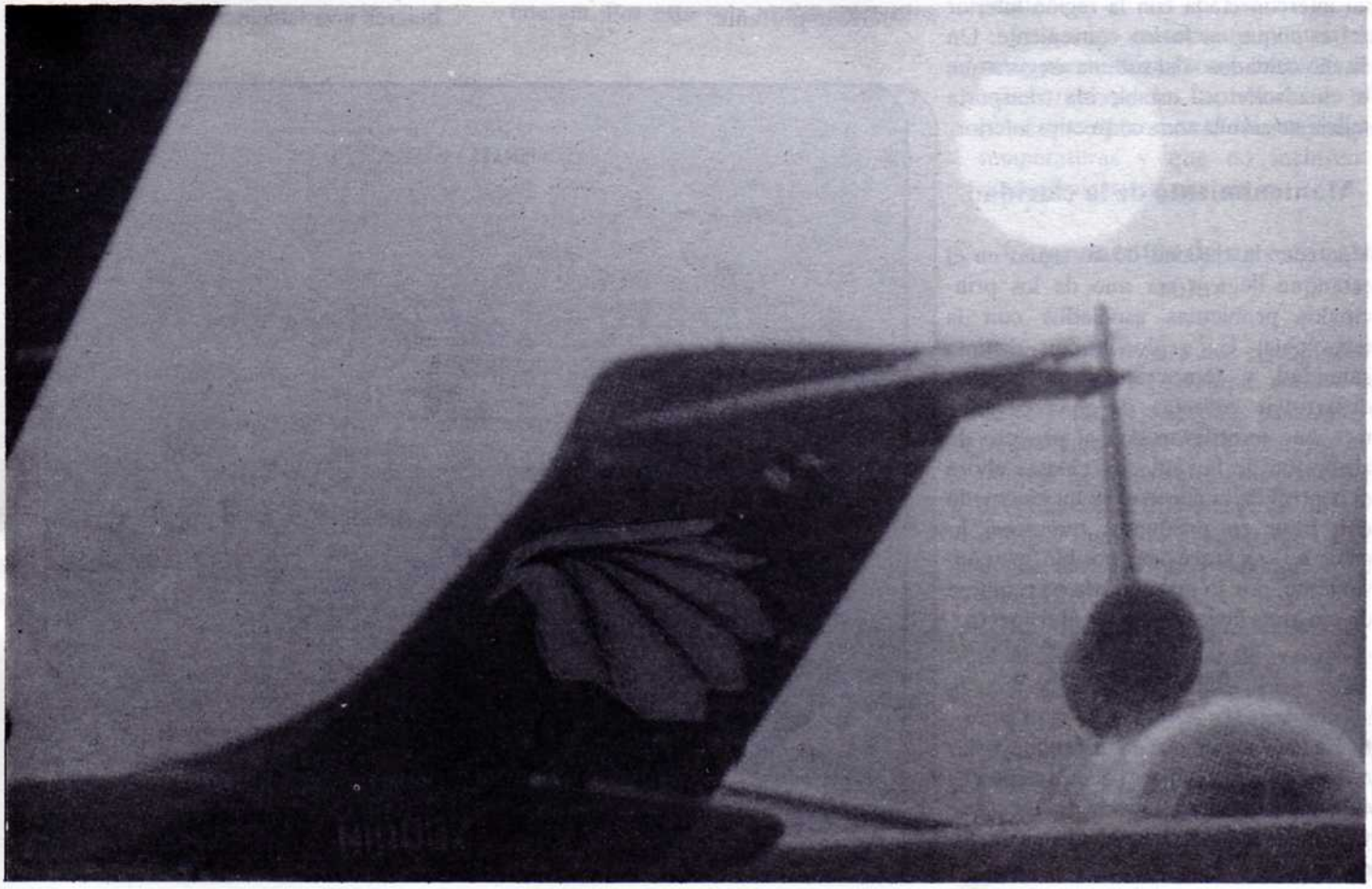
Esto se logra removiendo determinada cantidad de agua sin sal de la zona de almacenamiento y adicionándola en la superficie. Así no hay necesidad de agregar más sal al estanque en operación.

Sistema de tres terminales.- Mediante esta técnica se remueven de la superficie las sales que ahí llegaron por difusión y se agregan al fondo cantidades equivalentes de sal.

