

FUNDACIÓN



ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN  
ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

*Eduardo A. Rincón Mejía*

*Edición especial*

**CUADERNOS FICA**

M É X I C O  
1 9 9 9

FUNDACIÓN



ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN  
ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

*Eduardo A. Rincón Mejía*

*Edición especial*

**CUADERNOS FICA**

M É X I C O  
1 9 9 9

ISSN 1405-387X



ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN  
ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

Eduardo A. Rincón Méndez

© Derechos Reservados 1999

Fundación ICA, AC.  
Av. del Parque N° 91  
Colonia Nápoles  
C.P. 03810 México, D.F.  
Tel. 669 39 85, 272 99 91, 272 99 15  
ext. 4000-4001

ISBN 968-7508 55-8  
ISSN 1405-387X

Impreso en México.

Edición especial  
CUADERNOS ICA

M É X I C O  
1 9 9 9

## ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

Eduardo A. Rincón Moya

### CONTENIDO

#### A MANERA DE PRÓLOGO:

1. LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.  
Evolución histórica de las FRE.
2. RECURSOS RENOVABLES Y NECESIDADES ENERGÉTICAS DE MÉXICO. HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL BASADO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.  
El problema energético nacional  
Nuestras fuentes renovables de energía  
Hacia un sistema energético basado en fuentes renovables de energía.
3. BREVE HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.  
El México antiguo  
El México moderno  
Participación del Estado  
37 años de la Asociación Nacional de Energía Solar
4. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.  
Panorama general de la investigación y el desarrollo de la energía solar y demás fuentes renovables de energía en México.  
Participación del Gobierno  
Participación de las instituciones educativas y de investigación institucionales, programas, líneas y proyectos  
*A Vero, Almita y Gabi*  
La investigación en la UNAM  
La investigación en la UAM  
La investigación en el CINVESTAV  
La investigación en la ESIME-IPN  
La investigación en el IIE  
La investigación en la Facultad de Ingeniería de la UAEM  
La investigación en la UNISON  
La investigación en el CENDEY  
La investigación en el INER  
La investigación en la UASCS

## ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO

Eduardo A. Rincón Mejía

### CONTENIDO

#### A MANERA DE PRÓLOGO.

1. **LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**  
Evolución histórica de las FRE.
2. **RECURSOS RENOVABLES Y NECESIDADES ENERGÉTICAS DE MÉXICO. HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL BASADO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**  
El problema energético nacional  
Nuestras fuentes renovables de energía  
Hacia un sistema energético basado en fuentes renovables de energía.
3. **BREVE HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.**  
El México antiguo  
El México moderno  
Participación del Estado  
22 años de la Asociación Nacional de Energía Solar
4. **ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.**  
Panorama general de la investigación y el desarrollo de la energía solar y demás fuentes renovables de energía en México.  
Participación del Gobierno  
Participación de las instituciones educativas y de investigación  
Instituciones, programas, líneas y proyectos de investigación  
La investigación en la UNAM  
La investigación en la UAM  
La investigación en el CINVESTAV  
La investigación en la ESIME-IPN  
La investigación en el IIE  
La investigación en la Facultad de Ingeniería de la UAEM  
La investigación en la UNISON  
La investigación en el CENIDET  
La investigación en el ININ  
La investigación en la UABCS

La investigación en la UABC  
La investigación en el CIBNOR  
La investigación en la BUAP  
La investigación en el CIMAV  
La investigación en el ITESO  
La investigación en la UIA  
La investigación en el ITESM  
La investigación en otras instituciones

5. **EL FUTURO INMEDIATO EN LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y DIFUSIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA. EL COFER**  
Los programas internacionales de la ANES  
Participación en el programa SolarPACES  
El evento ISES SOLAR 2000 "The Millennium Solar Forum"  
Los acuerdos internacionales de la ANES  
El programa de energía solar del CONACYT

#### **ANEXOS.**

1. **TÍTULOS DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LAS MEMORIAS DE LAS REUNIONES TÉCNICAS DE LA ANES EN EL PERÍODO 1995-98.**
2. **ALGUNOS LIBROS PUBLICADOS EN MÉXICO QUE TRATAN SOBRE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**
3. **DIRECTORIO DE LOS INVESTIGADORES QUE LABORAN EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN MÉXICO.**

## A manera de prólogo:

El libro que nos brinda Eduardo Rincón es bienvenido por las razones que él mismo explica, y por otras. Por un lado, es necesario que se documente el enfoque fresco, actual, que los profesores, profesionales y estudiosos de la materia cultivamos en el México del fin de siglo. A estas alturas, los conceptos relacionados con las fuentes renovables de energía, la terminología técnica específica, la observación de las implicaciones ecológicas y económicas, y los requerimientos de recursos de cálculo y cómputo, han variado muy importantemente en los últimos 25 años, cuando propiamente se inició el estudio formal de esta disciplina en nuestro país. La apreciación de Eduardo Rincón, el ordenamiento de sus preferencias y los énfasis que hace en las diversas facetas del tema son común denominador de los jóvenes profesionales y académicos contemporáneos en México, y al menos por ello este libro habrá ya conquistado un merecido espacio en los apretados librerías de los más estudiosos.

Pero por otro lado, las apreciaciones de Eduardo Rincón sobre el origen y naturaleza de la investigación y desarrollo de las fuentes renovables de energía en México y su recuento de este interesante devenir, constituye prácticamente la única obra evaluada y comparada de la historia de esta importante faceta de la actividad intelectual mexicana. Un cuarto de siglo de historia sobre las fuentes de energía y su evolución en México discurre con suavidad y fluidez, y a veces cabalga al galope sobre la multitud de accidentes históricos, siempre llevando al lector con mano amable por el recorrido interesantísimo de esta etapa del desarrollo nacional.

Sin duda, los conocedores saben que la época en que surgió y maduró el estudio de la energía solar en México coincide con una serie de cambios en las actitudes nacionales ante la tecnología: México se vuelve, en ese periodo, un poderoso país petrolero, sólo para ver, como resultado de su dependencia del anciano aceite, una quiebra económica y política estruendosa en 1999; se produce en 1980 una primera y muy progresista ley de fomento a la tecnología, que nunca se aplica, y sin embargo es el puntal para los planes de integración tecnológica al tercer milenio, en ocasión de diversos acuerdos con la OCDE y el TLC; la inversión anual en investigación y desarrollo disminuye en términos relativos durante los años 90, contra todas las disposiciones del discurso político. Y en medio de esta calamidad técnica y económica, las aplicaciones de las fuentes alternas de energía, la presencia de sus estudiosos en los círculos de influencia académicos, empresariales y gubernamentales, y el número de mexicanos ocupados en su desarrollo, crecen sistemática e inexorablemente. A veces el aliciente es político, a veces ecológico, o económico, o simplemente estético, pero el avance de esta disciplina es claro, real y ejemplar.

Bienvenido el interesante e inspirador libro de Eduardo Rincón, que recoge para siempre las experiencias mexicanas y las entrega al mundo con frescura y lozanía.

José Luis Fernández Zayas  
Enero de 1999

El libro que nos brinda Eduardo Rincón es digno de ser leído por los mexicanos y por el mundo. Por un lado, es un libro que recoge para siempre las experiencias mexicanas y las entrega al mundo con frescura y lozanía. Por otro lado, es un libro que recoge para siempre las experiencias mexicanas y las entrega al mundo con frescura y lozanía. Sin duda, los conceptos sobre la energía en el mundo de hoy y mañana son los conceptos que se han desarrollado en los últimos años. El estudio de la energía solar en México coincide con una serie de cambios en las actitudes nacionales ante la tecnología. México se vivió un periodo, un periodo más o menos, como resultado de su dependencia del extranjero. En 1982, se produce un punto y una progresiva ley de fomento a la tecnología, que nunca se aplica y sin embargo es el punto de partida para los planes de integración tecnológica al tercer mundo. En el caso de México, con la OCDE y el TLC, la inversión en investigación y desarrollo disminuye en términos relativos durante los años 80, contra todas las disposiciones del discurso político. Y en medio de esta situación, la técnica y económica, las aplicaciones de las fuentes alternativas de energía, la presencia de sus estudios en los círculos de influencia académica, empresarial y gubernamental, y el número de mexicanos ocupados en su desarrollo, crecen sistemáticamente e inexorablemente. A veces el aliento es político, a veces ecológico, o económico, o simplemente estético, pero el avance de esta disciplina es claro, real y ejemplo.

## Capítulo 1. LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

Con frecuencia se emplean indistintamente los términos “fuentes no convencionales”, “fuentes alternas” y “fuentes renovables” de energía. En realidad no son sinónimos, existen algunas diferencias en su significado. Por ejemplo, el uranio es una fuente alterna, es no convencional, y es no renovable. Las fuentes renovables por excelencia son la energía solar y sus manifestaciones como el viento, que es producto de un calentamiento desigual de la Tierra, por parte de la radiación solar; la hidráulica, que tiene su origen en la evaporación, por la acción del calor solar, del agua de los océanos, lagos y ríos, encharcamientos, etc., y su posterior condensación y caída en forma de lluvia; la biomasa, que es materia orgánica que está formada por arbustos, árboles, pastos, cultivos, residuos orgánicos, etc., que se nutrieron con la participación de la energía del Sol; el oleaje marino, que es a su vez ocasionado por el viento, entre otras. La energía geotérmica y la de las mareas también se consideran renovables, aunque son quizás, junto con los combustibles nucleares, las únicas fuentes energéticas que no tienen su origen en el Sol. Aún el petróleo y sus derivados, así como el carbón mineral, se formaron durante millones de años a partir de la fosilización de biomasa.

Quizás los términos más correctos para denominar a estas fuentes limpias de energía sean: “fuentes inagotables de energía, en escalas de tiempo de la existencia humana como especie”, aunque es preferible, por brevedad, referirse a ellas simplemente como “fuentes renovables de energía”, (FRE) o “fuentes limpias de energía”, y evitar el uso de “fuentes alternas” o “fuentes no convencionales”, para no caer en confusiones de tipo semántico.

### 1.1 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LAS FRE.

Durante milenios el hombre basó su consumo energético en las fuentes renovables: desde su origen empleó biomasa para cocinar sus alimentos y calentarse; hace más de 6,500 años ya empleaba la energía del viento para propulsar embarcaciones y posteriormente la empleó para moler sus granos y para irrigar sus campos de cultivo. Se tienen referencias sobre proyectos del emperador Hammurabi para irrigación empleando la energía eólica que data del 1,700 A.C. Posteriormente los persas, los chinos, los holandeses, etc., emplearon con éxito a través de los siglos la energía del viento. En la actualidad existen aún en operación algunos centenares de aerobombas del tipo multipala, del cual se fabricaron más de seis millones, después de su invención en 1854.

Fue el descubrimiento de grandes yacimientos de combustibles fósiles, y el desarrollo de las tecnologías que permitían su explotación, la causa de que cayeran en desuso estos pequeños sistemas descentralizados de

aprovechamiento de las FRE, y de que se establecieran en su lugar sistemas altamente centralizados, que si bien ofrecían energía abundante y barata para el desarrollo industrial, trajeron consigo la implantación de patrones de consumo irracional de ésta, el deterioro del medio ambiente, el crecimiento desbordado de las ciudades con la secuela de problemas que éste implica, y el abandono gradual del sector rural.

A partir de entonces, la evolución de los sistemas de aprovechamiento de las FRE se ha caracterizado por una sucesión de períodos de entusiasmo seguidos por otros de estancamiento, que han dependido de los costos y disponibilidad de los recursos fósiles. Así por ejemplo al período de gran entusiasmo comprendido entre los inicios de los 50's y mediados de los 60's, en el que se funda la Sociedad Internacional de Energía Solar (ISES) en 1954 y se efectúa la conferencia mundial de la ONU sobre fuentes nuevas de energía en 1961, siguió un período de estancamiento ocasionado por los bajos precios del petróleo.

El embargo petrolero árabe de 1973, que recientemente cumplió 25 años de haberse realizado, originó como reacción en los países industrializados afectados, el establecimiento de programas y políticas orientados a la sustitución del petróleo como fuente energética con base en gran medida en las FRE, con lo que se impulsó nuevamente su investigación y desarrollo. Paralelamente se buscó la diversificación de proveedores de petróleo, y el ahorro de energía en la industria, el transporte, etc. Tanto éxito tuvieron las medidas de ahorro (y se sigue avanzando en este sentido, como ejemplo: la eficiencia de los automóviles se ha duplicado), que la demanda de energía en esos países se vio drásticamente detenida, ocasionando esto a su vez, una tendencia a la baja en los precios del petróleo y una nueva disminución de los presupuestos oficiales para investigación y desarrollo de FRE. A 25 años de distancia, actualmente el consumo per cápita de petróleo en los EUA es muy inferior al correspondiente a 1973, pero las importaciones de crudo por parte de ese país, se han incrementado en forma neta a niveles récord muy superiores a los de aquel año<sup>1</sup>, seguramente por lo bajo que está su precio en el mercado internacional, gracias a políticas y acciones enfocadas a ese fin.

En ese breve período, se lograron desarrollar sistemas confiables, eficaces y altamente rentables desde el punto de vista económico. Ejemplo de ellos son los aerogeneradores empleados ya por millares; los diversos sistemas de calefacción para uso doméstico, la producción de miles de metros cuadrados de módulos fotovoltaicos y la producción de metanol y su empleo como combustible a partir de biomásas.

---

<sup>1</sup>25th Anniversary of the 1973 Oil Embargo: Where Are We Now?, reporte del 3 de septiembre de 1998 de la Energy Information Administration del Gobierno de los EUA.

Por otro lado se ha ido tomando conciencia del importantísimo papel que juega la variable ecológica, al reconocerse que de continuar la quema acelerada de combustibles fósiles se producirían catástrofes mundiales que simplemente acabarían con nuestra civilización. El continuo aumento detectado en los niveles de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y la destrucción de su capa de ozono son algunos de los fenómenos que más alarman a los científicos.

El futuro desarrollo de los sistemas de aprovechamiento de las FRE, depende ya no solamente de factores de mercado, es asunto mundial de sobrevivencia. Conviene citar a Wolfgang Palz<sup>2</sup>, quien dice lo siguiente:

“Las energías renovables son un recurso doméstico y contribuyen a proporcionar una completa seguridad de su suministro. Es virtualmente un recurso ininterrumpible. Tiene una disponibilidad infinita y debido a la amplia gama de tecnologías para su aprovechamiento se adapta a las políticas de diversificación de suministro energético. No implican además aspectos de seguridad que involucren gastos militares, como sucede con las nucleoelectricas y otras grandes plantas”.

“Las energías renovables son, con mucho libres de contaminantes y consistentes con las políticas de protección del medio ambiente. Ellas no contribuyen al efecto de invernadero”.

“Las FRE son de particular interés para un mayor desarrollo industrial, porque el aprovechamiento de la radiación solar, del viento, de las olas, etc., requiere del desarrollo de tecnologías que en su mayoría tienden a ser de alto nivel. Debido a que su implementación sin lugar a dudas se desarrollará muy rápidamente en el futuro, todos los países y sus industrias que en éstas se involucren, rápidamente alcanzarán los beneficios económicos y avances tecnológicos que proporciona el liderazgo en los mercados.”

Lo anterior es perfectamente válido para nuestro país; de no lanzarnos a desarrollar nuestras propias tecnologías para aprovechar nuestras abundantes fuentes renovables de energía, pagaremos el alto costo de comprar tecnologías extranjeras diseñadas con propósitos puramente mercantilistas en otras latitudes, y nos hundiremos aún más en el atraso y la dependencia tecnológica, que deriva en otras formas de dependencia. En el siguiente capítulo se estiman someramente nuestros recursos energéticos.

En los momentos actuales, las FRE presentan una viabilidad técnica y económica creciente frente a las fuentes no renovables como los hidrocarburos o el carbón. Hasta hace pocos años, la comparación de costos de inversión y operación entre las FRE y las fuentes convencionales

---

<sup>2</sup>*Yearbook of renewable energies 1992*

se basó en técnicas tradicionales del análisis costo-beneficio sin tomar en cuenta el impacto ambiental negativo, inherente a los procesos de combustión para generar distintas formas de energía.

De esta manera, la creciente inclusión de los costos del daño ambiental o sea la llamada "internalización" de los costos ambientales en los procesos de generación de energía traerá aparejados nuevos referentes y reformulaciones sobre la rentabilidad real de los proyectos de implantación de las FRE. Este asunto de la internalización puede representar una de las transformaciones estructurales del mercado de los energéticos más significativa desde la implantación del petróleo como fuente predominante en la base energética mundial.

Debido al factor de daño ambiental, al desarrollo tecnológico propio de algunas FRE y a los costos de calidad incorporados en el precio de los combustibles fósiles, actualmente se vislumbra un panorama de expansión en el uso de las FRE a nivel mundial y previsiblemente, con dicha expansión y con el fortalecimiento de los aún incipientes mercados, se producirá, a su vez, otra transformación estructural en estos mercados que incluye: economías de escala en su producción y comercialización, difusión general de sus tecnologías y una aceptación cultural que harán posible el uso creciente y generalizado de dichas energías.

En un reporte muy reciente<sup>3</sup> se informa que las ventas de celdas solares se incrementaron en más del 40% durante 1997, y su mercado ha crecido a una tasa del promedio de 16% anual desde 1980. De acuerdo con éste, "los mercados de sistemas solares están creciendo 10 veces más rápido que el de la industria petrolera, cuyas ventas se expandieron con una tasa de sólo el 1.4% anual desde 1990"; "la industria solar, junto con la de computadoras y la de telecomunicaciones, serán las líderes en crecimiento industrial en el siglo XXI". Además " la energía solar, junto con otras fuentes renovables como la energía del viento y las celdas de combustible alimentadas por hidrógeno, suministrarán la mayor parte de la energía en el próximo siglo".

De acuerdo con otro reporte reciente<sup>4</sup>, "la reestructuración de la industria eléctrica puede conducir a amplios cambios, que incluyen el retiro de plantas nucleoelectricas, la clausura de las menos competitivas minas de carbón, y al incremento del uso del gas natural para generar electricidad", "legislaturas estatales y el Congreso han considerado una variedad de propuestas que incluyen provisiones específicas para dar soporte al

---

<sup>3</sup>Solar Power Markets Boom, reporte escrito por Chirstoper Flavin y Molly O'Meara, publicado en la edición de septiembre de 1998 del *World Watch Magazine*.

<sup>4</sup>Challenges of Electric Power Industry Restructuring for Fuel Suppliers, reporte de la EIA's National Energy Information Center del Gobierno de los EUA, publicado el 2 de septiembre de 1998.

**desarrollo continuo y al uso de la energía renovable. Los programas de facturación “verde”, que ya están siendo implementados por las grandes compañías generadoras de electricidad, pueden también proporcionar un medio para incrementar la demanda de electricidad producida con combustibles renovables”.**

## **Capítulo 2. RECURSOS RENOVABLES Y NECESIDADES ENERGÉTICAS DE MÉXICO. HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO NACIONAL BASADO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.**

En este capítulo se plantea que las fuentes renovables de energía (FRE) en las que México es un país privilegiado, constituyen no sólo una alternativa de solución al problema energético nacional, sino también podrían coadyuvar a resolver otros problemas no menos graves como son: el deterioro ambiental, el desempleo y la fuga de divisas, por citar algunos. Sin embargo, para aprovecharlas adecuadamente en la modernización del país y en el mejoramiento de vida de sus habitantes, existe la apremiante necesidad de multiplicar los esfuerzos y recursos dedicados a su investigación y desarrollo tecnológico con las más altas normas de calidad, así como su industrialización y comercialización, a fin de poder satisfacer las necesidades energéticas tanto de las comunidades rurales y urbanas como de la pequeña, mediana y gran industria.

Asimismo, deben concebirse nuevos esquemas de participación social y privada en la generación de energía, tendientes al desarrollo de pequeños sistemas autónomos y descentralizados basados en estas fuentes renovables, a fin de reemplazar el prevaleciente en la actualidad. Paralelamente a lo anterior, se deberá concientizar a la sociedad entera para cambiar drásticamente nuestros patrones de consumo energético. Habrá que fomentar el ahorro y eliminar el dispendio, y renunciar de una buena vez a la utópica, ilusoria e irreflexiva aspiración a, en aras de una mal entendida modernidad, incorporar los esquemas de los países desarrollados, que a la vista imparcial de los hechos, han ocasionado un enorme deterioro ecológico, y que crean nuevas necesidades y problemas sin resolver los que realmente aquejan al país, como son la carencia de una buena alimentación, de una vivienda digna, de salud, educación y empleo en un medio ambiente libre de contaminación para todos los mexicanos.