Este método tiene las siguientes variantes (la selección de alguna de ellas dependerá de la disponibilidad local de recursos):

i) **Sistema básico**. Puede aplicarse en regiones donde hay agua y sal en abundancia. Se trata de "lavar" la superficie con agua pura (o de mar), e inyectar en el fondo salmuera saturada.
ii) **Con evaporación**. En este caso el agua de lavado pasa a una laguna de evaporación, en donde se concentra hasta que su densidad es igual a la densidad de la salmuera en el fondo del estanque.

De ahí se reinyecta en el fondo del estanque, de modo que sea posible



mantener constante el inventario de sales del sistema. Este método es particularmente útil en regiones donde la tasa de evaporación del agua es alta y se cuenta con terreno suficiente para la construcción de las lagunas de evaporación.

iii) **Con circuito inferior cerrado.** En sitios donde existe sal de roca este método puede ser útil. Se extraen en forma continua pequeñas cantidades de salmuera de la zona convectiva y se circulan lentamente a través de una cama de sal. Luego se reinyectan en el estanque, por debajo del nivel de extracción. Esta operación se realiza en circuito cerrado. La superficie se lava, como en los casos anteriores.

Método pasivo.- Este método ha sido propuesto para evitar el uso de bombas en la recirculación de salmuera en el caso iii) comentado anteriormente. Se basa en la circulación natural de la salmuera, causada por diferencia de densidades. Esto ocurre al tener la cama de sal interconectada con la región inferior del estanque en forma conveniente. Un diseño cuidadoso del sistema asegura que la circulación así establecida transporte suficiente sal a la zona convectiva inferior.

Mantenimiento de la claridad

Mantener la claridad de las aguas en el estanque llega a ser uno de los principales problemas asociados con la tecnología. En regiones con distinta salinidad y temperatura se pueden desarrollar colonias de microorganismos que interfieran con el proceso de absorción de la radiación. Hasta ahora el control de la claridad se ha efectuado con base en productos químicos, lo cual no siempre es posible o conveniente, por lo que todavía se requiere de mayores investigaciones al respecto.

Eficiencia

La eficiencia de un estanque solar estriba en la relación que existe entre el calo útil extraído del fondo del estanque y la radiación solar incidente en la superficie. El calor útil extraído es a su vez proporcional a la energía acumulada en la zona convectiva inferior, la cual depende de qué tan grandes o pequeñas son las pérdidas de energía para el fondo y las paredes del estanque.

Muchos factores determinan este proceso, incluso el material de que está hecho el estanque, su humedad y grado de compactación, así como la existencia y movimiento de aguas freáticas. Las pérdidas en la parte superior del estanque dependen del espesor y fuerza del gradiente de contracciones.

En la figura 1 se presenta en forma esquemática el balance térmico de un estanque solar típico. Alrededor del 65 por ciento de la energía recibida en la superficie se absorbe en las dos primeras zonas. Del total, sólo entre el 15 y el 20 por ciento es energía acumulada en la zona convectiva inferior. Una vez saturado térmicamente, el suelo del estanque actúa como almacén de energía; cede calor en los periodos de baja insolación.

Las pérdidas térmicas a través de las paredes pueden llegar a ser significativas, especialmente en estanques pequeños, donde la relación del área de la pared al área de la captación se vuelve importante.

Aplicaciones

Podemos distinguir dos tipos de aplicación del estanque solar: el que utiliza calor extraído del estanque y el que usa el calor ubicado dentro del propio estanque. En el primer caso se requiere un intercambiador de calor y un fluido de trabajo, como ya se describió. A este grupo pertenecen: el calentamiento de edificaciones urbanas y agropecuarias, el secado de productos agrícolas o industriales, la desalación de agua de mar, la producción de frío para climatización de viviendas o preservación de productos perecederos, el abastecimiento de calor a procesos industriales y la generación eléctrica.

En las dos primeras aplicaciones el fluido de trabajo es generalmente aire, y la extracción de energía del estanque requiere de intercambiadores de calor salmuera/aire. En la desalación, la propia agua de mar actúa como fluido de trabajo y recibe el calor de la salmuera a través de intercambiadores de superficie.

La producción de frío puede lograrse con máquinas de compresión o con máquinas de absorción; las primeras requieren invariablemente electricidad para

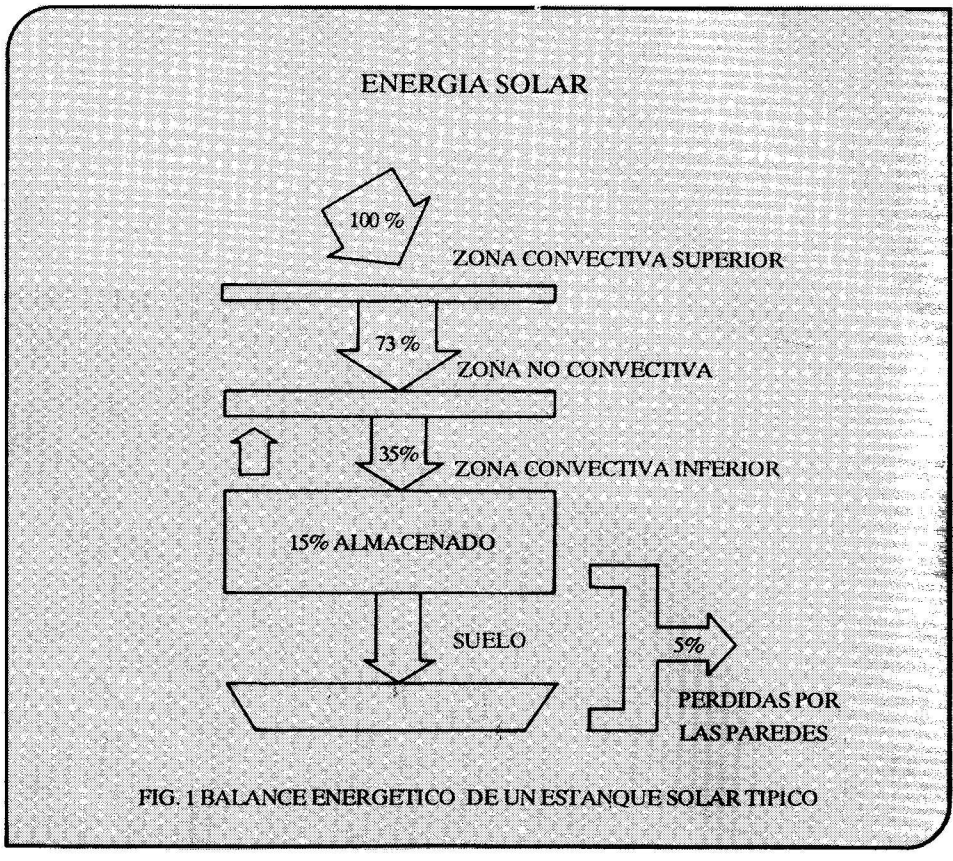


FIG. 1 BALANCE ENERGETICO DE UN ESTANQUE SOLAR TIPICO

operar, mientras que las segundas pueden usar el calor de la salmuera, ya sea que ésta alimente directamente al generador de la máquina de absorción o que un fluido intermedio como el agua reduzca los problemas de corrosión.

En el abastecimiento de calor a diversos procesos, el fluido de trabajo puede ser el aire, el agua o algún otro, según se requiera. En la generación eléctrica, el fluido de trabajo es usualmente un líquido orgánico de bajo punto de ebullición (por ejemplo un freón). En este caso el intercambiador de calor funciona como evaporador y sobrecalentador; es posible entonces utilizar una variedad de equipos que incluyan los intercambiadores de calor por contacto directo.

Uno de los principales atractivos del estanque solar es su economía de escala. Para comunidades relativamente pequeñas, cuya demanda energética para una aplicación determinada es baja, esta economía de escala puede aprovecharse mediante un estanque solar de propósito múltiple. En le figura 2 se muestra un diagrama esquemático de este concepto. La idea básica es aprovechar el calor de un mismo estanque para varias aplicaciones a la vez.

De esta forma, la carga energética puede llegar a ser lo suficientemente grande como para justificar el uso del estanque solar. La extracción simultánea de salmuera en varios puntos del estanque no altera sus características físicas ni optativas.

En el segundo tipo de aplicación, el estanque solar sirve no sólo como captador y almacén de energía; además cumple con alguna otra función dentro del proceso de aprovechamiento del calor. Los principales ejemplos que se pueden dar son la minería y la acuacultura. En aplicaciones prácticas comerciales, el estanque sirve como lixiviador en la producción de sulfato de sodio. En el cultivo de camarón es posible crear un gradiente sobre el agua de mar para mantener la temperatura óptima de las lagunas de producción. Estas técnicas también se utilizan para calentar salmueras en algunos procesos de la industria hidrometalúrgica.

Consideraciones económicas

El estanque es el único esquema de captación de energía solar que integra en forma natural el almacenamiento de energía. Por esta sola razón, los costos de un estanque solar tienden a ser menores que los costos de cualquier otra alternativa para la captación y almacenamiento de la energía solar a temperaturas menores a los 100° C.