Se cuenta ya con un buen número de investigadores que laboran en instituciones como la UNAM, la UAM, el CINVESTAV, la UAEMéx, etc., casi todos ellos miembros de la Asociación Nacional de Energía Solar, que promueve el empleo de las fuentes renovables de energía. Asimismo, existen ya unas 40 industrias que producen pequeños sistemas para su aprovechamiento. Sin embargo, hace falta aún la voluntad política necesaria para que estas fuentes tomen el papel preponderante que deberán tener en una auténtica modernización del país.

### **2.1 EL PROBLEMA ENERGÉTICO NACIONAL.**

La energía es requerida para todas nuestras actividades cotidianas, como el transporte, la iluminación artificial, el funcionamiento de aparatos

electrodomésticos como el refrigerador, la computadora, el teléfono, el radio y la televisión. Para producir mediante procesos industriales los satisfactores que a diario consumimos se requiere de grandes suministros de energía. Más aún, para mantenernos vivos nuestros órganos requieren de un constante suministro energético, que ingresa a nuestro cuerpo con los alimentos que tomamos.

Un indicador del nivel de vida de una población es el valor del consumo energético por cabeza; mientras más alto sea éste, se acepta que la población “vive mejor”. Hoy en día existen innumerables comunidades cuyo consumo energético es tan bajo que no alcanza ni para mantener los procesos vitales de los organismos de sus integrantes, que diariamente mueren de inanición por decenas, centenas o quizá por miles. Ni qué hablar de satisfactores, industria o recreación para ellos.

En el otro extremo de esta realidad, hay grupos de individuos que consumen el doble o el triple de las calorías que sus cuerpos necesitan, y que derrochan recursos energéticos (y de otro tipo) de una manera irracional. Por lo general se trata de gente obesa y sedentaria, para la cual la vida sin un automóvil particular es inconcebible.

Cuando se habla de indicadores evaluados “por cabeza” en un país o un pueblo, se ocultan estas desigualdades. Sin embargo, estos indicadores siguen dando una idea de cómo se compara el nivel de vida entre los países; así por ejemplo, el consumo energético por cabeza en los Estados Unidos de Norteamérica (el país más derrochador de energía), es más de 10 veces mayor que el correspondiente a Mongolia o China, y nueve veces más alto que el de nuestro país, cuyo número de habitantes es de apenas una tercera parte de la población del vecino país del norte. Hasta la fecha, los países del “primer mundo” han abusado de los recursos fósiles para el crecimiento de sus economías, alterando los ciclos ecológicos, produciendo lluvias ácidas y calentamiento global en la atmósfera. Si los países tercermundistas siguieran su ejemplo para crecer económicamente, es seguro que terminaría por destruirse todos los ecosistemas como hoy los conocemos, pero debe reconocerse una realidad: en general los países desarrollados consumen mucha energía, no tanto porque sean ricos, sino más bien son ricos porque usan eficientemente mucha energía en sus procesos de producción de bienes y servicios.

En México el número de habitantes desnutridos se cuenta por decenas de millones, el ingreso está muy mal distribuido, el sector agropecuario está casi en ruinas en buena parte del país, la contaminación y el deterioro ambiental aumentan día con día, el agua es cada vez más escasa y de menor calidad, etc. Entre muchos otros problemas que tenemos que enfrentar, casi

todos ellos están relacionados directa o indirectamente con la disponibilidad de energía.

Nuestro sistema eléctrico tiene 50 años de atraso; el consumo eléctrico por cabeza se espera, optimistamente, que en el año 2000 sea de alrededor de 1500 kWh/hab-año, apenas similar al correspondiente consumo de los EUA al término de la Segunda Guerra Mundial. Actualmente el consumo per cápita en ese país es de unos 12,100 kWh/hab-año, en tanto que en los países de la comunidad europea y Japón el consumo es del orden de los 4,000 kWh/hab-año, que corresponde aproximadamente a 1 kW instalado por habitante.

Para alcanzar este último nivel en el año 2006, cuando la población de México sea de alrededor de 100 millones de habitantes, se requeriría una capacidad instalada para generar electricidad de 100 mil MW, casi el triple de lo que hoy se tiene, si en verdad se quisiese dejar de ser un país subdesarrollado.

Puede afirmarse, sin entrar a los detalles, que el problema energético nacional se resume en los siguientes puntos:

- La “generación” de energía, en sus diversas formas, es insuficiente para que más de 90 millones de mexicanos vivan bien. Como ejemplo, la capacidad instalada en todo el país para generar energía eléctrica (36,000 MW) es menor con mucho, a la correspondiente capacidad del estado norteamericano de Texas.
- La energía, al igual que el ingreso, está mal distribuida. Alrededor de 8 millones de habitantes no disponen de energía eléctrica en sus hogares (aunque quizá tampoco disponen de hogares), por habitar en comunidades muy alejadas de las líneas de distribución eléctrica.
- Se depende excesivamente de los combustibles fósiles para la “producción” de la energía. De acuerdo con el balance nacional de energía publicado por la Secretaría de Energía, correspondiente a 1996, los hidrocarburos contribuyeron con un 88.9% a la producción de energía primaria, en tanto que el carbón contribuyó con el 2.2%, por lo que más del 91% de la producción de energía primaria se hizo a partir de los combustibles fósiles.
- Parece no existir la consciencia, ni entre la población ni entre sus gobernantes, de que el esquema tradicional de energización es insostenible. No se puede seguir construyendo termoeléctricas ni grandes hidroeléctricas sin ningún límite. Se deben buscar opciones novedosas, la más viables en el mediano y largo plazo es basar el sistema energético nacional en las fuentes renovables de energía, que en nuestro país, afortunadamente son muy abundantes, como se describe a continuación.

## 2.2 NUESTRAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

### Generalidades.

México posee un potencial considerable de generación de energía a partir de fuentes renovables, tanto por su extensión territorial de casi 2 millones de kilómetros cuadrados, como por su ubicación geográfica comprendida entre las latitudes norte de 32° 43' y 14° 32'. Al Oeste y al Este, el país está limitado por grandes litorales de más de 10 mil km de longitud, en donde se producen lluvias ciclónicas prácticamente durante todo el año y varias zonas geográficas preferenciales de viento.

Por otra parte, cuatro serranías captan todo el potencial pluvial ciclónico y ciertas fallas geológicas volcánicas permiten el aprovechamiento de los recursos geotérmicos para la generación de electricidad. Además, casi tres cuartas partes del territorio nacional se pueden considerar como zonas áridas o semiáridas en las que se observa una irradiancia solar promedio superior a los 5.5 kilowatts hora por metro cuadrado al día.

En el país existe una amplia experiencia en el uso de ciertas fuentes renovables de energía (FRE), particularmente en los llamados sistemas descentralizados o de autoabastecimiento, generalmente sistemas fotovoltaicos, fototérmicos, generadores eólicos de pequeña escala y muy especialmente, el aprovechamiento de la energía geotérmica y la energía hidroeléctrica en grandes centrales.

A continuación se hace un breve recuento de los recursos energéticos renovables de México, y sus perspectivas de empleo.

### Energía Solar.

Nuestro país recibe una cantidad inmensa de radiación solar; en casi el 40% de su extensión territorial de aproximadamente 2 millones de kilómetros cuadrados, se reciben<sup>5</sup> unos 21 MJ/m<sup>2</sup> día. En un día despejado en las horas de mayor insolación, incide cerca de 1kW térmico sobre cada metro cuadrado de superficie. Sobre una azotea de 100 m<sup>2</sup> de planta, se reciben unos 550 kilowatt –hora/cada día.

En principio, si se lograra convertir en energía eléctrica tan sólo el 1% de la energía solar que incide sobre el territorio nacional, ¡en un día se generaría prácticamente toda la electricidad consumida en México en 1996! (Oferta

---

<sup>5</sup>Galindo I. y Cifuentes G., (1996), Irradiación solar global en la República Mexicana: Valores horarios medios, PUE-UNAM, México.

eléctrica en 1996  $\approx 1.1 \times 10^{11}$  kW-hr; energía solar incidente en un día sobre el territorio nacional  $\approx (2 \times 10^6 \text{ km}^2)(5.5 \text{ kW-hr/m}^2) = 1.1 \times 10^{13}$  kW-hr). El recurso es pues inmenso, pero las tecnologías para su aprovechamiento tienen que ser suficientemente baratas para en verdad resolver nuestros problemas. Esto implica que sean tecnologías propias.

Las opciones para aprovechar directamente esta energía son 4 en total, si se tiene en cuenta la "solarización pasiva", que aunque no es una forma de producir energía, sí es una manera de evitar tener que consumirla. En los planes de estudios de las licenciaturas en Arquitectura e Ingeniería Civil, convendría incorporar en sus currícula al menos una asignatura sobre esta materia.

Se pueden emplear colectores planos de diversos diseños para la producción de agua caliente para usos domésticos en el baño y la cocina, por ejemplo. El empleo de este tipo de colectores, cuya tecnología está bien desarrollada en nuestro país, ayudaría a ahorrar gas, que debe emplearse en aplicaciones industriales que requieran temperaturas mucho mayores (de unos 1000°C). En tanto que en países como Japón o Israel, es obligatorio el empleo doméstico de este tipo de colectores, en México se siguen instalando entre 600 y 700 mil calentadores de gas cada año. Convendría legislar a fin de desalentar el empleo de éstos últimos y propiciar su sustitución por los primeros. Las más de 30 empresas nacionales fabricantes de estos sistemas, asegurarían su suministro masivo y se verían ellas mismas fortalecidas en gran medida.

Si se emplean concentradores solares de enfoque, se pueden alcanzar temperaturas superiores a las 3000°C, suficientemente altas para todos los procesos industriales y cualquier aplicación que se requiera. La desventaja de estos sistemas estriba en que requieren un sofisticado, y por ende costoso, mecanismo de seguimiento solar. Sin embargo, se pueden emplear concentradores estacionarios, que al prescindir de estos mecanismos pueden producirse a costos muy bajos, comparables al de los colectores planos. Con estos concentradores estacionarios, cuyo desarrollo está ya avanzado en la FI-UAEMéx, se pueden alcanzar temperaturas de unos 200°C, suficientemente altas para una gran cantidad de aplicaciones industriales.

Otra manera de aprovechar la energía solar, es transformarla directamente en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas. Su elevado precio es por el momento la principal limitación para su empleo masivo. Sin embargo, para algunas aplicaciones específicas, como el suministro de energía de estaciones meteorológicas remotas, o la iluminación de viviendas lejanas a la red de distribución eléctrica, resultan la opción más conveniente. Por otra

parte, se investiga en varios países, México entre ellos, cómo reducir sus costos de producción.

### **Energía Eólica.**

La energía del viento puede aprovecharse empleando “aerogeneradores”, o bien, “aerobombas”. Como su nombre lo sugiere, los primeros son sistemas que generan electricidad y los segundos se utilizan para bombear agua.

En los últimos 15 años ha habido un desarrollo explosivo de aerogeneradores, de tal manera que tan sólo en E. U., por ejemplo, se han instalado cerca de 20,000 de ellos, llegando en 1997 a una capacidad instalada superior a 1600 MW. En Alemania la capacidad instalada era de 1799 MW en ese mismo año; en Holanda, de 1333 MW; en Dinamarca, de 992 MW y en el Reino Unido, de 293 MW. España tiene una capacidad instalada de 342 MW, Suecia, Grecia e Italia entre otros países, cuentan con ambiciosos planes de desarrollo eólico y una importante capacidad ya instalada. A nivel mundial se espera que para el ya inminente año 2000, la capacidad instalada para generar electricidad con aerogeneradores supere los 14 mil MW.

Nuestro país posee este recurso en abundancia y cuenta además con la capacidad técnica e industrial para explotarlo. Baste mencionar los miles de kilómetros de litorales en donde soplan brisas muy adecuadas para su aprovechamiento; además se tienen regiones de probado potencial, como la zona de “La Ventosa” en el Estado de Oaxaca, donde en tan sólo un 10% de su superficie, se podría instalar aerogeneradores con unos 3000 MW de potencia en total.

En México, se realiza investigación y desarrollo de sistemas conversores de energía eólica (SCEE) en diversas instituciones. Una de ellas es el IIE, en donde durante más de 20 años se ha trabajado en el estudio del comportamiento del viento y su potencial en diversas regiones del país. Asimismo, se han desarrollado pequeños aerogeneradores y aerobombas, además de equipos para su evaluación y control. Su aerogenerador “avispa” está ya en fase de comercialización.

En la Facultad de Ingeniería de la UAEMéx se han diseñado aerogeneradores de varias potencias (desde 200 Watts hasta 250 kW), pudiéndose cubrir con éstos una amplia gama de posibilidades: desde la electrificación de una sola vivienda, hasta la de pequeños poblados. Se ha desarrollado tecnología propia de vanguardia en algunos de sus componentes principales, de modo que se espera que compitan ventajosamente, tanto en precio como en funcionamiento con cualesquiera de sus similares

producidos por las más de 40 compañías que a nivel mundial los construyen y comercializan.

En la UABC y la UAM, entre otras Instituciones, también se han llevado a cabo estudios sobre el aprovechamiento del recurso eólico, que para el año 2,030 fácilmente podría suministrar más de 35,000 MW eléctricos, empleando sistemas construidos con tecnología nacional en industrias mexicanas, empleando a un gran número de trabajadores, sin afectar seriamente los ecosistemas ni consumir combustibles, y sin depender tecnológicamente del exterior.

### Energía Hidráulica.

El potencial hidroeléctrico nacional ha sido evaluado, sin considerar las locaciones con potencias medias inferiores a los 5 MW, en 162,871 GWh/año, con 581 proyectos hidroeléctricos, de los cuales 317 tienen una potencia media inferior a los 50 MW y 171 con una inferior a los 10 MW<sup>6</sup>. De este potencial se aprovecha menos del 20% empleando principalmente grandes centrales hidroeléctricas. En términos de potencia instalada el potencial estimado es de unos 20 mil MW con mini y micro centrales hidroeléctricas. Existe pues la posibilidad de generar más de 130 mil GWh/año mediante el aprovechamiento de los recursos hidroenergéticos. Para esto, habría que construir alrededor de 2,000 pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), la gran mayoría de ellas con potencias comprendidas entre 5 y 50 kW, y entre 50 y 500 kW, es decir, micro y mini centrales, respectivamente.

Los orígenes de estas centrales datan de fines del siglo pasado, cuando se generaban en cinco plantas, de decenas a miles de kW en varios estados de la República Mexicana. Estas plantas fueron abandonándose por problemas gremiales y legales (sólo el Estado estaba facultado para generar electricidad). La CFE ha dejado de instalar estas plantas desde hace más de 30 años, siendo la última la de "El Chique" en el estado de Zacatecas con 624 kW nominales de capacidad, hoy en desuso. Existen estadísticas de 92 unidades hidroeléctricas menores de 5 MW, que sumaban 137.5 MW interconectados a la red. En 1975 se hallaban instaladas en el sureste de México 30 plantas aisladas para fincas cafetaleras privadas con 54 MW de capacidad en conjunto.

El principal problema que enfrenta el desarrollo masivo de las MCH, es su financiamiento, ya que presentan elevados requerimientos de inversión por kilowatt instalado. Sin embargo, su implantación traería beneficios como el

---

<sup>6</sup>Ferrán, F. (1989). Comunicación Personal, XIII Reunión Nacional de Energía Solar, Morelia, Mich.

de proporcionar empleo a miles de personas, además de coadyuvar a evitar el deterioro ambiental que ocasionan las fuentes fósiles, ya que éstas últimas podrían ser reemplazadas en su mayor parte en el mediano y largo plazo, si se decide aprovechar todo el potencial disponible. Convendría considerar el ejemplo de Noruega, que en 1979 dependería en un 99% de la energía hidroeléctrica, que se generaba en 2668 plantas, de las cuales 2,068 eran PCH de menos de 1MW <sup>7</sup>.

### **Biomasa.**

El uso de biomásas (plantas, hojas secas, desechos animales, etc.) es casi tan viejo como el hombre. Basta con secarlas y quemarlas para obtener energía térmica. Sin embargo, esta forma rudimentaria de utilizarlas, contribuye en gran medida a la deforestación y la secuela de problemas que ésta acarrea (disminución en la productividad de la tierra, desertificación, etc.). Esta situación se irá agravando cada vez más mientras el principal energético del medio rural siga siendo la leña. Urge pues, dotar al sector rural de una fuente alterna de energía.

Una buena opción consiste en generar gas metano a partir de la fermentación de la materia orgánica contenida en los desechos animales y humanos, por la acción de bacterias anaerobias dentro de digestores. El metano podría emplearse para cocinar alimentos o en alguna otra aplicación. Esta alternativa tiene la ventaja de proporcionar, además del gas, fertilizantes productos de la fermentación y un medio para deshacerse de desechos que podrían constituir focos de infección.

Desde hace varias décadas, se han venido empleando centenares de digestores en diversos países del mundo, por lo que actualmente se cuenta con una vasta información técnica sobre el tema. Entre las instituciones que han trabajado en México, en el diseño, instalación y operación de digestores, están el Instituto de Investigaciones Eléctricas, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el INIREB y la Facultad de Ingeniería de la UAEMéx, entre otras. Se han construido ya decenas de estos sistemas, sin embargo, son contados los que han tenido un cabal éxito, en el sentido de que, además de funcionar técnicamente bien, los usuarios llegaron a incorporarlos a su vida cotidiana, obteniendo de ellos, todos los beneficios que se esperaban.

Una tercera opción para emplear las biomásas, consiste en procesar ciertos vegetales para obtener combustibles líquidos como el metanol. Mediante la biotecnología, sería posible obtener variedades vegetales particularmente

---

<sup>7</sup>Norwegian Water Resources and Electricity Board (1979). Hydroelectric Power Technology in Norway. UNIDO Seminar-Workshop, Kathmandu, Nepal.

aptas para funcionar como biomasa energética. A fin de cuentas, las plantas son auténticos colectores solares, con lo que es posible cubrir ( y de hecho se hace) enormes extensiones de terreno y cuya "eficiencia térmica" podría mejorarse con la ayuda de la tecnología genética. La biomasa de las cosechas, los residuos agrícolas, forestales y municipales en México, tiene conservadoramente un potencial para generar electricidad cercano a 100,000 MW.

### **Energía Geotérmica.**

La energía geotérmica, podría ser en los próximos años un factor importante en la diversificación energética de México, que ocupa el 4º lugar a nivel mundial en este recurso, si se logra eliminar los efectos nocivos que sobre el medio ambiente genera su explotación. Se conocen más de 400 zonas con manifestaciones geotérmicas en el país, estimándose en 12,000 MW el potencial para la generación eléctrica.

En 1959, la CFE comenzó con la puesta en marcha de la primera unidad de 3.5 MW en el Estado de Hidalgo, actualmente el campo de la geotermia en México es uno de los más desarrollados a nivel mundial. Se contaba en 1993 con una generación de 753 MW en cuatro centrales, siendo la más importante la de Cerro Prieto, muy cerca de Mexicali, que tiene una capacidad nominal de 620 MW, y 200 MW en desarrollo. Para el año 2000 se esperaba tener una potencia de 1000 MW. La segunda planta geotermoeléctrica en importancia en México es la de "Los Azufres" localizada en Michoacán, con 100 MW instalados; le sigue "Los Humeros", en el estado de Puebla, con unos 30 MW, y "La Primavera", cerca de Guadalajara, con una capacidad de 10 MW. Como el tipo y las características del fluido geotérmico varían de pozo a pozo, para explotar adecuadamente los nuestros, tendremos que seguir desarrollando nuestras propias tecnologías.