La inversión total de un estanque solar tiene cinco componentes primarios: terreno, agua, excavación, forros y sal.

Como un valor mínimo estimado, los estanques solares pueden llegar a costar del orden de 4 dólares por metro cuadrado. Esta cifra presupone costos de agua y terreno prácticamente nulos, un estanque sin forros, y costos mínimos de excavación y sal.

En condiciones ordinarias, el costo más probable para un estanque solar es alrededor de 30 dólares por metro cuadrado. La cifra supone costos de excavación y de forros, así como sal, con un costo de 35 dólares por tonelada (ya entregada en el lugar del estanque). Como valor máximo los estanques podrían llegar a costar alrededor de 45 dólares por metro cuadrado, si suponemos un estanque de cuatro metros de profundidad con un costo de sal de 45 dólares por tonelada entregada en el lugar de la planta.

Se deduce entonces que un estanque solar puede llegar a ser hasta 20 veces más barato que los captadores de placa plana que operan en el mismo rango de temperaturas y que no incluyen almacenamiento de energía.

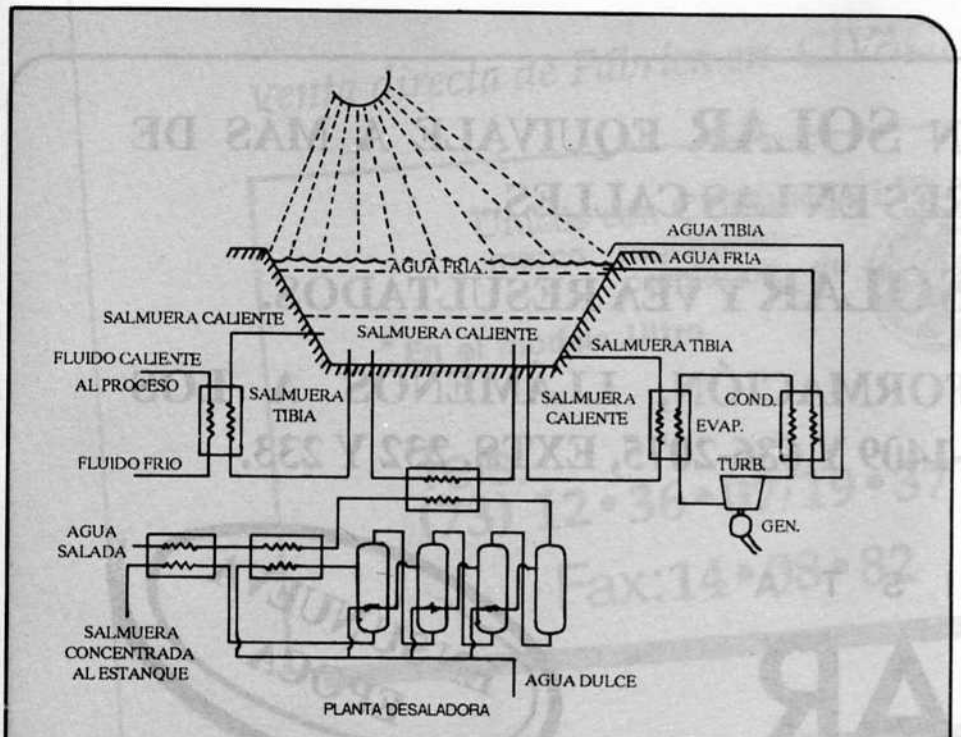


FIG. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UNA PLANTA DE PROPOSITO MULTIPLE CON ESTANQUE SOLAR

Componentes de un estanque solar

Sal.- La sal llega a ser el componente más caro de un estanque solar. Puede representar en ocasiones hasta más del 60 por ciento del costo total de un estanque. El costo varía grandemente, de acuerdo con el tipo de sal, las distancias entre el lugar de producción y el sitio donde se construye el estanque, los costos del flete, etcétera.

Lo deseable es que exista sal en abundancia en el lugar de construcción del estanque. En este caso sólo se incluirán los costos de recuperación, que pueden llegar a ser prácticamente nulos. Incluso, es posible que los costos de la sal sean negativos, si se utilizan sales de desecho provenientes de afluentes industriales y el usuario recibe

un pago por sacarlas del lugar.

En las zonas desérticas costeras del noroeste del país existe sal en abundancia, lo cual sugiere que en esa región podría resultar más barata la construcción de estanques solares. Un estanque solar requiere aproximadamente media tonelada de sal por cada metro cuadrado de superficie efectiva de captación.