### **2.3 HACIA UN SISTEMA ENERGÉTICO BASADO EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA**

Después de revisar someramente el potencial de las FRE en México, debe advertirse que quizá el principal inconveniente de casi todas ellas, es su naturaleza fluctuante o no-estacionaria, que obliga a sobredimensionar los sistemas para su aprovechamiento y a invertir en costosos sistemas de almacenamiento energético, a fin de asegurar el suministro continuo de energía. Por ejemplo, un sistema a base de celdas fotovoltaicas para cubrir una cierta potencia eléctrica, requiere de una instalación capaz de generar una potencia mucho mayor en las horas de insolación, y de un banco de baterías de almacenamiento de energía eléctrica para garantizar la disponibilidad de energía durante la noche y en los días nublados, que pueden llegar a ser varios consecutivos. Algo parecido ocurre con los

sistemas eólicos, debido a la aleatoriedad de los vientos, y a sus variaciones estacionarias. Debido a lo anterior, los sistemas basados en FRE han sido casi siempre concebidos como meros auxiliares de los “tradicionales” que se basan en combustibles fósiles, y se les ha destinado a ahorrar éstos cuando el recurso renovable esté disponible (cuando haya sol, o viento, o lluvia), de modo tal que aparecen como contribuciones marginales. Algunos expertos pronosticaban, por ejemplo, que la contribución de las FRE al consumo mundial de energía en el año 2,000 sería de “sólo” un 6%. Hoy se habla de una contribución de más del 50% en los próximos 15 años.

Sin embargo, el empleo simultáneo de varias fuentes renovables en un sistema energético integrado produce un efecto sinérgico: esto es que el beneficio total es mayor que la suma de los beneficios que se obtendrían con sistemas individuales<sup>8</sup>.

En un sistema integrado se presenta una compensación entre las FRE que lo constituyen, permitiendo evitar su sobredimensionamiento y soslayando la necesidad de almacenes energéticos excesivamente grandes, concediéndole además una gran flexibilidad frente a los cambios y volviéndolo más confiable.

Para ilustrar lo anterior, obsérvese que en la temporada de lluvias, la disminución en la insolación, que afectaría adversamente los subsistemas fotovoltaico y fototérmico de un sistema integral, se compensaría ampliamente por el incremento en la disponibilidad de hidro y eolelectricidad.

Dado que, como se ha visto, nuestro país es particularmente privilegiado en FRE no es ilusorio concebir al sistema energético nacional como basado en éstas en el mediano y largo plazo, si implementamos en el corto plazo un decidido programa que contemple por un lado la aplicación de medidas tendientes al ahorro y uso racional de la energía, que detenga, y aún disminuya el crecimiento en su consumo, al tiempo que, por otro lado, integramos el nuevo sistema que inicialmente podría basarse en la energía eólica y la hidráulica para generar la electricidad que requiere el país en su conjunto; los sistemas fototérmicos de baja y media temperatura servirían para aplicaciones doméstica y algunas industriales y la biomasa se emplearía en comunidades rurales y suburbanas.

La creación el 28 de septiembre de 1989 de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía, fue una medida muy acertada en esta dirección. Falta ahora tomar la decisión de apoyar, promover, e incentivar la investigación,

---

<sup>8</sup>Kapur, J.C. (1985), *Solar Energy. A diverse solution*. Comptes Rendues du Congrès biennal de la Société International d'Énergie Solaire (ISES), Montréal, Canada.

**desarrollo, industrialización y comercialización de las FRE, para poder basar en éstas un nuevo sistema energético descentralizado y carente de impactos acumulativos adversos en el medio ambiente que establezca además una relación simbiótica y sinérgica entre éste, los hombres, los recursos y las tecnologías.**

**Lo que ahora se haga o deje de hacerse, repercutirá decisivamente en la soberanía y el desarrollo de nuestro país y en el bienestar de su población.**

### Capítulo 3. BREVE HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.

En este capítulo se hace una breve semblanza de la investigación sobre fuentes renovables de energía en nuestro país, destacando el papel que la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) ha desempeñado en los últimos 22 años, citando los más importantes proyectos, algunos exitosos, pero también aquellos que resultaron un verdadero fracaso. Se concluye el capítulo con una somera reseña de las *Reuniones Técnicas* de las llamadas “Semanas Nacionales de Energía Solar”, que la ANES celebra anualmente durante la primer semana de octubre.

#### 3.1 EL MÉXICO ANTIGUO.

En el México prehispánico, en prácticamente todos los centros ceremoniales de los pueblos de las diferentes culturas que habitaron el Anáhuac, desde olmecas, teotihuacanos, toltecas, aztecas, mayas, etc., se erigieron templos al Sol. De acuerdo con escritos de los españoles del siglo XVI que destruyeron los monumentos de los indígenas, en lo alto de la “Pirámide del Sol” de Teotihuacan había un ídolo de piedra que representaba al dios supremo Tonakatektli, deidad solar, que el arzobispo Zumárraga mandó destruir<sup>9</sup>.

La pirámide principal de Calixtlahuaca, en las inmediaciones de Toluca, capital del Estado de México, está dedicada a Ejekatl-Quetzalcoatl, deidad de viento (tan milagroso o más que el dios Eolo de la mitología griega). La pirámide de Tenayuca fue dedicada al culto Solar; durante los solsticios de verano e invierno su eje principal apunta hacia la puesta del Sol y las cabezas de dos grandes serpientes miran hacia el punto del ocaso.

Por su parte, en la pirámide conocida como “El Castillo” de Chichen-Itzá, en el actual Estado de Yucatán, durante los equinoccios de primavera y otoño, las sombras que el Sol dibuja sobre la escalinata de la pirámide, corresponden al patrón de la piel de una serpiente de cascabel. Este fenómeno es admirado por centenares de turistas que acuden al lugar en esas fechas.

Los antiguos mexicanos nada tenían que envidiar a sus contemporáneos europeos, africanos, asiáticos o australianos en cuanto al número y el poder de sus antiguos dioses encargados de la lluvia, el viento y sobre todo, el Sol. A los actuales mexicanos aún le son familiares los nombres de Tlálok, Tonatiuh, Ik y Huitzilopochtli. Por cierto el nombre maya de la deidad

---

<sup>9</sup>Al igual que la ciudad de Texcoco, que el conquistador H. Cortés había dejado casi intacta para mostrar a las generaciones futuras cómo eran de esplendorosas las antiguas ciudades mexicanas.

Hurakan se emplea en todo el mundo para designar un fenómeno climatológico muy frecuente en los países tropicales costeros.

Evidentemente, para los antiguos mexicanos, como seguramente también ocurría en las antiguas civilizaciones de otras latitudes y longitudes de nuestro planeta, la energía solar y sus manifestaciones secundarias, por haber sido la base de su vida, se asociaban a deidades todopoderosas, como en realidad quizá lo sea el Sol; a fin de cuentas, esto es cuestión de muy respetables creencias.

### 3.2 EL MÉXICO MODERNO.

En el segundo capítulo se mencionó que hasta antes de la revolución industrial y poco después de ésta, cuando se pusieron a punto las tecnologías que permitían el consumo a gran escala de los combustibles fósiles para producir potencia mecánica, eléctrica y calorífica, la humanidad toda cubrió con las FRE sus necesidades energéticas. Obviamente lo mismo pasó en México, por lo que el periodo comprendido entre la conquista y el inicio del México posrevolucionario no se trata en este sumario histórico.

#### Medición del recurso solar.

A un año de haberse iniciado la lucha revolucionaria en nuestro país, en 1911 el doctor de origen polaco, Ladislao Gorczyński realizó las primeras mediciones actiométricas (relativas a la radiación solar), continuándolas hasta 1917. Personal del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dirigidos por el mismo doctor Gorczyński realizó un segundo periodo de mediciones entre 1923 y 1928. Los datos de dichas mediciones fueron publicados por el SMN en boletines intitulados como "Serie del observatorio astronómico" entre los años 1926 y 1928. Estos datos consistían esencialmente de mediciones de la radiación solar directa efectuadas con un periheliómetro de compensación eléctrica.

De acuerdo con el Ing. Vicente Estrada Cajigal, quien ha realizado numerosos estudios de la radiación solar que incide en México, "aparentemente los esfuerzos para medir la radiación solar en nuestro país fueron continuados por Zenón Lemański, quien publicó el trabajo intitulado: *Intensidad de la radiación solar en algunos puntos de la República Mexicana*, en el que reportó datos medidos en el Popocatepetl, tanto en el cráter como en Tlamacas, en el cráter del Nevado de Toluca, en el Ajusco, en La Bufa, Zac., en Tapachula, Chis. y en Acapulco, Gro., entre otros lugares. Parece ser que estos datos fueron adquiridos en forma aislada, ya que no se reporta el periodo ni la época en la que se efectuaron. Presenta, en cambio, una serie completa de mediciones de irradiación global diaria promedio mensual, diaria máxima mensual, diaria mínima mensual y total acumulada

mensual, realizadas en el Observatorio Meteorológico Central de Tacubaya, D.F., para cada uno de los meses correspondientes a los años de 1928 a 1936. En ese trabajo se destaca esencialmente la abundancia del recurso solar en México, además de que se demuestra la excelente calidad del aire del D.F. en esos años”.

El primero de julio de 1957, con motivo de la celebración del Año Geofísico Internacional, el Instituto de Ciencia Aplicada en colaboración con el Instituto de Geofísica, ambos de la UNAM, reinician formal y sistemáticamente las observaciones de la radiación solar en México con cinco estaciones solarimétricas, ubicadas en Ciudad Universitaria, D.F.; en Altzomoni, en las faldas del Iztaccíuati; en San (Don) Cristóbal de las Casas; en el puerto de Veracruz y en la ciudad de Chihuahua. En 1960 la estación de Altzomoni se trasladó a Tlamacas.

En 1967 se instaló en Orizabita, Hgo. una nueva estación para medir la radiación global y la radiación directa total y espectral. Por su parte, el Instituto de Ingeniería de la UNAM puso en operación en agosto de 1979 una pequeña red de estaciones solarimétricas ubicadas en C.U., en Tonantzintla, en Cuernavaca y en Celaya. A pesar del entusiasmo y esmero del II-UNAM, las estaciones no cumplían con las especificaciones y los requisitos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para la operación de este tipo de estaciones. Lo anterior, aunado a otros problemas de carácter técnico, principalmente la falta de personal capacitado, trajeron como consecuencia que la operación de la red se suspendiera en 1983.

En la actualidad el Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, en donde se miden todos los componentes de la radiación solar y se calibran los instrumentos que para estas mediciones se realizan allí y en otras instituciones, ha sido designado como Centro Regional de la AR-IV por la OMM. Por otra parte, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, ubicado cerca de La Paz, B.C.S., reporta diariamente vía internet y en tiempo real, las mediciones de la radiación solar que se efectúan en dicho centro.

#### Desarrollo de colectores solares planos.

Se sabe que los primeros colectores solares planos comerciales de fabricación mexicana aparecieron en la década de 1940, concediéndose una patente sobre esta tecnología a su fabricante, de apellido Orozco. Parece ser que en la actualidad aún existen en operación algunos colectores solares de este diseño, en la ciudad de Guadalajara.

En 1972 se iniciaron los estudios para el aprovechamiento de la energía solar en el Centro de Investigaciones en Materiales, hoy Instituto de

Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM, con lo que comenzó a formarse uno de los grupos de investigación más importantes en esta área. Los primeros depósitos de superficies selectivas hechos en México fueron obtenidos y caracterizados en este centro en 1975, año en el que se instalaron 245 m<sup>2</sup> de colectores solares planos para el calentamiento de albercas en un conjunto de condominios (Potrero Verde) en Cuernavaca. El primer banco de pruebas para la caracterización de colectores planos se instaló en 1978 en el IIM-UNAM, en donde quedó oficialmente constituido su Departamento de Energía Solar. En ese mismo año se instaló en el hotel "Villa Lorena", en La Paz, BCS, un sistema solar de calentamiento de agua con 288 m<sup>2</sup> de colectores planos. A partir de entonces se han instalado anualmente en México miles de colectores planos en domicilios particulares, condominios, centros deportivos, hoteles, escuelas, etc.

En la actualidad existen unas 30 pequeñas empresas que fabrican en México colectores solares planos, y se han instalado miles de metros cuadrados de éstos para calentamiento de agua en proyectos de todas las magnitudes, desde domésticos de unos 2 m<sup>2</sup> de área de colección, hasta los de más de 2000 m<sup>2</sup>, como el del Club Campestre Asturiano, ubicado en el Estado de Morelos, que constituye el mayor sistema de calentamiento de agua con este tipo de colectores en nuestro país.

#### Desarrollo de celdas fotovoltaicas.

En 1966 en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN se iniciaron las investigaciones sobre materiales semiconductores para la fabricación de celdas solares. Con estos trabajos se dio principio a la formación de uno de los grupos de investigación dedicados al estudio y al aprovechamiento de las FRE más importantes del país. Los primeros sistemas solares fotovoltaicos instalados en México datan de 1967, cuando la Comisión Nacional del Espacio Exterior, dependiente en aquel entonces de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (la SEPAFIN, que posteriormente se transformó en la SEMIP, la que a su vez se convirtió en la actual Secretaría de Energía) lanzó globos meteorológicos instrumentados con celdas de 2 cm<sup>2</sup> de silicio monocristalino de unión, cuya eficiencia de conversión era del orden del 8%, con metalización de oro y dióxido de titanio como capa antirreflejante. Estas celdas fueron fabricadas en el CINVESTAV y el sistema operaba a 9 voltios. Los primeros radioteléfonos rurales y el primer sistema de enseñanza vía televisión se instalaron en el Estado de Puebla en 1977. En 1978 se instaló, también en el Cinvestav, una línea de producción de celdas solares de silicio monocristalino que permitió adquirir experiencia en la fabricación de este tipo de dispositivos y demostró la capacidad técnica de los mexicanos para lograr exitosamente estos desarrollos. En el periodo de 1979 a 1981 se desarrolló en ese mismo centro, un sistema fotovoltaico de bombeo de agua de 735 W pico, con una

capacidad de 3.7 litros por segundo a 90 m de profundidad; de 1981 a 1984 se diseñaron, construyeron e instalaron sistemas para la iluminación de albergues infantiles del Instituto Nacional Indigenista (INI) en cooperación con el Cinvestav, en los que se beneficiaron 153 localidades rurales.

A mediados de la década de 1980, empresas privadas de instaladores de sistemas fotovoltaicos importados comienzan a colocar sistemas de iluminación, de bombeo de agua y de radiocomunicaciones en las zonas rurales no electrificadas del país.

En 1989, el Gobierno Federal estableció un plan de electrificación rural mediante pequeños sistemas fotovoltaicos, a través del tristemente célebre "Pronasol", con una inversión multimillonaria para la importación a gran escala de módulos solares de fabricación extranjera, que relegó a segundo término los trabajos que se desarrollaban en nuestro país. En dicho plan participaron diversas instituciones paraestatales, entre las que destacaban la CFE, la Compañía de Luz y Fuerza del Centro, Pemex, TelMex, el IMSS, el INI, Ferronales, Caminos y Puentes Federales y Servicios Conexos y la SCT. Las empresas privadas mayormente beneficiadas fueron Condumex, IPCWestinghouse, Solartec, entre algunas de las ya establecidas que abrieron una sección fotovoltaica, y otras que fueron expresamente creadas ante la inminencia de un buen negocio, como Entec, Opción Solar, Heliotécnica y muchas más. Desgraciadamente, muchos de los sistemas instalados en el anterior sexenio por el citado programa, están en desuso por falta de un mantenimiento elemental que no fue considerado en la planeación del mismo. Esto sucede como regla general en muchos proyectos gubernamentales: se invierte en obras nuevas que son pomposamente inauguradas, con un gran despliegue publicitario, y se les deja posteriormente en el abandono, es decir, sin el debido mantenimiento; innumerables puentes, caminos vecinales, jardines y parques, etc., han corrido esta suerte.

Por otra parte, en 1978, y a espaldas de la comunidad académica solar, mediante un convenio de colaboración signado entre la entonces República Federal de Alemania y la Dirección General del Aprovechamiento de Aguas Salinas y Energía Solar (DIGAASES), se instalaron en una comunidad de 250 habitantes, módulos fotovoltaicos combinados con sistemas de colectores térmicos para satisfacer la demanda de una comunidad de pescadores (Las Barrancas) en Baja California Sur. Dichos módulos actualmente forman parte de un cementerio tecnológico cuyos restos se corroen inexorablemente ante la imposibilidad de restaurarlos. Esta experiencia se trata más adelante.

## Plantas termosolares de potencia.

En 1978, investigadores del Instituto de Ingeniería de la UNAM iniciaron un proyecto experimental para generar electricidad a partir de ciclos termodinámicos de potencia, en donde el suministro de energía se lograba mediante concentradores solares de canal parabólica con los que se calentaba un aceite térmico a temperaturas que alcanzaban los 250°C. La energía solar capturada en el aceite se transfería mediante un intercambiador de calor, al agua que se evaporaba y se introducía a una turbina de vapor para posteriormente condensarse y volverse a evaporar, completando un ciclo termodinámico, conocido como "ciclo de Rankine". Después de cuatro años de análisis teóricos de sus componentes, así como de construcción y pruebas de éstos, se terminó la instalación de esta planta en el año de 1982, siendo la primera en Latinoamérica de su tipo y una de las más grandes a nivel mundial en aquellas fechas. La instalación se realizó cerca del vivero alto de Ciudad Universitaria, y constaba de cuatro laboratorios en donde se estudiaban los aspectos solares, térmicos, mecánicos y de control. Su capacidad nominal era de 10 kWe pico; tenía 16 concentradores del tipo canal parabólico, cada uno con 2.5 m de apertura y 14 m de longitud, por lo que el área total de captación era de 550 m<sup>2</sup>. El diseño y el análisis de los colectores solares fue la parte más difícil e importante del proyecto, que incluyó el estudio de superficies selectivas para recubrir los absorbedores o tubos por donde circulaba el aceite térmico, el desarrollo de los espejos de los concentradores y la simulación del funcionamiento de todo el sistema, aunque quizá la parte más notoria es el tanque de almacenamiento térmico, cuya capacidad es de 30 metros cúbicos y tiene una altura de 14 m. El desarrollo de esta planta termosolar proporcionó valiosos conocimientos tanto teóricos como prácticos, permitiendo obtener muy importantes experiencias que colocaban al Instituto de Ingeniería casi a la par en el desarrollo de estas tecnologías, con las instituciones del primer mundo que también estaban comenzando a desarrollarlas.

Coincidiendo con el término de la instalación de esta planta, se iniciaron los sexenios de corte neoliberal, cuyos primeros efectos en la investigación que se realizaba en las universidades públicas fue la estrepitosa caída de los salarios que percibían sus empleados, incluyendo a los investigadores. Esto propició que muchos de ellos huyeran del país o se fueran a laborar a la industria, generalmente como ingenieros de planta o algo similar, y ya no, salvo excepciones, como investigadores. Seguramente por esto el grupo de investigación y desarrollo de la planta solar, no creció en cantidad como hubiese sido natural que ocurriera, aunque en calidad su nivel es aún de excelencia. Transcurrieron casi cuatro años antes de que el gobierno implementara paliativos (el Sistema Nacional de Investigadores, los bonos por el buen desempeño académico, las becas de los programas de carrera

académica, etc.) para contener la desbandada de académicos de primer nivel del sistema universitario. Tiempo demasiado valioso para el desarrollo de la investigación.

Mientras tanto, los grupos que en el extranjero laboraban en este campo, crecieron y se consolidaron de manera impresionante, logrando incluso llegar a instalar grandes plantas comerciales para generar electricidad termosolar, que ya es perfectamente competitiva, desde el punto de vista meramente económico (el único que en verdad importa en un esquema neoliberal), con las plantas convencionales de generación eléctrica.

Han existido, y cada vez serán más evidentes, planes para instalar grandes plantas comerciales para la generación de electricidad empleando la energía solar (en combinación con combustibles fósiles) que en verdad son mucho más limpias que las termoeléctricas más avanzadas, pero al igual que estas últimas, emplearían tecnologías extranjeras que pagaríamos muy caras por el hecho de no utilizar nuestros propios desarrollos.

#### **Plantas híbridas para electrificar comunidades rurales.**

Existen en el país millares de pequeñas comunidades que carecen del suministro de energía eléctrica, debido esencialmente a que se encuentran alejadas de las redes de distribución, y resultaría extremadamente caro implementar las subestaciones, tender las nuevas líneas, con sus postes, transformadores y demás aditamentos, para proporcionarles el servicio en forma convencional. Como ejemplo de lo anterior, existen en el Estado de México, situado en el centro del país, más de 500 pequeños asentamientos con menos de 200 habitantes cada uno, que no disponen de electricidad. En algunos de ellos, el costo para instalar el servicio convencional a cada domicilio, sobrepasa los 20 mil pesos.

Una opción para electrificarlas, consiste en dotarlas de pequeños sistemas autónomos basados en las FRE disponibles en cada comunidad, optimizados de acuerdo con la disponibilidad de cada una de las fuentes, y el costo de las tecnologías para su aprovechamiento. Así, si la comunidad se localiza en una zona ventosa, la generación de la electricidad debería hacerse mayoritariamente mediante aerogeneradores (que son los sistemas que producen la electricidad al menor costo, comparado con otras tecnologías). Si no se dispone de mucho viento, pero la radiación solar incidente es muy alta, podrían emplearse módulos fotovoltaicos, aunque su costo por unidad de electricidad producida es mucho mayor que el de los aerogeneradores. Asimismo, si la biomasa es abundante, puede también emplearse, sola o en conjunción con otras FRE.

La electrificación empleando diversas fuentes energéticas plantea un problema de optimización del uso de éstas, de acuerdo con su disponibilidad, y a la minimización de los costos de instalación, operación y mantenimiento. El sistema resultante es un "sistema híbrido" para la generación de energía, y puede incluir un subsistema que emplee combustibles fósiles como respaldo en casos excepcionales.

Para que esta opción contribuya verdaderamente a resolver el problema de la falta de electrificación de las comunidades anteriormente citadas, en donde por regla general habitan los mexicanos más empobrecidos, las tecnologías deben ser muy económicas, lo cual sólo ocurriría si no se tuviesen que pagar a los precios que las grandes compañías, por lo general de origen alemán, japonés, británico o norteamericano, establecen a sus productos. Esto implica que los componentes de estos sistemas deben ser mayoritariamente, si no es que totalmente, de origen nacional.

En nuestro país existen unos pocos ejemplos de lo que sus instaladores han llamado "plantas híbridas", entre los que destacan tres de ellos: la planta de San Antonio Agua Bendita, en el Estado de México; la de María Magdalena, en el Estado de Hidalgo y la de X-Calak, en Quintana Roo. Las tres plantas adolecen de al menos los dos inconvenientes siguientes :

- Casi en su totalidad emplean tecnología importada extremadamente cara, para electrificar familias extremadamente pobres.
- Los componentes eólico, fotovoltaico y fósil, están muy lejos de su dimensión óptima, en cuanto a la disponibilidad de los recursos y al costo de las tecnologías.

En el caso de San Antonio Agua Bendita, la planta cuenta con un subsistema fotovoltaico de 12.39 kW pico, de fabricación japonesa; un subsistema eólico consistente en dos aerogeneradores de fabricación estadounidense, cada uno de 10 kW nominales, para velocidades del viento de 12 m/s (aunque prácticamente nunca se tienen esas velocidades del viento en esa región; más aún, antes de instalar los aerogeneradores ¡no se midió nunca la velocidad de éste!); un subsistema diesel de fabricación alemana, cuya potencia es de 74 kW que funciona automáticamente (si el depósito de combustible no está vacío) cuando no hay suficiente viento ni luz solar; un subsistema de almacenamiento en baterías eléctricas de descarga profunda de fabricación canadiense, cuya capacidad es de 250 kWh; un sistema adquisitor de datos de fabricación israelí y un subsistema de rectificación, inversión y control de fabricación estadounidense. La planta fue vendida a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro por la compañía Integrated Power Corporation, subsidiaria de Westinghouse y fue pagada con dinero aportado por la Sociedad Mexicana Technion, A.C.

Aun cuando la tecnología empleada en esta planta es de excelente calidad, su precio es estratosférico, de modo que la electrificación del poblado mediante esta planta salió mucho más cara que por los medios convencionales. Peor aún, solamente el 45% de las familias de la comunidad fueron beneficiadas con este sistema, el resto no recibe la electricidad producida en la planta porque la energía sólo llega a 150 m a la redonda de ésta, y sus casas se encuentran más alejadas. Para colmo, recientemente se extendió la red convencional para electrificar unos invernaderos en donde se cultivan flores para la exportación, ubicada a unos cuantos centenares de metros de la comunidad. Ahora quizás resulte más barato extender la línea hasta la comunidad, que cambiar el subsistema de baterías, cuya vida útil debe estar cercana a su fin.

El sistema "híbrido" de María Magdalena es muy similar al de Agua Bendita, con la salvedad de que emplea un aerogenerador mexicano y de ser más pequeña; también fue vendida por la Integrated Power Corporation a la Compañía de Luz y Fuerza del Centro. El de X-Calak cuenta con 6 aerogeneradores del mismo modelo que los de Agua Bendita; 234 paneles de 48 W cada uno, para un total fotovoltaico de 11.232 kW pico; un banco de baterías de ciclo profundo de 1738 Ah a 220V y un inversor trifásico de onda senoidal de 40kW, todos de origen extranjero.

Salvo quizás los paneles fotovoltaicos, el resto de los componentes de las plantas anteriores pudieron ser construidos en México a precios mucho más bajos, de modo que los sistemas resultasen suficientemente baratos como para extender su aplicación a decenas, y quizás millares de comunidades que requieren electrificarse.

### 3.3 PARTICIPACIÓN DEL ESTADO.

Desgraciadamente el Estado mexicano no ha asumido hasta ahora la responsabilidad de aprovechar en beneficio del país sus vastos recursos energéticos renovables, para lo cual se requiere, de inicio, de un reconocimiento plasmado en la Constitución, de que estos recursos (al igual que el petróleo, la tierra y las aguas), son propiedad original de la Nación. Debido a este vacío en el marco jurídico es que se llega a hablar de proyectos de inminente realización "para el aprovechamiento a perpetuidad y en forma exclusiva" del recurso eólico del Istmo de Tehuantepec, por parte de empresas estadounidenses, como apareció publicado en un boletín de la American Wind Energy Association, en septiembre de 1993. Así, por ignorar que las tecnologías para el aprovechamiento del viento son desde hace algunos años muy rentables, y que el recurso eólico es muy abundante en México, se ha corrido el riesgo de perderlo (al igual que el petróleo, que por lo menos se está malbaratando). Mientras tanto, se sigue hablando en los

los siguientes subsistemas, además de la infraestructura y accesorios requeridos.

- Un generador fotovoltaico de 250 kW pico.
- Una desaladora flash de una etapa.
- Una unidad de congelación.
- Una planta desaladora por ósmosis inversa.
- Una fábrica de hielo.
- Una planta desaladora flash de múltiples etapas.
- Un aerogenerador.
- Un campo de colectores concentradores con seguimiento en dos ejes.
- Un campo de colectores planos con tubos de calor.

El proyecto de urbanización consistió en una zona habitacional de 70 casas, una zona de servicios, áreas verdes y un centro cívico, todo con servicios de distribución de agua potable, alumbrado público, una aeropista, drenaje y una planta tratadora de aguas residuales.

Sonntlan Mexicali. Comprendía el aspecto urbano del proyecto y consistía en la dotación de aire acondicionado y agua caliente para uso doméstico en un conjunto habitacional de seis casas ubicadas en Mexicali, BCS. Los objetivos eran analizar la factibilidad técnica y económica de los sistemas para su posible aplicación en otras localidades, evaluar en condiciones reales el desempeño de los sistemas instalados y demostrar los beneficios que con éstos se podía obtener. También se incluyó una planta de desalación solar que se instaló en La Paz.

Este proyecto, en principio, pudo haber propiciado una cooperación entre México y Alemania, que proporcionara grandes beneficios científicos y tecnológicos para ambos países, pero se redujo a, como lo expresó la delegación alemana en la reunión inaugural del proyecto, celebrada en la RFA en 1979, "un convenio de colaboración entre la tecnología alemana y el Sol mexicano". Y así fue.

Por la parte alemana, la contratista principal del proyecto, Dornier System Gmbh y las empresas subcontratistas MAN, MBB, AEG-Telefunken y Linde, probaron sus tecnologías solares en insuperables condiciones y circunstancias: en un lugar siempre muy soleado, con abundante viento, sumamente alejado de "mirones", casi inaccesible y con obras de infraestructura financiadas con más de cuatro millones de dólares de aquel tiempo, por el gobierno mexicano. La invaluable información experimental que estas empresas obtuvieron en este proyecto, seguramente fue decisiva para colocar a Alemania como el líder a nivel mundial en el desarrollo de sistemas para aprovechar las FRE.

Lo que México obtuvo fue un enorme cementerio tecnológico que hasta hace pocos años era pura chatarra que se pretendía arrojar al mar (quizás para borrar las evidencias de esta triste experiencia nacional).

¿Por qué ocurrió lo anterior, sobre todo cuando aún estaba fresco el fracaso del proyecto Tonatiuh?. La respuesta a la anterior pregunta la han dado varios destacados miembros de la ANES. Esencialmente los errores fueron los siguientes:

- Ambos proyectos fueron autoritariamente implantados a través de organismos dependientes de Secretarías de Estado, sin conocimientos ni experiencia en el campo de la energía solar, y sin contar con los cuadros técnicos necesarios para la ejecución de los proyectos, ni para negociar una real transferencia de tecnología. Quienes en verdad conocían sobre el tema y tenían una reconocida trayectoria en su estudio, fueron relegados al existir un divorcio (frecuente en el país), entre los organismos ejecutores de proyectos y la comunidad científico-tecnológica que estudiaba las FRE.
- En ambos proyectos se ignoró la infraestructura y los desarrollos que se habían realizado en México, y se utilizó tecnología extranjera en un 100%.
- En los proyectos prevaleció el ego político sobre el verdadero interés por desarrollar tecnologías nacionales y ayudar al desarrollo de las comunidades marginadas.

Ante los recientes planes y acuerdos de colaboración signados por la ANES con dependencias gubernamentales e instituciones extranjeras, estas experiencias deben ser profundamente consideradas para no repetir la historia.

A favor de la DIGAASES puede decirse que publicó en 1979 una serie de 13 modestas monografías sobre temas relacionados con la energía solar, que presentaban información muy escueta con los siguientes títulos:

- a. ¿Qué es la Energía Solar?
- b. Urbanismo y Arquitectura Solar
- c. Calentadores solares
- d. Destilación solar
- e. Invernaderos
- f. Secado de Granos y Frutos
- g. Fertilizantes y Gas (Bioconversión)
- h. Plantas Solares para Bombeo de Agua
- i. Energía Eólica
- j. Fotoceldas
- k. Estufas y Hornos Solares
- l. Refrigeración Solar

las demás fuentes renovables de energía. Desde 1977, la ANES celebra anualmente durante la primer semana de octubre, la "Semana Nacional de Energía Solar" que incluye cursos de actualización, mesas redondas, exposiciones y fundamentalmente, una reunión de carácter técnico. La ANES es actualmente la Sección Mexicana de la *International Solar Energy Society* (ISES).

Los objetivos de la ANES son los siguientes:

- Asociar a todas las personas interesadas en promover el desarrollo científico y tecnológico para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.
- Estimular, promover y coordinar los esfuerzos de quienes difunden, trabajan y desarrollan la utilización de la energía solar y el aprovechamiento de otras fuentes de energía relacionadas con ella, como el viento, la biomasa y la hidráulica.
- Servir de enlace entre investigadores, fabricantes, profesionales y dependencias oficiales y privadas del área, para procurar el concenso de expertos capaces de opinar sobre las políticas de gestión y administración energética nacional.

Para cumplir los objetivos anteriores, la ANES realiza las siguientes actividades:

- Organiza anualmente la Semana Nacional de Energía Solar, donde se presentan los trabajos nacionales más sobresalientes. En esta reunión participan destacados investigadores internacionales que aportan sus experiencias en el marco de conferencias plenarias o cursos de capacitación. Simultáneamente se organizan diferentes cursos de actualización en el campo de las FRE.
- Publica anualmente la Memoria de cada Semana Nacional de Energía Solar, que se distribuye al inicio de éstas. Publica también *La Revista Solar*, de aparición trimestral, en donde se presentan trabajos científicos, técnicos y de divulgación sobre el aprovechamiento de las FRE.
- Brinda información sobre congresos, conferencias y cursos nacionales o extranjeros, relacionados con las FRE, a través del *Boletín Solar*, que se distribuye bimestralmente a sus socios.
- Es la sección mexicana de la Sociedad Internacional de Energía Solar (ISES) y colabora con organizaciones nacionales e internacionales para la promoción del uso de las FRE.
- Forma parte del Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), donde el cargo de Secretario Técnico es ocupado por el Presidente en turno de la ANES.

En la siguiente sección se hace una breve reseña de las 22 reuniones técnicas que la ANES realiza cada año abarcando la primera semana de octubre, en el marco de las denominadas "Semanas Nacionales de Energía Solar", en donde, además de la reunión técnica (que es en realidad un congreso), se imparten cursos de actualización, se presentan exhibiciones, eventos culturales, concursos, etc., relacionados con las fuentes renovables de energía.

#### **Reseña de las Reuniones Técnicas anuales de la ANES.**

Las reuniones anuales sobre el desarrollo de fuentes no convencionales de energía tiene su origen en una reunión efectuada en la Unidad Xochimilco de la Universidad Autónoma Metropolitana en junio de 1977. En esa ocasión 70 especialistas dedicados a la investigación, construcción y desarrollo de equipo para el aprovechamiento de energías alternativas, trabajando en la iniciativa privada, en instituciones gubernamentales o en universidades y centros de enseñanza superior, manifestaron su interés en mantener el diálogo entre expertos y permitieron iniciar el inventario de los recursos dedicados a estas especialidades.

En febrero de 1978 se llevó a cabo la segunda Reunión Nacional de Energía Solar en Palmira, Morelos, organizada por el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Centro de Ecodesarrollo (CECODES-CONACYT). En esa ocasión se reunieron unos 100 expertos nacionales y extranjeros quienes propusieron crear un banco de información que apoyara al sector público en la elaboración e implantación de políticas de desarrollo de tecnología nacional. Se concluyó que la tecnología correspondiente a las FRE permitirá la autosuficiencia energética del país a largo plazo. Se decidió promover la creación de centros regionales de investigación y desarrollo, apoyar la demostración de las nuevas tecnologías en plantas piloto y aumentar los esfuerzos en la elaboración de una carta nacional de energía solar. También en esa reunión se anunció la creación de un banco de datos a cargo del PNUMA, que ya estuvo operando durante algún tiempo en Masaryk 29, piso 5, México, DF. Se recomendó que en las reuniones siguientes se hiciera énfasis en el incremento de la actividad productiva de diferentes sectores como resultado del desarrollo de las FRE.

La Tercera Reunión Nacional fue organizada por el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Mich., en febrero de 1979. Asistieron representantes de unas 35 instituciones del país, quienes discutieron 23 ponencias relativas al estado de la tecnología en esa época y al impacto social detectado como efecto del desarrollo de las FRE. Se hizo énfasis en las experiencias alcanzadas en instalaciones piloto y se concluyó que era benéfico evaluar periódicamente las realizaciones en cada una de las áreas

La XI Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 28 de septiembre al 2 de octubre de 1987, siendo el Instituto Tecnológico de Villahermosa y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, las instituciones sede del evento, con la colaboración del Instituto Cultural de Tabasco y de la Dirección de Educación Superior y Divulgación Científica de la SEP. Se publicaron en la memoria del evento un total de 75 trabajos sobre temas diversos como: Sistemas Térmicos, Evaluación de Recursos Energéticos y Refrigeración Solar, entre otros. Al igual que en reuniones anteriores, se realizaron mesas redondas y los días 28 y 29 de septiembre se impartieron 3 cursos de capacitación.

La XII Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 3 al 7 de octubre de 1988 en la ciudad de Puebla de los Ángeles, siendo la Universidad Autónoma de Puebla la institución anfitriona. En esa ocasión se presentaron 61 trabajos que fueron publicados en la memoria técnica del evento y tomó posesión el V Consejo Directivo, con el Dr. Jorge Huacuz Villamar como Presidente del mismo.

La XIII Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 1º al 3 de octubre de 1989 en la ciudad de Morelia, teniendo como sede la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo con el apoyo del Instituto Tecnológico de Morelia, dentro de la "Semana Nacional de Energía Solar"; se publicaron un total de 55 ponencias en la memoria del evento y se impartieron 4 cursos de actualización.

La XIV Reunión Nacional de Energía Solar fue organizada con la colaboración del Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur y del Instituto Tecnológico de la Paz, dentro de la Semana de Energía Solar de 1990. Se impartieron varios cursos de capacitación de interés regional y se realizaron mesas redondas en las que se discutieron algunas alternativas de solución al problema energético nacional. Además se publicaron un total de 77 ponencias en la memoria y entró en funciones el VI Consejo Directivo, encabezado por el Dr. Hernando Guerrero Cázares.

La XV Reunión Nacional de Energía Solar se realizó en el marco de la "Semana Nacional de Energía Solar" realizada a finales de septiembre y principio de octubre de 1991 en la ciudad de Zacatecas, teniendo como institución anfitriona a la Universidad Autónoma de Zacatecas. Durante esa reunión se llevaron a cabo diversas mesas redondas de temas de interés en el ámbito energético, se impartieron cursos de actualización y se publicaron en la memoria un total de 48 trabajos. En la Asamblea General del evento, se acordó buscar que México fuese la sede de un futuro Congreso Mundial de la *International Solar Energy Society*, de la cual la ANES es la sección mexicana.

La XVI Reunión Nacional de Energía Solar se realizó en el marco de la "Semana Nacional de Energía Solar" realizada a finales de septiembre y principios de octubre de 1992 en la ciudad de Oaxaca, con la colaboración del CIIDIR - IPN, Unidad Oaxaca. Durante esa reunión se llevaron a cabo diversas mesas redondas de temas de interés en el ámbito energético, se impartieron 4 cursos de actualización, se publicaron en la memoria un total de 65 trabajos y al final del evento se tomó la protesta al VII Consejo Directivo de la ANES, correspondiendo al Dr. Juan José Ambriz García presidirlo.

La XVII Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 5 al 8 de octubre de 1993 en la ciudad de Colima con la colaboración del Universidad de Colima. Durante esa reunión se llevaron a cabo mesas redondas de temas de interés en el ámbito energético, sesiones plenarias, se impartieron cursos de actualización con la participación de personal de los Laboratorios Sandia del gobierno de los E.U.A. y se publicaron en la memoria un total de 75 trabajos. También se efectuó una carrera de autos eléctricos.

Entre el 4 y el 7 de octubre de 1994 se celebró Hermosillo, Sonora, la XVIII Reunión Nacional de Energía Solar, con la Universidad de Sonora como institución anfitriona. El evento fue inaugurado por el Gobernador Constitucional del Estado y al final del mismo se le tomó la protesta estatutaria al VIII Consejo Consultivo de la asociación, presidido por el Ing. Enrique Caldera Muñoz. En la memoria de la reunión se publicaron 95 artículos.

La XIX Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 2 al 6 de octubre de 1995 en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Durante este evento se impartieron cursos de actualización sobre distintos tópicos de las FRE y se impartieron 4 conferencias magistrales. En la memoria del evento se publicaron 85 artículos técnicos, ocho de ellos escritos por destacados investigadores de otros países, remarcándose así la participación internacional en las sesiones técnicas de las reuniones nacionales de energía solar.

La XX Reunión Nacional de Energía Solar se realizó del 2 al 4 de octubre de 1996 en la ciudad de Xalapa, siendo la Universidad Veracruzana la institución anfitriona del evento, durante el cual se impartieron cursos de actualización sobre distintos tópicos de las FRE, se dictaron 4 conferencias magistrales y se realizó una mesa redonda. Se presentó la exposición fotográfica *20 Años de Esfuerzo Solar en México*, coordinada por el Dr. Rubén Dorantes, en donde se mostró la historia de la ANES y los proyectos más relevantes realizados en las últimas décadas relativos a las fuentes renovables. En la memoria se publicaron 82 artículos técnicos y al final de la

#### **Capítulo 4. ESTADO ACTUAL DE LA INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.**

Después de hacer en el capítulo anterior un sumario de la investigación y el desarrollo realizados en los últimos años sobre la energía solar y sus manifestaciones secundarias, en el presente capítulo se presenta el estado actual en este tema, con base en información proporcionada por los líderes de los grupos de investigación más activos que trabajan con las fuentes renovables de energía, a través de un cuestionario que les fue remitido.