Excavación.- Los costos de excavación también varían grandemente. Ello depende principalmente de la naturaleza del terreno en que se construya el estanque. Pueden también llegar a ser nulos, si en el lugar se encuentra alguna depresión adecuada en el terreno, o si existe algún estanque artificial construido para otros propósitos.

En condiciones normales, la excavación puede llegar a representar entre 10 y 25 por ciento del costo total del estanque, si se considera en primer término el costo de la sal. Un estanque solar puede llegar a requerir hasta de 4 metros cúbicos de excavación por cada metro cuadrado de superficie efectiva de captación.

Forros.- Los forros cumplen con la importante función de prevenir filtraciones de salmuera que pudieran contaminar los terrenos cercanos o las agua freáticas, inducir pérdida de energía e incrementar los costos de reposición de las sales. No todos los estanques requieren de un forro. Esto depende en buena medida de la naturaleza del terreno. En algunos lugares éste es lo suficientemente impermeable como para evitar filtraciones. En ese caso el costo de los forros será nulo. Si el terreno es impermeable, pero existe en los alrededores material arcilloso, el costo del forro se reduce al de recuperación, transporte y colocación de este material. Cuando no se da ninguna de estas condiciones, es necesario utilizar materiales sintéticos para impermeabilizar el estanque.

En este último caso, el costo de los forros dependerá fundamentalmente del tipo de material, de su espesor, resistencia a la salinidad y a la temperatura, su comportamiento en presencia de los rayos solares, etcétera. El uso de forros sintéticos puede llegar a representar entre un 25 y un 62 por ciento del costo total del estanque, dependiendo del costo de la sal.

Terreno.- El estanque solar requiere grandes superficies para captar y almacenar energía. Además, en ocasiones se necesitan lagunas de evaporación para concentrar las salmueras y mantener el gradiente. Afortunadamente las áreas más atractivas para la instalación de estanques son aquellas en que los terrenos tienen muy bajo valor económico. En condiciones ordinarias este rubro no debe rebasar el 6 por ciento del costo total del estanque, cuando los costos de la sal son nulos.

Agua.- Se requiere agua no sólo para la construcción del estanque, sino para el mantenimiento del gradiente, como ya se observó. Esta agua debe ser pura, salobre o de mar y mantener una turbidez baja. Aún cuando el agua en sí puede tener un costo sumamente bajo, los costos de extracción, bombeo, filtración, etcétera, pueden no serlo.

El costo del agua en condiciones ordinarias difícilmente rebasa los costos del terreno, y para propósitos de estudios de factibilidad deben considerarse globales con costos de agua menores del 6 por ciento del costo total del estanque cuando los costos de la sal son nulos. ●

UN ANUNCIO EN SOLAR EQUIVALE A MÁS DE CIEN VENDEDORES EN LAS CALLES...

ANÚNCIESE EN SOLAR Y VEA RESULTADOS.

PARA MÁS INFORMACIÓN, LLÁMENOS A LOS TELÉFONOS 686-1409 Y 686-2075, EXTS. 232 Y 233.

LA REVISTA SOLAR

EN SU NUEVA EPOCA

XV REUNION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ZACATECAS
ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR

PRESENTACION DE TRABAJOS

Se invita a investigadores y profesionales a presentar trabajos para la XV Reunión Nacional que se llevará a cabo los días 2 ,3, y 4 de octubre de 1991 dentro de la Semana Nacional de Energía Solar con sede en la ciudad de Zacatecas, Zac.

Las fechas límite son:

1) Presentación de resúmenes: *30 de abril de 1991.*

2) Notificación de aceptación: *30 de Mayo de 1991.*

3) Entrega de trabajos terminados: *31 de julio de 1991.*

Para la presentación de resúmenes se recomienda emplear papel tamaño carta mecanografiado de un solo lado. A la cabeza del mismo debe incluirse título, autor o autores con dirección postal completa y teléfono o telefax. Los resúmenes pueden escribirse en inglés o español, y no deben exceder de 400 palabras. Enviar original y copia al apartado postal 20-633, San Angel México 01000, D.F. No enviar por correo registrado.

Módulo mr
SOlar

EL AUTENTICO

·EL MEJOR·

Calienta su Alberca con
ENERGIA SOLAR

GARANTIZADO!!

+ de 60 mil m² instalados desde 1975 , Fluxes 100% cobre

Venta directa de Fábrica en CIVAC, Morelos

Unicos con CUBIERTA LEXAN*
marca registrada propiedad de

*En el modelo Ultra

Tels:
(73) 12 • 36 • 07/19 • 37 • 43
Fax: 14 • 08 • 82