Este cuestionario contenía únicamente 8 reactivos; los dos primeros tenían por finalidad identificar los fundamentos y los objetivos institucionales de los diferentes grupos para dedicarse a esta labor. En los restantes 6 reactivos se solicitaban:

- Los tópicos de las fuentes renovables de energía en las que cada grupo ha trabajado.
- Información acerca de los integrantes de cada grupo, que incluían: su formación académica, su antigüedad en este campo, el tiempo que le dedican a esta área, etc.
- Las actividades que realizan: investigación, desarrollo tecnológico, docencia, servicios, capacitación, etc.
- Los resúmenes de los productos obtenidos en los últimos 10 años, que incluyen: artículos en revistas especializadas y en memorias de congresos, tanto nacionales como internacionales, los libros publicados, los prototipos construidos, las patentes concedidas, la transferencia de tecnología a empresas, etc.
- La infraestructura material con que se cuenta, incluyendo los laboratorios, equipos e instrumentos más importantes.
- Cuáles, a juicio de los líderes de los grupos, eran considerados como los logros más importantes de su grupo.

La información obtenida de las respuestas a este cuestionario fue complementada con datos y comentarios vertidos por los investigadores de manera particular, y con los artículos técnicos y de divulgación que éstos han submitido a la ANES en los últimos años para su publicación.

En los anexos 1, 2, y 3 se presenta una compilación detallada de la información ordenada de la siguiente manera:

- En el anexo 1 es un índice temático de los artículos publicados en las memorias de las "Semanas Nacionales de Energía Solar" correspondientes a los últimos 4 años, incluyendo 1998.

- El anexo 2 contiene los títulos de los libros de fácil adquisición relacionados con las fuentes renovables de energía, escritos y publicados en México.
- El anexo 3 es un directorio de los investigadores que trabajan con las FRE en nuestro país, que incluye, además de las instituciones o empresas en que laboran y sus áreas de especialidad, sus direcciones electrónicas así como sus números telefónicos y de fax.

A partir de la información contenida en los anexos citados, y las respuestas de los investigadores al cuestionario, puede considerarse el siguiente panorama general de la investigación sobre la energía solar y las demás fuentes renovables de energía.

#### 4.1 PANORAMA GENERAL DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA SOLAR Y DEMÁS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN MÉXICO.

Las actividades de investigación y desarrollo de las fuentes renovables de energía, así como la difusión de sus resultados, se ha realizado en nuestro país gracias al esfuerzo, muchas veces aislado y sin el apoyo institucional que se requiere, de investigadores universitarios en su mayor parte, con el auxilio de sus estudiantes y tesisas. Estos académicos están casi en su totalidad organizados en una asociación civil integrada hace 22 años, denominada Asociación Nacional de Energía Solar, A.C., que constituye la sección mexicana de la Sociedad Internacional de Energía Solar. Estas actividades han evolucionado con base en criterios casi puramente académicos, pues aunque está muy claro para los investigadores en esta área, que la energía solar es imprescindible para lograr un desarrollo sostenible y que las empresas que industrialicen los sistemas para el aprovechamiento de las fuentes limpias de energía tienen un futuro sumamente prometedor, no se ha podido concretar un plan global para su aprovechamiento, aunque en fechas recientes se están estableciendo los contactos, promovidos por la ANES, entre los grupos de investigación y entre éstos con varias dependencias gubernamentales y con pequeños industriales y comercializadores.

El plan global requerido debe contemplar todos los beneficios e implicaciones sociales, ecológicas y de ahorro de energía que traería consigo la utilización masiva de las fuentes renovables de energía en nuestro país. Aun cuando los organismos públicos que financian la mayoría de las investigaciones que se realizan en las universidades y otras instituciones de enseñanza superior, como el Conacyt, parecen empezar a comprender la importancia de las fuentes limpias de energía, ha sido evidente la carencia de políticas para su promoción, su estudio, su desarrollo y comercialización, y el apoyo para crear una industria nacional

que satisfaga la enorme demanda proyectada y para dar el soporte científico y técnico a dicha industria, a través de la investigación que se realiza en México. Debido a la carencia de estas políticas es que se ha perdido la oportunidad de liderar la investigación en áreas del conocimiento en la que nuestros colegas estuvieron a la par de los más prominentes investigadores del mundo en cuanto a conocimientos y tecnologías novedosas, pero que por interrupciones en sus programas, por no considerarse prioritarios de acuerdo con criterios burocráticos, se han rezagado con respecto a estos últimos, aún cuando su trabajo sigue siendo de excelencia y reconocido internacionalmente.

Dos ejemplos de lo anterior se citan a continuación.

- La planta piloto de módulos fotovoltaicos del CINVESTAV-IPN, en donde un grupo de investigadores aplicaron su trabajo de desarrollo tecnológico, adquirieron experiencia en los aspectos de producción de las celdas solares y los módulos fotovoltaicos e incluso realizaron aplicaciones importantes como la iluminación de clínicas y albergues rurales y el suministro eléctrico de telesecundarias, pero sin poder concretar la industrialización de sus módulos, a pesar de haber demostrado la factibilidad de producirlos masivamente en México. Actualmente las celdas sólo son producidas en países altamente desarrollados como Alemania, Japón, Reino Unido y Estados Unidos.
- La planta solar de 10 kW del Instituto de Ingeniería de la UNAM, cuya instalación se inició en 1981, pero ya en 1978 estaba siendo diseñada. En esos años era una de la más importantes instalaciones termosolares en el mundo, comparable a las de países como Israel, Alemania, EUA o Australia, que hoy en día se encuentran a la vanguardia en este tipo de plantas, gracias a un crecientemente sostenido apoyo a este tipo de desarrollos.

En los dos casos anteriores, los investigadores involucrados en el desarrollo de ambos proyectos continúan haciendo un trabajo de excelencia y son reconocidos a nivel mundial, pero sus grupos no han crecido en la misma proporción que lo hicieron sus pares de otros países, y su tecnología no ha contribuido a mejorar significativamente las condiciones de vida de los mexicanos, ni se ha establecido una pujante industria que aproveche sus valiosos desarrollos. Esto es debido en gran parte al poco reconocimiento que se le ha dado, en los altos círculos en donde se deciden las políticas de apoyo a los programas de investigación y desarrollo, a los trabajos en ciencias de la ingeniería y de desarrollo tecnológico, por privilegiarse la producción de artículos "científicos" en revistas de circulación mundial editadas por grandes empresas editoriales, a las que en general, les importa poco publicar resultados útiles a la mayoría de la población de un país tercermundista.

En cambio, una aportación que puede servir para que un país muy desarrollado satisfaga una necesidad, por pequeña que esta fuese, es reconocida como verdaderamente valiosa, aunque a los mexicanos en verdad no les proporcione ningún beneficio.

Esta perniciosa actitud se permea en todos los niveles de nuestro sistema educativo y de investigación, desde el otorgamiento de las becas de "carrera académica", a los estímulos del SNI (como sucedáneos de un salario digno), y ha ocasionado que muchos investigadores prefieran dedicarse a la "investigación de excelencia", en programas poco pertinentes a nuestra realidad social, y los proyectos verdaderamente importantes sean poco atractivos por no conducir a las limosnas que un sistema mal fundamentado ofrece. Contra esta situación se debe trabajar tratando de conciliar mejoras en las percepciones económicas de los investigadores con el desarrollo de investigaciones de gran calidad, pero orientada preferentemente a mejorar nuestra calidad de vida.

Además del problema anteriormente citado, resulta que para desarrollar sistemas para aprovechar una fuente limpia de energía (o para cualquier aplicación en general), se requiere del trabajo coordinado de especialistas en tópicos muy específicos, y un grave defecto en nuestra formación, no sólo como ingenieros, sino en casi todas las disciplinas profesionales, es el no prepararnos debidamente para trabajar en equipo, que es como se realiza prácticamente toda la investigación (o actividad) realmente importante y trascendente. Como ejemplo de lo anterior podríamos citar dos casos: el desarrollo de sistemas fotovoltaicos y el de aerogeneradores, ambos con la finalidad de generar electricidad, los primeros mediante la conversión directa de radiación solar, y los segundos para aprovechar la energía del viento.

De acuerdo con el Dr. Arturo Morales Acevedo, quien es uno de los investigadores más destacados en el área de sistemas fotovoltaicos, entre éstos se encuentran los sistemas autónomos, los sistemas centralizados fuera de la red de distribución eléctrica y los sistemas conectados a la red; según la necesidad que se requiera satisfacer se elegirá alguna de estas opciones. Por ejemplo, para dotar de energía para la iluminación de una sola casa situada en un lugar remoto, se requerirá obviamente de un sistema autónomo. Ahora bien, dependiendo del sistema, la tecnología más adecuada será diferente; por ejemplo, los pequeños sistemas fotovoltaicos autónomos como el requerido por la casa situada en un sitio alejado de las líneas de distribución convencionales, están basados en arreglos de módulos planos fijos o semifijos, en tanto que los sistemas conectados a la red pueden constar de arreglos fotovoltaicos con concentración solar. Además, la generación puede hacerse empleando más de una fuente renovable, como en el caso de un sistema híbrido fotovoltaico-eólico-

microhidráulico. Así, puede verse la gran diversidad de áreas de investigación que requieren de la participación de especialistas en la química y la física de materiales en estado sólido, en la física de dispositivos electrónicos con semiconductores, en la ingeniería en electrónica de potencia, en la ingeniería de control, en la ingeniería civil y en la mecánica.

Es evidente que para que el sistema sea exitoso, todos sus componentes deben funcionar adecuadamente; si alguno falla, el sistema no servirá aún cuando los demás componentes funcionen óptimamente. En consecuencia la investigación y el desarrollo de estos sistemas involucra a grupos multidisciplinarios que trabajen con una visión integral u holística del problema a estudiar.

Como comentario adicional a este caso, es notoria la escasez en México, de ingenieros eléctricos y electrónicos que estén actualizados en el diseño de convertidores electrostáticos (mejor conocidos como "inversores" CD-CA) eficientes y de gran potencia. Asimismo, es un tanto incipiente nuestro desarrollo en sistemas de almacenamiento de energía eléctrica tales como las baterías basadas en hidruros metálicos, que no solamente se requieren para sistemas fotovoltaicos, eólicos e híbridos, sino que también serían la base de los futuros vehículos eléctricos. También ha sido poco nuestro avance en la utilización de celdas de combustible basadas en hidrógeno producido con energía de origen renovable, pero sin ir más lejos, continúa el Dr. Morales Acevedo, "siendo las celdas solares el elemento fundamental de los sistemas fotovoltaicos, poco se ha hecho para tener una tecnología propia para la obtención de silicio cristalino de grado solar". Por otro lado, "ha sido notoria la repetición de investigaciones entre grupos que trabajan en diversos centros de estudio. Así, varios de ellos han intentado realizar celdas solares de silicio amorfo y de CdTe, o han repetido la obtención de capas utilizadas en celdas solares de película delgada, tales como el óxido de estaño, el sulfuro de cadmio, etc. En el área de los sistemas, también se han dado casos de repetición que causan dispendio de recursos materiales y humanos, así como retraso en el estudio de otros problemas importantes", concluye el Dr. Morales Acevedo.

En el caso del desarrollo de aerogeneradores, se requiere de especialistas en aerodinámica, en varias ramas de la ingeniería mecánica, en ingeniería estructural, en ingeniería eléctrica y electrónica, en mecánica de suelos, en control, entre muchas otras, además de expertos en la evaluación de los recursos eólicos. Muchas máquinas diseñadas por una sola persona, que solamente tenía conocimientos profundos en una de las áreas anteriores, no tuvieron éxito debido principalmente a problemas de aeroelasticidad, de dinámica estructural o de control de su operación, por haber sido concebidas con una visión parcial del sistema. Sin embargo, en México contamos con especialistas en todas las disciplinas anteriores, y todos los

componentes de un gran aerogenerador pueden ser construidos en México. Se ha logrado desarrollar pequeñas máquinas que incluso se han comercializado, pero ha faltado el conjuntar esfuerzos para lanzarse a la apasionante empresa de desarrollar aerogeneradores de gran potencia capaces de competir principalmente con los de origen europeo, que actualmente son los más exitosos en el ámbito mundial.

#### 4.2 PARTICIPACIÓN DEL GOBIERNO.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el gobierno mexicano, en sus distintos niveles, ha jugado un papel importante en la promoción y el financiamiento de algunos proyectos relacionados con las FRE, pero casi todos los sistemas instalados dieron respuesta a problemáticas específicas y no surgieron explícitamente de una política gubernamental concertada o planeada. En el pasado reciente, el organismo ejecutor de los proyectos de electrificación en México, la Comisión Federal de Electricidad, basándose en una lógica de costos financieros comparativos entre tecnologías, utilizó esporádica y marginalmente a las FRE, con excepción de la geotermia. La Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), tiene entre sus mandatos el fomento de las FRE en el territorio nacional. Ésta a su vez, desarrolla actualmente un programa específico sobre las FRE que tiene como objetivo principal el sentar las bases para el diseño de una política gubernamental destinada específicamente a las energías renovables y contempla, en sus primeras fases, escuchar las opiniones de los principales actores del mercado de las FRE en el país, que incluye a los productores de equipos y sistemas, a consultores, a comercializadores y por último, a los investigadores. Lo anterior con la finalidad de “desarrollar y fortalecer en el mediano plazo, un mercado de libre competencia para estas fuentes”.

En este contexto, la CONAE organizó en noviembre de 1996, conjuntamente con la ANES, el “Foro de Evaluación sobre Fuentes No Convencionales de Energía”, al cual asistieron más de 70 personas de diversas instituciones públicas y privadas que, por su representatividad y calidad en el medio de las FRE, se supone que constituyeron una masa crítica que permite considerar como confiables las conclusiones del foro, siendo la más importante de ellas la creación del llamado “Consejo para el Fomento de las Energías Renovables” o COFER.

Originalmente la misión del COFER consistiría en “fomentar el mercado de las Energías Renovables en México, bajo un esquema de libre competencia y fomento de las capacidades nacionales”, planteándose cuatro grandes objetivos estratégicos que para su consecución se traducían en sendos programas:

- **Promoción y difusión (concientización social).**- Este programa implicaba el desarrollo de proyectos de difusión, capacitación y educación sobre las FRE en todos los ámbitos del país.
- **Mecanismos de comando y control.**- Este programa trata de que, en un esquema de concertación, el COFER promoviese la elaboración y la emisión de normas, reglamentos y códigos relacionados con los equipos y sistemas que utilicen las FRE para fomentar su confiabilidad y permitir su penetración creciente en distintos nichos de mercado.
- **Instrumentos económicos.**- El COFER debería identificar y divulgar los procedimientos para lograr financiamientos, así como localizar y difundir ofertas y demandas para proyectos de utilización de las FRE en México.
- **Investigación y desarrollo.**- El COFER apoyaría proyectos de investigación aplicados al fortalecimiento del mercado de las FRE en México

Los miembros del COFER fungirían como enlace entre este organismo y las diversas entidades educativas, operativas, normativas, financieras y productivas para impulsar y ejecutar proyectos relacionados con las FRE. El COFER estaría presidido por el Secretario de Energía, quien podría delegar dicho cargo en el Secretario Técnico de la CONAE. A su vez, el Secretariado Técnico del COFER estaría a cargo del Presidente en turno de la ANES. Los demás integrantes de este organismo serían representantes de instituciones como las confederaciones de cámaras de industriales y comerciantes, de otros organismos industriales y por último, de instituciones educativas y de investigación.

#### **4.3 PARTICIPACIÓN DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS Y DE INVESTIGACIÓN.**

Es claro que la constitución del COFER ha sido un intento positivo por tratar de impulsar el desarrollo de los sistemas para el aprovechamiento de las FRE, con la participación de la ANES y del gobierno mexicano. El inconveniente de este esquema es que está orientado, como sucede en todo esquema neoliberal, a satisfacer las necesidades del mercado por encima de las necesidades de la gente. Se requiere ahora de la formación de un consejo, o comité consultivo, u otro organismo similar, pero de carácter eminentemente académico, para la planeación de la investigación y el desarrollo de las FRE, en el que participen activamente aquellas instituciones en donde se haya realizado trabajo en este campo (CINVESTAV-IPN, CIE- UNAM, II-UNAM, UAM-I, UAM-A, FI-UAEMéx, Instituto de Investigaciones Eléctricas y otras), quienes podrían proporcionar consultoría y auxilio al COFER, el que a su vez auxiliaría a organismos como la CONAE, la Secretaría de Energía o el CONACyT. El propósito de este consejo sería el detectar las áreas de investigación estratégicas, fomentar la creación de grupos que trabajen en aquellos temas que, siendo importantes,

no se hayan estudiado previamente, evitar la repetición de esfuerzos dentro de las instituciones nacionales y promover la asignación de recursos a éstas, por parte de organismos como la ONU, la OEA, el Banco Mundial o la Comunidad Europea. Otra tarea importante sería la creación de un fondo para otorgar becas complementarias a estudiantes que trabajen en esas instituciones y en estos temas.

Al margen de la existencia de organismos o consejos como el apenas mencionado, los diferentes grupos de investigación deben intentar un mayor acercamiento para tener colaboración e intercambio de estudiantes e investigadores. Así, se podrían establecer convenios para que los estudiantes puedan realizar tesis codirigidas por investigadores en dos o más instituciones, buscando, si fuese posible, la multidisciplinariedad, con el objeto de darles una formación más integral.

De igual forma, deberán promoverse proyectos de investigación con la participación de varias instituciones. Estos proyectos, no necesariamente tendrán que ser de gran magnitud, sino que de preferencia deberán ser pequeños. Como ejemplo de estos últimos, está la creación de bases de datos accesibles fácilmente a través de internet, en donde se pueda contar con información actualizada sobre el recurso solar en el país, sobre los productos de investigación y desarrollo realizados nacionalmente en este campo (tesis, proyectos, patentes generadas, etc.), sobre trabajos de investigación y desarrollo en proceso, y sobre publicaciones nacionales e internacionales clasificadas por tema. La participación de las diferentes instituciones haría simple la captación de la información requerida, teniéndose como compromiso por parte de cada una de ellas, el actualizar la información periódicamente. Esto también tendría la ventaja de que la información tendería a clasificarse de manera normalizada en las diferentes instituciones. El presente trabajo y las páginas en internet de la ANES y la CONAE<sup>10</sup> podrían servir como antecedente de esta iniciativa.

Todo lo anterior va en el sentido de tener una mayor coordinación entre instituciones en donde se realiza investigación y desarrollo para optimizar los recursos y para avanzar en el desarrollo integral de los sistemas para aprovechar las FRE. Además, estamos conscientes de que en la medida en que se cuente con mayor información, se podrá influir como sector organizado en la toma de decisiones por parte del gobierno y de organismos internacionales relacionados con las FRE.

La implicación más importante, respecto a lo anterior, es que se debe buscar una acción conjunta y coordinada, en vez de que sea dispersa e independiente. Por supuesto, para lograr lo anterior, se deben dar

---

<sup>10</sup> Sus direcciones electrónicas son: <http://www.anes.org> y <http://www.conae.gob.mx>

condiciones para que todos los participantes obtengan beneficios de tal colaboración. Sólo de esa manera se podría asegurar su interés y se evitaría que se continúe trabajando de manera desorganizada.

A la divulgación o difusión enfocada a la comunidad también debe dársele un fuerte impulso. En este sentido se propone que, mediante un plan de difusión, establecido por la ANES con la participación de diversas instituciones, se promueva el conocimiento de las FRE, tanto a nivel de público en general, como entre las instituciones educativas de nivel medio y superior del país.

Por ejemplo, sería muy adecuado que se produjeran cintas de video, en las que se muestre qué son, qué ventajas tienen y cómo se pueden utilizar adecuadamente las FRE, así como el desarrollo alcanzado en nuestro país. Estas videocintas podrían presentarse periódicamente en canales de TV y en escuelas, o durante exhibiciones y conferencias organizadas por las instituciones de investigación y desarrollo, con el apoyo de la ANES. Conjuntamente con esto, se podrían organizar pláticas que traten sobre las FRE en programas de radio y TV, así como en diversas escuelas. Esto también tendría que hacerse de manera coordinada y muy profesional, con la participación de las diferentes instituciones.

Aunque se requiere de un plan global para la aplicación de FRE en México, como se comentó al inicio, la mayoría de las propuestas hechas hasta aquí, en lo general no requieren de la toma de decisiones a muy alto nivel, sino más bien de autocoordinación para presentar propuestas sólidamente estructuradas para conseguir los recursos humanos y financieros por parte de las dependencias estatales como el CONACyT, las fundaciones privadas nacionales e internacionales, organizaciones no gubernamentales, etc.

Debe notarse también que se ha hecho énfasis en que no será posible ser eficientes como sector dedicado a la investigación y el desarrollo, mientras las instituciones sigan trabajando aisladamente, sin coordinación ni cooperación, y sin consulta mutua; es decir, mientras se continúe con la dispersión y la repetición del trabajo, sin promover nuevas áreas que son importantes para el desarrollo global de las FRE y sin un plan concertado entre aquellas instituciones que trabajan en líneas y campos relacionados.

Esperemos que las fuentes renovables de energía sean parte de la solución de los problemas energético y ecológico de México en el futuro inmediato. Sólo se requiere de iniciativa, coordinación y un pequeño esfuerzo para que se obtenga, sinérgicamente, un verdadero desarrollo de los sistemas para su aprovechamiento.

#### **4.4 INSTITUCIONES, PROGRAMAS, LÍNEAS Y PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN.**

Entre las instituciones que más contribuyen a la investigación en tópicos relacionados con la energía solar y las demás fuentes renovables de energía, tanto en cantidad como en la calidad de sus investigaciones, así como con personal dedicado a esta labor, se encuentran las siguientes.

La UNAM, con al menos cinco dependencias: El Centro de Investigación en Energía, situado en Temixco, Morelos; El Instituto de Ingeniería; El Instituto de Geofísica; El Instituto de Física; El PUE.

La Universidad Autónoma Metropolitana, con sus unidades en Iztapalapa y en Atzacotalco.

El Instituto Politécnico Nacional con su Centro de Investigación y de Estudios Avanzados ( CINVESTAV) y la ESIME .

El Instituto de Investigaciones Eléctricas; La Universidad Autónoma del Estado de México; la Universidad de Sonora; la Universidad de Guanajuato; la Universidad Autónoma de Baja California; la Universidad Autónoma de Baja California Sur; el CIBNOR; el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) de la SEP; la Benemérita Universidad de Puebla; el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV); el Instituto Tecnológico de Occidente (ITESO); el ITESM campus Monterrey.

También existen grupos o investigadores laborando en las universidades de Yucatán, Quintana Roo, Veracruzana, Sinaloa, entre otras, así como algunos Institutos Tecnológicos Regionales. A continuación se citan las áreas de investigación que se cubren en la anteriores instituciones, dando el número de investigadores y personal auxiliar y de apoyo que constituyen los diferentes grupos de investigación y desarrollo.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA UNAM**

##### **El Centro de Investigación en Energía.**

En la Universidad Nacional Autónoma de México se realiza investigación directamente relacionada con la energía solar en al menos cinco de sus dependencias. En este campo, la mayor de éstas es el Centro de Investigación en Energía, situado en el poblado de Temixco, en el Edo. de Morelos. Este centro tiene como misión el realizar investigación básica y aplicada y de desarrollo tecnológico para la generación, transmisión, conversión, almacenamiento, utilización e impactos de la energía, en

particular de las fuentes renovables. También el llevar a cabo estudios, asesorías y capacitación a instituciones en el área de la energía, así como formar estudiantes, principalmente de posgrado, a través de cursos y tesis, y difundir los conocimientos adquiridos en el área, para alcanzar de desarrollo sustentable del país.

En lo referente a la investigación y el desarrollo, busca realizar investigación básica y aplicada sobre materiales, técnicas, procesos, dispositivos y sistemas que aprovechen las fuentes renovables de energía y conserven las convencionales e identificar y fomentar aquellas tecnologías relacionadas con el aprovechamiento de las FRE y con el uso racional de los energéticos, acordes con el estado de desarrollo del país. Los tópicos directamente relacionados con las FRE que se cubren en el CIE-UNAM son las siguientes:

- Estudios de impacto ambiental desde el punto de vista energético
- Estudios de ahorro y uso eficiente de la energía
- Aplicaciones del recurso solar
  - Secado de granos y otros productos agrícolas fácilmente comercializables
  - Tratamiento y desinfección de aguas residuales utilizando sistemas de concentración solar
  - Refrigeración solar para la conservación de flores, hortalizas y pesca
- Aplicación de tecnologías solares comerciales
- Calentamiento de agua para usos domésticos, comerciales e industriales
- Aplicación de tecnología fotovoltaica para la generación de electricidad
- Análisis técnico económico de sistemas
- Estudios de futuros
- Estudios de arquitectura sustentable
- Estudios de evolución volcánica y alteración hidrotermal
- Bombas de calor
- Formación de recursos humanos

Para el tratamiento de estos tópicos cuenta con 37 investigadores, 25 de ellos con el grado de doctor y 7 con maestría, y además participan 44 alumnos de licenciatura, 36 de maestría y 16 de doctorado, organizados en los siguientes departamentos con sus respectivas coordinaciones:

***Departamento de materiales solares.***

- Superficies, interfaces y materiales compuestos
- Recubrimientos ópticos y optoelectrónicos
- Conversión y almacenamiento de energía solar-hidrógeno-celdas de combustible

***Departamento de sistemas energéticos.***

- Refrigeración y bombas de calor solares
- Geoenergía

- Concentración solar
- Planeación energética

#### **Departamento de termociencias**

- Física teórica
- Transferencia de energía y masa

Las líneas de investigación de cada coordinación son las siguientes.

#### **Superficies, interfaces y materiales compuestos**

- Películas compuestas conductoras de polímeros con semiconductores orgánicos y con polímeros.
- Desarrollo de películas multicapas de sulfuro de bismuto de sistemas ternarios.
- Desarrollo de películas orgánicas e inorgánicas para sistemas fotoelectroquímicos y optimización de celdas fotoelectroquímicas compactas.
- Investigación básica de los problemas de estabilidad de calcogenuros en soluciones electrolíticas. Determinación de los cambios morfológicos mediante AFM y XRD y elucidación de los mecanismos de corrosión y fotocorrosión.
- Desarrollo de compuestos del tipo II-IV por medio de la técnica Sol-gel para el diseño de conductores transparentes y dispositivos para el control de la radiación solar.
- Depósito químico de películas electrocrómicas y desarrollo de dispositivos electrocrómicos.
- Física de superficies en materiales semiconductores.
- Diseño y construcción de una celda termoiónica para un concentrador solar de 1 kW de potencia y de un dispositivo concentrador para el estudio de la fotocatalisis.
- Preparación de recubrimientos con nanopartículas de metales y materiales semiconductores en diferentes tipos de matrices para aplicaciones optoelectrónicas y de energía solar.
- Desarrollo de películas delgadas de composición ternaria de  $\text{PbS-Bi}_2\text{S}_3$  y  $\text{Bi}_2\text{S}_3\text{-Bi}_2(\text{OH})_3$ .

#### **Recubrimientos ópticos y optoelectrónicos**

- Películas delgadas de semiconductores por procesos químicos y fisicoquímicos.
- Desarrollo de recubrimientos controladores solares de semiconductores laminados en vidrio.
- Desarrollo de materiales para dispositivos ópticos y optoelectrónicos,
- Desarrollo de fotodetectores, celdas solares, generadores termoeléctricos, controladores de radiación solar y sensores de gases.
- Caracterización optoelectrónica de materiales y dispositivos.
- Desarrollo de materiales mediante multicapas de semiconductores.

### ***Conversión y almacenamiento de energía solar-hidrógeno-celdas de combustible***

- Desarrollo de materiales para dispositivos ópticos y optoelectrónicos.
- Caracterización de materiales.
- Desarrollo de fotodetectores, celdas solares, generadores termoeléctricos y controladores de la radiación solar.
- Elaboración y caracterización de películas delgadas semiconductoras para la elaboración de celdas solares.
- Preparación y caracterización de fotocátodos para la producción de hidrógeno, utilizando el electrodeposito como técnica de elaboración.

### ***Refrigeración y bombas de calor.***

- Estudios teóricos y experimentales sobre bombas de calor por absorción y transformadores térmicos
- Refrigeración por eyectocompresión (estudio teórico).
- Diseño, desarrollo y construcción de un campo de colectores del tipo evacuado.
- Diseño, desarrollo y construcción de un transformador de calor de una etapa.
- Desarrollo y experimentación d colectores solares planos para el calentamiento de aire para diversas aplicaciones de secado.
- Refrigeración solar termoquímica por adsorción.
- Secado solar.
- Incubadora solar.
- Estudio teórico y experimental de bombas de calor en procesos de destilación del petróleo.

### ***Geoenergía.***

- Interacción agua-roca (estudio de la composición isótropa de rocas, minerales y fluidos geotérmicos en interacción; modelos geoquímicos para el estudio del grado de equilibrio termodinámico entre los minerales de origen hidrotermal y los fluidos hidrotérmicos).
- Energía volcánica, origen de los volcanes (obtención e interpretación de datos geoquímicos e isótopos de rocas volcánicas de México).
- Evaluación de datos experimentales de Ciencias de la Tierra.
- Vulcanismo máfico en el Cinturón Volcánico Mexicano y el campo volcánico Los Tuxtlas. Geología, química y geofísica de las calderas de Mazahua, Huichapan y Amealco en la parte central del Cinturón Volcánico Mexicano.

### ***Concentración solar.***

- Concentradores solares de disco parabólico.
- Sistemas de concentración solar.
- Convección natural en cavidades con intercambio radiativo.

- Simulación de sistemas solares.
- Fotocatálisis y detoxificación solar.
- Conversión directa de energía.

#### *Planeación energética.*

- Análisis de la reforma de la industria eléctrica y de gas en México.
- Análisis técnico-económico de las nuevas tecnologías y su influencia en las industrias eléctricas.
- Evaluación y estudio prospectivo de los efectos ambientales debidos a tecnologías de uso final de la energía.
- Estudio de la relación entre la tecnología, la economía y el medio ambiente en el sector energético mexicano.
- Estudios prospectivos de México.

#### *Física teórica.*

- Propiedades ópticas, electrónicas y de transporte del silicio poroso.
- Transición vítrea.
- Análisis de transferencia de calor del problema del flujo oscilatorio de fluido conductor y viscoelástico.
- Estudio de acoplamiento de fenómenos térmicos y electromagnéticos en medios conductores utilizando la teoría de la termodinámica irreversible extendida.
- Termodinámica de procesos irreversibles.
- Teoría cinética.
- Transporte en medio porosos.

#### *Transferencia de energía y masa.*

- Convección natural en cavidades.
- Flujos multifásicos.
- Arquitectura sustentable.
- Periodicidad y bifurcación en la ebullición.
- Fenómeno termoacústico.
- Flujo de fluidos viscoelásticos en tubos y medios porosos y difusión en modelos de medios porosos.
- Flujos magnetohidrodinámicos.
- Complejidad y autómatas celulares.
- Arqueo en materiales granulares.
- Propiedades ópticas en cermetos.

#### El Instituto de Ingeniería.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, fundado hace más de 40 años, es el pionero en cuanto a investigación y desarrollo de sistemas para el aprovechamiento de la energía solar. El grupo de investigación del II-UNAM

se formó en 1975 cuando el Dr. Daniel Reséndiz Núñez era el director de esta dependencia, y desde entonces ha llevado a cabo investigación en varios tópicos de la energía solar, entre los que destacan los siguientes estudios.

- Elaboración de mapas de radiación solar para la República Mexicana.
- Desarrollo de superficies selectivas.
- Desarrollo de espejos para concentradores solares.
- Estudios teóricos y experimentales sobre destilación solar.
- Desarrollo de secadores solares.
- Estudios teóricos y experimentales sobre estanques solares.
- Estudios teóricos y experimentales sobre concentración solar
- Estudios teóricos y experimentales sobre colectores solares planos.
- Desarrollo de plantas termosolares de potencia.
- Desarrollo de sistemas para el aprovechamiento de la energía solar en comunidades rurales, que incluyen digestores de metano, colectores solares para el calentamiento de agua, cocinas solares y cocinas de leña.

Las investigaciones realizadas en el II-UNAM en el periodo 1975-1993 han sido compendiadas en un libro referido en el anexo 2, cuyo título es "Ingeniería de la Energía Solar", escrito por Rafael Almanza Salgado y Felipe Muñoz Gutiérrez, destacadísimos investigadores de la energía solar, y editado por El Colegio Nacional en 1994.

Actualmente las líneas de investigación en energía solar del II- UNAM son las siguientes.

- Desarrollo de espejos para concentradores solares.
- Desarrollo de ventanas inteligentes.
- Generación directa de vapor con concentradores tipo canal parabólica y producción de electricidad a bajas potencias.
- Impermeabilización de estanques solares por medio de arcilla-geomembrana.
- Estudio de externalidades de fuentes renovables de energía.
- Desalación de agua en grandes volúmenes por medio de estanques solares.

En este grupo colaboran 10 investigadores y un número variable de tesis de maestría y doctorado y tiene logros tan importantes a nivel mundial como los siguientes:

1. Fue el primer grupo en generar electricidad por medio de la generación directa de vapor en concentradores del tipo canal parabólico.
2. Ha desarrollado nuevos conceptos en espejos solares.

3. Ha descubierto fenómenos de floculación en arcillas compactadas al interaccionar éstas con KCl, NaCl ó LiCl. Esto las hace permeables para estanques solares.
4. Ha observado efectos de oscilación térmica en la frontera de la capa convectiva de un estanque solar, lo cual explica inestabilidades en el problema de Bénard de los componentes.
5. Construyó la primera planta termosolar de Latinoamérica a principios de la década de los 80's, con 550 m<sup>2</sup> de concentradores de canal parabólico.
6. Sus mapas de irradiación global fueron los primeros que se evaluaron en México y siguen siendo los más precisos.

### El Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Una tercer dependencia de la UNAM en donde también se realiza investigación sobre energía solar es el IG-UNAM, cuyo Observatorio de Radiación Solar está a cargo de un grupo que tiene como objetivos el realizar investigación teórica y práctica de la radiación solar, formar recursos humanos en este campo y servir como centro de referenciación solarimétrica nacional y regional, además de otras actividades derivadas del desarrollo teórico y experimental de esta disciplina. Los tópicos de la energía solar que estudia se listan a continuación.

- Climatología de la radiación solar UV, visible e IR.
- Modelación de los diferentes flujos radiacionales de onda corta y onda larga.
- Modelación estadística para el pronóstico de diversos parámetros radiacionales y ambientales.
- Instrumentación solarimétrica y solarimetría.

El Observatorio de Radiación Solar del IG-UNAM ha sido designado como Centro Regional de la AR-IV por la Organización Mundial Meteorológica (OMM) y ha realizado las siguientes actividades relacionadas con las FRE.

1. Ha desarrollado prototipos de radiómetros (piranómetros, pirheliómetros, etc.).
2. Ha impartido cursos de actualización y talleres de solarimetría.
3. Ha efectuado intercomparaciones pirheliométricas y piranométricas regionales de carácter internacional.
4. Asesora a diferentes instituciones nacionales, como el Servicio Meteorológico Nacional, la red Automática de Monitoreo Ambiental en la ZMCM, entre otras.

En este grupo participan 5 investigadores y dos técnicos académicos.

### El Instituto de Física de la UNAM.

Otra dependencia de la UNAM que también realiza investigación relacionada con la energía solar es el IF-UNAM, en donde un pequeño grupo integrado por tres entusiastas investigadores actualmente trabaja en la evaluación de calentadores solares de agua para la sustitución de calentadores de gas en las grandes ciudades Mexicanas. Este grupo también ha realizado estudios sobre el cálculo de espejos concentradores puntuales y lineales de la radiación solar, así como el diseño de hornos solares y la simulación por computadora mediante el trazado de rayos para dispositivos basados en la energía solar.

### El Programa Universitario de Energía

La UNAM ha considerado prioritario vincular la labor académica con las necesidades presentes y futuras del país, correspondiendo a este planteamiento la creación de diversos Programas Universitarios, como instancias operativas que permitan intensificar el aporte de la UNAM en áreas prioritarias como la energía. El PUE-UNAM tiene como parte de sus actividades el Proyecto de *Documentos de Análisis y prospectiva* como una colección de publicaciones no periódicas, de contenido y extensión variable, que en conjunto constituye un acervo de información y un aporte original sobre la problemática de la energía, tanto a nivel internacional como en el contexto del país y de la actividad universitaria. Como producto del citado proyecto, el PUE-UNAM editó dos obras sobre la radiación solar, intituladas: *México: Atlas de Radiación Solar*, por Ignacio Galindo y Mauro Valdés e *Irradiación solar global en la República Mexicana: Valores horarios medios*, por Ignacio Galindo y Gerardo Cifuentes, que contienen valiosa información del recurso solar en nuestro país.

## LA INVESTIGACIÓN EN LA UAM

### La UAM- Iztapalapa.

La Universidad Autónoma Metropolitana cuenta con dos Unidades en donde se realiza investigación relevante relacionada con las FRE, que son la Unidad Iztapalapa y la unidad Azcapotzalco. Una tercer Unidad de la UAM, localizada en Xochimilco, está más dedicada al estudio de otras áreas del conocimiento. En la UAM-I cuenta con un área de Ingeniería y Recursos Energéticos, dentro de su División de Ciencias Básicas e Ingeniería, que tiene los siguientes objetivos relacionados con la energía solar.

- El uso eficiente de la energía en la industria y los servicios.

- El desarrollo y la aplicación de dispositivos solares.
- El desarrollo de materiales para la energía solar.

Las líneas y los correspondientes proyectos de investigación sobre FRE del área de Ingeniería y recursos energéticos son los siguientes.

- Uso eficiente de la energía en la industria y los servicios
  - Auditorías energéticas
  - Programa de investigación UAM-I, UAM-A: uso de la energía en edificaciones
- Desarrollo y aplicación de dispositivos solares
  - Destiladores solares de agua
  - Banco de colectores solares
- Desarrollo de materiales para la energía solar
  - Almacenamiento termoquímico de la energía solar
  - Superficies selectivas

El área de Ingeniería y Recursos Energéticos (IRE), cuenta con 15 profesores definitivos y tres por tiempo determinado de tiempo completo. De los definitivos, 4 tienen doctorado, 8 poseen un grado de maestría y 3 únicamente el de licenciatura.

#### La UAM-Azcapotzalco

En la Unidad Atzacapotzalco de la UAM se identifican dos grupos de investigación sobre FRE: uno es el Grupo Solar de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería, cuyo objetivo es “la investigación y el desarrollo de prototipos para la conversión y aplicaciones de la energía solar”, y el otro de Arquitectura Bioclimática, cuya misión es la de “establecer conceptos y estrategias de diseño arquitectónico que permitan las mejores condiciones de confort de los usuarios, de acuerdo con sus actividades y localización geográfica, consumir la menor cantidad de energía y recursos naturales posible y disminuir el impacto en el medio ambiente”.

El Grupo Solar está integrado por seis investigadores y un número variable de auxiliares y tesis, y trabaja en los siguientes tópicos.

- Calentamiento solar de agua para servicio doméstico.
- Calentamiento solar de aire para incubación, secado de granos y frutos y calefacción doméstica.
- Concentración de la radiación solar.
- Destilación y potabilización de agua.
- Estufas solares.
- Producción de químicos de potencial energético: hidrógeno para estufas y cloro para el tratamiento microbiológico del agua.

- Refrigeración solar.
- Desarrollo de software para el diseño y la evaluación de calentadores de aire y agua, destiladores y climatización solar.

Por su parte, el Grupo de Arquitectura Bioclimática, desarrolla los siguientes tópicos:

- Modelos de simulación numérica para la iluminación y el comportamiento higrotérmico de las edificaciones.
- Estudios de asoleamiento, trayectoria solar y dispositivos de control.
- Metodologías para el diseño arquitectónico sustentable.
- La Historia de la relación: espacio construido - energía - hombre.
- La vegetación como elemento de climatización y control ambiental.
- Parámetros de confort humano.
- Los bioclimas en la República Mexicana y sus estrategias de diseño.

Este grupo está constituido por ocho investigadores, seis de los cuales cuentan con el grado de doctor o de maestro.

#### LA INVESTIGACIÓN EN EL CINVESTAV

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional cuenta con un grupo de investigación en conversión fotovoltaica de la energía solar, adscrito a la Sección de Electrónica del Estado Sólido del Departamento de Ingeniería Eléctrica, que tiene por objetivo el “realizar y promover la investigación, el desarrollo y la aplicación de la conversión fotovoltaica de la energía solar, así como investigar y desarrollar nuevos materiales para su aplicación en celdas solares”. Los tópicos sobre los que trabaja este grupo son:

- Conversión fotovoltaica de la energía solar.
- Sistemas fotovoltaicos.
- Celdas solares de silicio cristalino, policristalino y amorfo.
- Otros materiales policristalinos de capa delgada.

Este grupo desarrolló tecnología de celdas solares de silicio cristalino por serigrafía con la cual se fabricaron módulos fotovoltaicos a nivel de planta piloto de producción. Esa tecnología está disponible para ser transferida a la industria nacional cuando se generen las condiciones adecuadas para su surgimiento. Con base en los módulos que fabricaron (experiencia única en México) se instalaron en nuestro país los primeros sistemas fotovoltaicos para telesecundarias, para la iluminación de albergues infantiles y para la radiocomunicación construidos completamente en nuestro país. En el CINVESTAV se entrenó a los técnicos instaladores para realizar dicha tarea. También ha realizado investigación que ha permitido lograr celdas solares

de silicio cristalino y policristalino con eficiencias que compiten con las de las celdas fabricadas industrialmente a nivel mundial. Asimismo, ha realizado investigación en celdas solares de silicio amorfo (PECVD) con eficiencias también competitivas. Ha desarrollado materiales semiconductores de capa delgada y celdas solares con dichos materiales que le permiten mantenerse al nivel de desarrollo de los mejores laboratorios del mundo en la materia. Ha mantenido la presencia de mexicanos como ponentes en el foro más importante sobre celdas solares y sistemas, como los congresos de especialistas fotovoltaicos del IIIE. Ha publicado más de 40 trabajos en memorias de congresos internacionales con refereo, así como cerca de 60 trabajos en memorias de congresos nacionales y alrededor de 25 reportes técnicos.

Por otro lado, ha generado materiales didácticos para eventos y divulgación sobre energía solar y se ha escrito un libro de divulgación que se distribuye comercialmente. También ha coleccionado información de la radiación solar en la Ciudad de México, y ha asesorado a diversas empresas relacionadas con la energía solar fotovoltaica.

Este grupo está integrado por ocho investigadores de tiempo completo y tres técnicos .

#### LA INVESTIGACIÓN EN LA ESIME-IPN.

En la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional labora un grupo que realiza investigación con prototipos de colectores planos, de refrigeración por absorción y de secado de granos, así como investigación básica en mecánica de fluidos y transferencia de calor.

#### LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS.

El IIE ha sido un pionero en el desarrollo de sistemas para el aprovechamiento de las FRE, contando con un departamento dedicado específicamente para este fin. En éste se han realizado hasta la fecha, estudios para la evaluación del potencial eoloelectrico de varias zonas del país. Asimismo, ha desarrollado diversos prototipos de aeromáquinas, tanto aerogeneradores de pequeña y mediana potencia, como de aerobombas. El aerogenerador "avispa" está ya en su etapa de comercialización y se han instalado varios de ellos, principalmente en hoteles para el ecoturismo.

En el área de la biomasa, además de diversos estudios técnicos, construyeron exitosamente digestores de metano del tipo indú. Otras áreas investigadas fueron el desarrollo de microcentrales hidroeléctricas, de estanques solares y la evaluación de sistemas fotovoltaicos.

Actualmente, realizan estudios de monitoreo de los sistemas híbridos instalados en la región central del país, como el de San Antonio Agua Bendita, ubicado en el municipio de Tenancingo, en el Estado de México y el de María Magdalena, situado en el Estado de Hidalgo. También han realizado un seguimiento de la operación de los miles de pequeñas instalaciones a base de módulos fotovoltaicos, efectuada durante el anterior sexenio como parte del tristemente célebre programa de "Solidaridad".

El IIE forma parte de numerosos programas internacionales para el estudio de las FRE, destacándose el programa "SolarPACES" que involucra a las instituciones que a nivel mundial realizan desarrollos tecnológicos de vanguardia sobre el área de la concentración solar, que en octubre de 1998 sostienen un foro de encuentro de sus más destacados miembros con investigadores mexicanos en la Ciudad de México.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.**

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México se ha realizado investigación básica y se ha trabajado en el desarrollo (diseño, construcción, pruebas y optimización) de sistemas para el aprovechamiento de las FRE, en especial en aeromáquinas (aerogeneradores y aerobombas) y sus componentes principales, como son las turbinas eólicas de eje horizontal, los mecanismos de regulación y transmisión, etc. Los estudios incluyen simulación y pruebas de campo de prototipos.

También se han desarrollado "concentradores solares multicompuestos" o CMC, que consisten en una combinación óptima de espejos y lentes de enfoque y no enfoque, que incluyen concentradores del tipo parabólico compuesto (CPC's) y TERC's, con elementos convencionales como paraboloides, hiperboloides, etc., con absorbedores óptimos. Entre algunas de las aplicaciones más exitosas de estos concentradores están las siguientes.

1. Calentamiento de fluidos y generación de vapor para diversos usos.
2. Cocinas solares avanzadas.
3. Colectores solares de ultra alta concentración.
4. Transformación de antenas parabólicas de telecomunicación en concentradores para hornos solares.
5. Concentradores solares para refrigeración por absorción.
6. Desarrollo de destiladores de alta eficiencia y costo moderado.
7. Novedosos motores solares.
8. Detoxificadores de aguas residuales.

En este grupo participan regularmente 10 investigadores que sin apoyo institucional han logrado desarrollar decenas de prototipos que sí funcionan y que pueden competir ventajosamente con otros desarrollados en países industrializados. Algunos de estos prototipos han sido donados a instituciones educativas, culturales y de beneficencia. Como ejemplo, en el Museo de la Luz de UNIVERSUM de la UNAM se exhiben y demuestran cotidianamente dos hornos solares para preparar alimentos, donados por los integrantes de este grupo de investigación. En la sierra chihuahuense se emplean este tipo de hornos para alimentar a decenas de niños tarahumaras en alberges atendidos por misioneras; se tienen trabajos de electrificación de escuelas y casas rurales empleando aerogeneradores de muy bajo costo también desarrollados por este grupo, etc.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA UNISON.**

En la Universidad de Sonora labora un grupo que tiene como objetivo el lograr que la UNISON tenga la capacidad de incidir con su participación en el desarrollo del sector energético de la región, que ha realizado trabajos para evaluar la radiación solar y ha hecho diversas mediciones climatológicas (del viento, la humedad, la temperatura, etc.). También efectúa mediciones de la eficiencia térmica de dispositivos solares, como hornos y refrigeradores.

Otros trabajos incluyen la destilación solar y la simulación de sistemas para el aprovechamiento de las FRE.

En este grupo participan cinco investigadores y diversos estudiantes de posgrado.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO.**

En el CENIDET, dependiente de la SEP, se realiza investigación aplicada y de desarrollo tecnológico, entre la que se encuentran los estudios para el ahorro de energía, el desarrollo de dispositivos para evaluaciones térmicas de vidrios, la evaluación de propiedades termofísicas de materiales y la implementación de colectores solares de aire, así como el desarrollo de software para simulación de sistemas solares. En este grupo participan activamente cinco investigadores, todos ellos con estudios de posgrado.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES.**

En el ININ, cuyas principales instalaciones están ubicadas en el municipio de Salazar, Edo. de México, se ha integrado un pequeño grupo de investigadores para el desarrollo de materiales que pudiesen utilizarse para

la producción de hidrógeno a partir de la electrólisis del agua o por otros medios. Estos materiales a base de nanoestructuras, pueden utilizarse en tanto en cátodos como en ánodos de celdas electrolíticas, pero también se estudian materiales fotoeléctricos. El grupo cuenta ya con una importante infraestructura para este tipo de investigaciones.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR.**

En la UABCS , principalmente en su Departamento de Ingeniería en Pesquerías, existe un grupo muy activo que enfoca sus trabajos en tres áreas principales: el desarrollo a gran escala de destiladores solares, el secado solar de productos pesqueros y la evaluación y la modelación del recurso solar en la región sur de la península de Baja California. Sus trabajos son fuertemente apoyados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, lo que les ha permitido consolidarse académicamente.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA.**

En la Universidad Autónoma de Baja California, los estudios sobre FRE se han especializado en la Arquitectura Bioclimática, área en la que labora un numeroso grupo, la mayoría de ellos adscritos a su Facultad de Arquitectura. Sus áreas de interés cubren el diseño arquitectónico basado en métodos de análisis de datos climatológicos para regiones desérticas o de clima extremo y la evaluación térmica de materiales de construcción para viviendas.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE.**

En el CIBNOR se efectúa sistemáticamente la medición de la radiación solar, y los datos son reportados en tiempo real a través de internet. En este centro se han desarrollado tarjetas electrónicas para la adquisición y el procesamiento de datos climatológicos. El CIBNOR ha tenido también una importante participación en estudios de destilación solar e incluso de aerogeneración.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA.**

La BUAP cuenta con un grupo dedicado a desarrollar las técnicas de conversión directa de energía para aprovechar la energía solar y aplicar su beneficio a las necesidades de la sociedad, abarcando los siguientes tópicos:

- **Concentración solar**
- **Sistemas de seguimiento del Sol**
- **Conversión termo y fotoiónica**
- **Celdas fotovoltaicas**

El grupo está constituido por investigadores que trabajan en conjunción con investigadores del CIE-UNAM, y comienzan a tener resultados muy relevantes en el área de la conversión termoiónica.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS.**

En el CIMAV, ubicado en las inmediaciones de la ciudad de Chihuahua, que realiza investigaciones de punta en el desarrollo de materiales, se ha iniciado un proyecto para la desalación de agua marina mediante destiladores solares de diseño novedoso. Aunque el grupo encargado de este proyecto es de reciente constitución, se espera que ofrezca resultados en el corto plazo.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE OCCIDENTE.**

El ITESO es una institución educativa privada cuyas instalaciones se encuentran en Guadalajara. En ésta hay un grupo muy entusiasta que ha construido cocinas, destiladores, secadores y calentadores de agua que funcionan con la energía solar. Ha logrado publicar sus resultados en diversos foros mundiales y ha realizado una importante labor regional para promover el uso de las FRE.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA.**

Otra institución educativa privada que también ha realizado aplicaciones de la energía solar es la UIA, que se ha especializado en el desarrollo de secadores solares de varios diseños. Algunas tesis de sus egresados han tratado sobre este y otros temas, tales como el desarrollo de invernaderos y destiladores solares.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN EL INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY.**

La tercer institución privada que ha realizado labores de investigación y desarrollo en energía solar es el ITESM Campus Monterrey, en donde con una fuerte inversión ha instalado una planta de bombeo solar, así como diversos colectores solares del tipo plano para la demostración de su funcionamiento. Con la experiencia adquirida por los investigadores que han laborado en esta área, se constituyó una empresa que se dedica a la

comercialización de sus colectores planos que fabrican en Monterrey, así como a la importación de colectores del tipo evacuado de tecnología británica.

#### **LA INVESTIGACIÓN EN OTRAS INSTITUCIONES.**

Existen en el país otras instituciones educativas que han realizado trabajos para el aprovechamiento de las FRE, si bien su esfuerzo no ha sido suficientemente sostenido ni ha contado con todo el apoyo que se requiere, o bien apenas están iniciando sus actividades de investigación en este campo. Entre estas instituciones se cuentan las siguientes:

El Instituto Tecnológico de La Paz, en donde se han realizado estudios sobre destilación solar, el desarrollo de pequeños aerogeneradores y el de cocinas solares empleando concentradores de desecho del proyecto Sonntlan, citado en el capítulo anterior.

La Universidad de Colima, en donde además de haber sido la sede de la XVII Semana Nacional de Energía Solar, han realizado estudios de medición de la radiación solar, con la participación de destacados investigadores que originalmente laboraban en el Instituto de Geofísica de la UNAM.

La Universidad de Sinaloa, en donde se han iniciado estudios sobre materiales para fotoconversión de la energía solar.

La Universidad de Quintana Roo, en donde se realizan estudios para evaluar el recurso eólico de la región.

En los anexos 1, 2, y 3 se presentan, respectivamente: los artículos publicados en los últimos 4 años en las memorias de las Reuniones Nacionales de Energía Solar, algunos libros de fácil adquisición escritos y publicados en el país y un directorio de los investigadores que trabajan sobre las Fuentes Renovables de Energía en México.

## **Capítulo 5 EL FUTURO INMEDIATO EN LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y DIFUSIÓN DE LAS FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA**

### **El COFER**

Como se mencionó en el anterior capítulo, la Secretaría de Energía, a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), tiene entre sus mandatos, por la parte gubernamental, el fomento de las fuentes renovables de energía en nuestro país. Por la parte de la sociedad civil, los individuos y las instituciones que estudian y promueven las FRE están asociados en la ANES, que de acuerdo con sus estatutos, además de proporcionar un foro para la discusión de ideas, la comparación e intercambio de resultados y en general, la divulgación y la promoción de las tecnologías que aprovechan las FRE, debe velar por la buena calidad de los trabajos científicos y tecnológicos que se desarrollen en México en este tema. Para esto último, la ANES deberá avalar o descalificar, según sea el caso, todas aquellas actividades que de un modo u otro estén dentro del área de su interés.

Del Acuerdo de Creación de la CONAE, en su Reglamento Interno, suscrito el 30 de marzo de 1990, y en el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación el 10 de junio de 1995, se establece que el Secretario de Energía delega en la persona del Secretario Técnico de la Comisión, las facultades para suscribir en su representación los actos jurídicos relativos al ahorro y el uso eficiente de la energía, así como el aprovechamiento de las FRE. En este marco legal, ambas, la CONAE y la ANES, han establecido un convenio de colaboración para promover y fortalecer la utilización de estas fuentes limpias de energía, aprovechando los recursos a su alcance y para analizar y definir los medios idóneos para sentar las bases de una adecuada política gubernamental en este sentido, y evitar cometer los errores del pasado. Se trata también de incidir de una manera firme y definida, en los organismos del Estado que conforman la política energética del país con argumentos técnicos y científicos sólidos y con una clara consciencia de la trascendencia y del papel que han de tener las distintas formas de la energía solar en el desarrollo futuro de México. La ANES ha sostenido durante muchos años que estos propósitos son indispensables para coadyuvar a la transición hacia un sistema energético sustentable de México y el mundo.

Entre los compromisos adquiridos por las partes destacan los siguientes:

La ANES y la CONAE se comprometen a colaborar en la organización y promoción de reuniones y eventos donde se discutan temas relacionados con el aprovechamiento de las FRE, a brindar a la CONAE los elementos que le ayuden a apoyar el fortalecimiento de la industria de las energías renovables, a colaborar en la realización de acciones tendientes a difundir masivamente los recursos y las tecnologías de las FRE y a realizar

actividades para favorecer a la industria nacional en este campo, así como a fomentar la utilización de las FRE en México. La CONAE se compromete además a apoyar la realización de la Semana Nacional de Energía Solar que la ANES estatutariamente organiza anualmente, cuya reseña de las primeras 22 reuniones se sumó al final del capítulo 3.

En este contexto, previamente a la celebración del anterior convenio, el 18 de noviembre de 1996, ambas entidades organizaron el "Foro de Evaluación sobre Fuentes No Convencionales de Energía", entre cuyas conclusiones se destaca la recomendación de formar un organismo colegiado, integrado por representantes de los sectores industrial, comercial, académico y gubernamental que, bajo el esquema de un mercado de libre competencia, se abocara a la promoción y al fortalecimiento de las relaciones entre todos los agentes que conforman el mercado actual y potencial a corto plazo de las energías renovables en México. Por lo anterior, la ANES y la CONAE decidieron crear un Consejo Consultivo para el Fomento de las Energías Renovables (COFER), cuya integración se cita en el capítulo anterior. Este consejo lleva más de un año trabajando; una de sus primeras acciones fue la organización de un segundo foro, esta vez sobre "Calentamiento de Agua con Energía Solar", que se celebró el 2 de diciembre de 1997, al igual que el primero, en las instalaciones del Museo Tecnológico de la CFE.

Se ha tratado finalmente, de acabar con el divorcio entre organismos gubernamentales e industriales y la comunidad académica en el área de las FRE. La investigación que sobre la energía solar se realice en el futuro próximo deberá necesariamente estar influida (se espera que en forma positiva) por este marco.

Por otra parte, México es visto por las empresas extranjeras que comercializan equipos y sistemas para el aprovechamiento de las FRE, como un mercado enorme que además, vía los acuerdos de libre comercio con los países de la comunidad europea y los latinoamericanos, actualmente en gestación, se expandiría a centenares de millones de potenciales consumidores.

Ante este panorama, se debe tratar de fortalecer a las pequeñas empresas mexicanas para evitar que la inminente competencia desigual en la que se verán envueltas, las haga desaparecer, como ha ocurrido con las microindustrias mexicanas de otros ramos, a partir de la globalización de los mercados.

### LOS PROGRAMAS INTERNACIONALES DE LA ANES

La participación de miembros de la ANES en los diversos foros que sobre las FRE se realizan fuera del país es cada vez más importante. En la última

reunión de Energía Solar de la Asociación Americana de Energía Solar (de gran participación internacional), que organizó, en colaboración con la American Society of Mechanical Engineers y el American Institute of Architects, celebrada en junio de 1998, fueron aceptados 13 trabajos de investigadores mexicanos. Un número similar de ponencias de mexicanos se programaron para su presentación en el V World Renewable Energy Congress, celebrado en septiembre del mismo año en Florencia, Italia.

Asimismo, a las Reuniones Nacionales de energía solar cada vez es mayor la participación de investigadores provenientes de otros países. En la reunión de 1998 se contó con la participación del actual presidente de la ISES, así como la de otros investigadores del más alto reconocimiento.

Al igual que ha actuado con las instancias nacionales competentes, la ANES ha celebrado convenios de colaboración con entidades extranjeras, con el objeto de mantenerse dentro del concierto internacional de la investigación y el desarrollo en las FRE. Asimismo, ha contraído compromisos muy importantes con la comunidad solar internacional, que se encuentra integrada en la International Solar Energy Society (ISES), de las cual la ANES constituye su sección mexicana.

#### EL EVENTO ISES SOLAR 2000, "THE MILLENIUM SOLAR FORUM"

Entre los compromisos contraídos por la ANES se destaca la realización en México del evento "The Millennium Solar Forum", que se celebrará en la Ciudad de México en septiembre del año 2000, cuyo objetivo será el de ofrecer al mundo, en el inicio de un nuevo milenio, una visión de lo que el futuro traerá en energías renovables, en las que se basará el desarrollo sustentable.

La iniciativa de organizar este evento surgió de la Asamblea General de la XV Semana Nacional de Energía Solar, celebrada en Zacatecas en octubre de 1991, en la que se acordó buscar que México fuese la sede de un futuro Congreso Mundial de la ISES, que cada dos años se realiza, previa elección con seis años de anticipación a la realización del evento.

En cumplimiento de este mandato, el VII Consejo Directivo de la ANES envió una propuesta a las autoridades de la ISES, para una eventual candidatura de México como sede del ISES 2001 Solar World Congress, y la presentó en la Reunión de Directores de ISES celebrada el 18 de agosto de 1993 en Budapest, Hungría. La candidatura se presentaría en septiembre de 1995 en Harare, Zimbabwe, sede del ISES 1995 World Solar Congress. Esta propuesta fue muy bien recibida, y contó con el apoyo casi unánime de los directivos de la ISES. Sin embargo, dos años después de esta presentación, coyunturalmente ocurrió el cambio de sede de la ISES, de Parkville,

Australia, a la ciudad de Freiburg en Alemania. El privar a Australia de la sede de las oficinas centrales de la ISES, se compensó con el otorgamiento a este país de la sede del congreso a celebrarse en el año 2001, ganando a México la candidatura, que a pesar de la evidente negociación entre la directiva de la ISES y la sección australiana, presentó en Harare de acuerdo con lo convenido en la reunión de Budapest. Como compensación a nuestro país por este fallo, y considerando que la ISES increíblemente no tenía prevista la realización de un evento con motivo del inicio del siglo (y milenio) en el que la energía solar será el pilar energético mundial, se ofreció a nuestro país concursar para el otorgamiento de la organización y la sede de este evento internacional.

En este marco, el IX Consejo Directivo de ANES envió una delegación a la República de Corea, sede del congreso mundial de la ISES correspondiente a 1997, con el propósito de presentar una iniciativa para que en México se celebre el ISES Solar Forum 2000. La propuesta fue aceptada, por lo que México será la sede del evento más importante que la ISES realice en el inicio del nuevo siglo.

Este foro incluirá la realización de varios eventos magnos, entre ellos habrá reuniones técnicas, exposiciones, reuniones de negocios y un foro al más alto nivel sobre política, economía, educación, etc., relacionado con las FRE. En este mismo foro tendrá lugar la reunión anual del Consejo Directivo de la ISES.

### PARTICIPACIÓN EN EL PROGRAMA SolarPACES

En el mes de octubre de 1998 se llevó a cabo una reunión de investigadores mexicanos con los directivos del programa de la Agencia Internacional de Energía denominado SolarPACES, que involucra a los países que cuentan con investigadores que desarrollan tecnologías de concentración solar, que incluyen, canales parabólicos, discos paraboloïdales, torres centrales, hornos solares y otros dispositivos, tanto para la generación de energía eléctrica, como para su aplicación en procesos termoquímicos, fotoquímicos y procesamiento de materiales.

El objeto de esta muy exitosa reunión fue el de propiciar un acercamiento entre los investigadores mexicanos y los líderes a nivel mundial en estas tecnologías para explorar la realización de investigaciones conjuntas.

### LOS ACUERDOS INTERNACIONALES DE LA ANES

La ANES ha establecido programas de colaboración con diversas instituciones extranjeras dedicadas al desarrollo de las FRE que han

empezado a tener resultados, cuya información es por el momento confidencial.

### EL PROGRAMA DE ENERGÍA SOLAR DEL CONACYT

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de su Dirección Adjunta de Investigación Orientada, ha convocado a los líderes de grupos que trabajan con las FRE, a participar en la elaboración de un Programa de Energía Solar, similar al que ya ha establecido para Robótica, Informática, Materiales, Biomedicina Molecular, Metalurgia y Matemáticas Aplicadas.

Para esto, se realizó en la ciudad de Cuernavaca un Seminario con la participación de investigadores de la UNAM, la UAM-I, la UAM-A, la FI-UAEMéx, el IIE, el Cinvestav, la Unison, el Cenidet, el ITESO, la UABCS, la U. de Gto., el CIMAV y el IMP para conocer la opinión de los participantes en torno a dicho Programa, además de intentar hacer un diagnóstico sobre las FRE.

Por primera vez el CONACyT reconoce la importancia estratégica de las FRE, y manifiesta su intención de promover su desarrollo, lo que resulta digno de elogiarse. Sin embargo, está ignorando la gran organización, capacidad y sobre todo, la experiencia de la ANES, que rebasa con mucho a la de este organismo gubernamental, situación que debe ser enmendada prontamente.

## ANEXO 1

### TÍTULOS DE LOS ARTÍCULOS PUBLICADOS EN LAS MEMORIAS DE LAS REUNIONES TÉCNICAS DE LA ANES EN EL PERIODO 1995-1998

#### APLICACIONES EÓLICAS Y FOTOVOLTAICAS

- Romero-Paredes Rubio A., Graham Shannon, Lazcano Marco, Hanley Charles y Butner Lissa , (1998), **Aplicación de las energías renovables en las reservas ecológicas.**
- Romero-Paredes Rubio A., Jiménez Guerrero Luis M., Cabrera Ramiro y Hanley Charles, (1998), **Lecciones aprendidas de 30 sistemas fotovoltaicos para bombeo de agua instalados en Quintana Roo.**
- Pérez F., Urbano A., Matsumoto Y. y Asomoza R., (1997), **Diseño, construcción y prueba de un seguidor solar de tipo termodinámico.**
- Solís Correa H., Barceló I., Gordon M., Palos de Anda J., Hernández Hernández H., (1997), **Diseño y construcción de una estufa solar por generación, almacenamiento y combustión de hidrógeno fotovoltaico.**
- Ojinaga Lilia M., Foster Robert E., (1997), **Resultados del programa de energía fotovoltaica para bombeo de agua en Chihuahua.**
- Wilfredo Soto Gómez, (1997), **Sistema híbrido: aerogenerador-módulo fotovoltaico.**
- Ellis Abraham, Romero-Paredes A., Corbus David, (1997), **Sistema híbrido eólico diesel para aplicación ecoturística.**
- Vega Pérez J., Castillo García L., Vargas Garza A., (1997), **Propuesta de un método para el diseño de sistemas fotovoltaicos.**
- Romero-Paredes Rubio A., Foster Robert, Durand Steven, (1997), **Resumen de cinco años de operación del sistema híbrido de X-Calak.**
- Guzmán Serrano E., (1997), **Inversor trifásico-motor asíncrono: Solución a los sistemas inmersos de bombeo de agua.**
- O. E. Arteaga, (1996), **Aspectos técnicos de la interconexión de generadores fotovoltaicos con la red.**
- Munguía G., J. Arellano, (1996), **Comparación del comportamiento de los sistemas híbridos de X-Calak, Quintana Roo y de Santa María Magdalena, Hidalgo.**
- Casados G., A. Morales, (1996), **Diseño y construcción de un inversor de CD a CA eficiente para sistemas fotovoltaicos de baja potencia.**
- Kübler F., G. Casados, A. Morales, (1996), **Diseño y construcción de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos autónomos.**
- L. Lorena Martínez y A. Zekkour, (1996), **Diseño de un sistema para bombeo de agua a partir de motores trifásicos jaula de ardilla alimentado por fotoelectricidad.**

- Huacuz J. M., J. Agradano, M. A. Borja, R. González, R. Saldaña, (1996), **Sistemas híbridos fotovoltaico-eólico para el proyecto ecoturístico "Villas Carrousel"**.
- Zekkour A. y T. González, (1995), **Diseño de un sistema fotovoltaico para la alimentación de una clínica rural.**
- Camacho R., (1995), **Características geométricas del rotor Savonius.**
- Horn M., (1995), **¿Qué baterías utilizar en los sistemas fotovoltaicos domiciliarios?**
- E. A. Rincón, F. Vera, E. Velasco, A. Moreno, (1995), **Experiencia de la operación de las turbinas eólicas Ehecatl.**

### ARQUITECTURA SOLAR

- Reza Lagunas Manuel G. y Morales Ramírez J. Diego, (1998), **Programa para el cálculo térmico de una edificación, "Q"**.
- Aníbal Figueroa y Gloria Castorena, (1998), **La casa de Luis Barragán en la Ciudad de México: Conceptos bioclimáticos y ambientales.**
- José García Chávez, Miguel Magos Rivera y Luis F. Guerrero Baca, (1998), **Alternativas para la construcción de viviendas de bajo costo y análisis de su comportamiento térmico para lograr condiciones de confort ambiental.**
- Teresita de Jesús Verdugo Correa y David Morillón Gálvez, (1998), **Recomendaciones bioclimáticas para el diseño arquitectónico y urbano en la costa norte de Sinaloa.**
- David Morillón G., J. Ramón Morillón G. y Alfredo de la Mora D., (1998), **Comportamiento del techo escudo a la radiación solar en Guadalajara.**
- María Corral Martínez, (1998), **Proceso de diseño arquitectónico basado en métodos de análisis climático para regiones desérticas: Caso de estudio San Felipe, B.C.**
- Roberto Calderón Vázquez y Ricardo Gallegos Ortega, (1998), **Cielo de diseño para Mexicali, B.C. a partir de una base de datos de iluminancia global.**
- Ricardo Gallegos Ortega, Roberto Calderón Vázquez y García Chávez J. R., (1998), **El efecto de la infiltración en la carga térmica de la vivienda mexicalense.**
- Emma A. Ochoa Sanora y Ramona A. Romero, (1998), **Evaluación térmica de techos de madera en la vivienda de Mexicali, B.C.**
- Gonzalo Bojórquez, Ricardo Gallegos y Aníbal Luna, (1998), **Evaluación térmica experimental de un concreto ligero, con agregado residual de origen orgánico.**
- Aníbal Luna, Ricardo Gallegos y Gonzalo Bojórquez, (1998), **Evaluación térmica y mecánica a la sílice de Cerro Prieto: una opción en la elaboración de bloques para la construcción de muros.**
- Víctor Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira, (1998), **Metodologías para el análisis de asoleamiento. Sombras y reflejos. Caso de estudio: edificio corporativo.**

- Manuel Rodríguez Viqueira y Saúl Mendo Muñoz, (1998), **Relación de la orientación del eje principal de las capillas abiertas de Coyoacán y la trayectoria solar en el equinoccio de primavera.**
- Víctor Fuentes Freixanet y Manuel Rodríguez Viqueira, (1998), **Criterios de orientación en el trazo de los conventos de las órdenes mendicantes en el México del siglo XVI.**
- Rodríguez Manzo F., (1998), **El patio como lugar bioclimático II. El caso de Mexicali, B.C.**
- Ivonne Santiago Cruz y Rubén Dorantes Rodríguez, (1998), **Impacto de las normas de eficiencia energética en la edificación.**
- Ma. del Pilar Barrios R. y J. Diego Morales R., (1998), **La simulación del desempeño térmico de edificios como elemento de apoyo para su diseño.**
- Diego Morales R., Guadalupe Mena S. e Ignacio Alonso G., (1998), **Diseño de edificio de alto rendimiento para el Instituto Mexicano del Petróleo.**
- David Morillón G. y Luis Rodríguez Viqueira, (1998), **Análisis térmico de los sistemas constructivos más comunes en techumbres de vivienda de interés social.**
- Gallegos Ricardo, Luna Aníbal, Bojórquez Gonzalo, (1997), **Estimación experimental de conductividad térmica en materiales de construcción.**
- Rodríguez Manzo F., (1997), **El patio como lugar bioclimático.**
- Fuentes Freixanet V. y Rodríguez Viqueira M., (1997), **Hacia una metodología en el diseño bioclimático.**
- Fuentes Freixanet V., Rodríguez Viqueira M., (1997), **Tradición en el uso de masividad en climas extremos y cálidos secos.**
- Sáenz Ruíz C. y Vilchis Cerón M.A., (1997), **Termometría infrarroja aplicada en viviendas de interés social.**
- Calderón R., Gallegos R., Comparán G., (1997), **Evaluación de retardantes térmicos para el sector residencial de Mexicali, B.C.**
- Velasco Montiel F., Dorantes Rodríguez R., (1997), **Estudio comparativo de modelos de simulación numérica para el diseño térmico de edificaciones.**
- Figueroa Catrejón A., Castorena Espinosa G. M., (1997), **Observaciones sobre el pabellón del PLEA'97 en Kushiro, Japón.**
- García Chávez J. R., (1997), **Análisis de las condiciones de confort térmico y su aplicación en las edificaciones. Situación actual y perspectivas.**
- García Chávez J. R. y Allard Francis, (1997), **Optimización del manejo de la ventilación natural en las edificaciones.**
- Plasencia Izquierdo A. y Monroy Salazar A., (1997), **Proyecto de una comunidad de pescadores autónoma, bioclimática y ecológica "El Delgadito", B.C.S.**
- Baltazar Juan C. y Rodríguez Juan M., (1997), **Parasol V1.0 Programa de cómputo para diseño de protección solar.**
- Figueroa Castrejón A. y Fuentes Freixanet V., (1997), **Ecotecnologías de iluminación y climatización aplicadas en el centro de cómputo de la UAM-A.**

- Castorena Espinosa G. M. y Figueroa Castrejón A., (1997), **Recomendaciones y estrategias de diseño bioclimático para Tepetzotlán, Estado de México.**
- Triana Espinosa J. y Montes Jiménez J., (1997), **Habitabilidad, energía y medioambiente: una propuesta holística para la vivienda en México.**
- De la Mora D. Alfredo, Morillón G. J. Ramón y Morillón G. David, (1997), **Comportamiento térmico del tabicón como elemento constructivo en muros de viviendas en clima cálido-subhúmedo.**
- Mesa A. Néstor y Morillón G. David, (1997), **Análisis de los métodos para lograr condiciones de confort higrotérmico en espacios arquitectónicos.**
- Morales Ramírez J. Diego y Fernández González Alfredo, (1997), **Comparación del desempeño térmico de dos cubículos ubicados en diferentes ciudades de la República Mexicana.**
- Fernández A. y J. D. Morales., (1996), **Climatización natural de una vivienda en San Pedro Mártir, Tlalpan, D. F.**
- G. A. de la Paz y R. Rivero, (1996), **Condiciones climáticas locales en el diseño sustentable.**
- M. Rodríguez, J. C. Baltazar, (1996), **Determinación de los ejes térmicos para los municipios del Estado de Guanajuato.**
- G. A. de la Paz y A. Castillo, (1996), **Efecto térmico del asoleamiento en paredes y cubiertas. Influencias del clima local.**
- F. Rodríguez, B. Quintana, H. E. Solís, I. D. Barceló, F. Franco, (1996), **Estudio del clima y evaluación de la zona de confort para algunas localidades mexicanas (2ª. Parte).**
- Herrera C. P. y D. Morillón, (1996), **Evaluación térmica de diversos espacios de una vivienda ubicada en Guadalajara, Jalisco.**
- M. Pérez y R. E. Canto, (1996), **La importancia de la normatividad térmica en las edificaciones.**
- A. Mesa y D. Morillón, (1996), **La zooarquitectura como base teórica para el diseño bioclimático.**
- A. Romero y R. Gallegos, (1996), **Sistemas constructivos y su comportamiento térmico en la vivienda de Mexicali, B. C.**
- R. García, R. A. Alcántara, M. Magos, (1996), **Diseño y construcción de un simulador solar para aplicaciones en arquitectura.**
- A. Vilchis, A. Barreras, R. Calderón, (1996), **Estimación de la iluminación global, el caso de Mexicali B. C.**
- Fernández A., J. D. Morales, (1996), **Evaluación y comparación de tres métodos distintos de simulación térmica con base en los resultados obtenidos tras la medición de parámetros interiores en tres puntos distintos de una edificación.**
- R. Moreno, (1996), **Modelo computarizado para la simulación del comportamiento térmico de edificios.**
- R. García, R. A. Alcántara, M. Magos, (1996), **Paquete computacional para la automatización de un simulador de trayectorias solares.**
- Rodríguez M., V. Fuentes, G. Castorena, (1996), **El vidrio en la arquitectura. Introducción a un análisis histórico.**

- Rodríguez M. y V. Fuentes, (1996), **La ciudad solar planificada en el mundo griego, Olinó, Priene, Delos, y Sóluto.**
- A. de la Mora, J. R. Morillón, D. Morillón, (1996), **Sistemas pasivos convencionales de la arquitectura vernácula de Comala.**
- E. Canto y M. M. Pérez, (1996), **Sol y arquitectura en Yucatán.**
- Sandoval L., A. Muñoz, D. Morillón, (1996), **Comportamiento radiante del vidrio con diferentes tipos de protección interna.**
- Sandoval L. y B. Givoni, (1996), **Confort térmico en una habitación enfriada pasivamente con techo-estaque.**
- Lazcano F. y T. Ramírez, (1996), **Control pasivo de radiación solar mediante recubrimiento de baja absorción.**
- Ávila F. , B. Vargas, D. Morillón, M. del Pilar Barrios, (1996), **Enfriamiento evaporativo a través de un medio poroso.**
- Mendoza S. y D. Morillón, (1996), **Respuesta térmica de un muro de adobe en clima cálido-subhúmedo.**
- Fernández A. , (1995), **Análisis y evaluación de estrategias de diseño bioclimático para el estado de baja california sur.**
- A. Fuentes, M. Rodríguez, (1995), **Central de bomberos. Municipio de Tlalnepantla. Consideraciones bioclimáticas.**
- R. García, V. A. Fuentes, A. Figueroa, (1995), **Cielo artificial.**
- R. García Chávez, (1995), **Estrategias de control térmico para mejoramiento de las condiciones de confort ambiental en la biblioteca de la UAM-Atzacapotzalco.**
- F. Rodríguez, B. Quintana, H. Solís, R. Dorantes, (1995), **Estudio del clima y evaluación de la zona de confort para algunas localidades mexicanas.**
- B. Pérez, ( 1995), **Guía práctica para el control del asoleamiento en edificaciones.**
- Soto W., (1995), **Invernadero para el cultivo de flores .**
- Morillón D., D. A. Sámano, J. L. Fernández, (1995), **Muro escudo a la radiación solar.**
- R. Morillón y D. Morillón, (1995), **Recomendaciones para el diseño de protección solar en varias localidades del estado de Jalisco.**
- F. Hinojosa y R. E. Cabanillas, (1995), **Simulación térmica de un edificio en una región de clima cálido-seco.**
- Morillón D., D. A. Sámano, J. L. Fernández, (1995), **Soleamiento y diseño de un espacio en la Ciudad de México.**
- Plasencia A., (1995), **Ventanas térmicas para dotar de calefacción natural a las viviendas.**

### COLECTORES PLANOS

- Adrián H. Oskam, Roberto Best B., Alberto Aranda P. y Aristeo López I. , (1998), **Evaluación experimental de un campo de colectores solares del tipo evacuado.**

- Gabriela Álvarez G., Efraín Sima y Leonel Lira, (1998), **Implementación del procedimiento estándar de ASHRAE 93-77 para caracterizar un colector solar de aire.**
- Vicente Flores Lara, (1998), **Sustitución de calentadores eléctricos por colectores solares planos.**
- Rodolfo Martínez Strevel y Minerva Ferrel Mendieta, (1998), **Estudio del comportamiento termico de colectores solares comerciales para el calentamiento de albercas.**
- Héctor Riveros Rotge, Mónica Mendoza Sánchez, David Riveros Rosas y Jesús Lara V., (1998), **Colectores solares y consumo de gas en la Ciudad de México.**
- Velázquez Navarro A., Barrera Calva E. y Lugo L. Raúl, (1997), **Mediciones termosifónicas de colector plano con material absorbedor de polietileno de color negro.**
- Barbosa Saldaña J., Quinto Diez P., Zurita Ugalde V., (1997), **Diseño de un sistema solar experimental para calentamiento de agua.**
- Baltazar J. C. y E. Oliva, (1996), **Análisis térmico de colectores solares planos para aire con geometrías cilíndricas.**
- Soto W., (1996), **Calentador solar de aire.**
- I. Rivera, J. Chagoyán, J. A. Rodríguez, (1996), **Caracterización térmica de un colector solar de tipo túnel inflable,**
- Barrera E. y A. Velázquez, (1996), **Colectores solares de bajo costo.**
- J. C. Baltazar, E. Oliva, A. Hernández, (1996), **Estudio experimental de colectores solares planos para aire con elementos cilíndricos.**
- Gudiño D., (1996), **Estudio experimental sobre calentamiento de albercas.**
- García C. R., I. Pilatowsky, A. Terrones, R. Best, (1996), **Estudio experimental de un sistema para la normalización de colectores solares térmicos.**
- Torijano E., M. Ruíz, V. Flores, J. Arias, J. E. Rodríguez, (1996), **Avances en la rehabilitación del banco de 100 colectores de la UAM-I.**
- Guzmán E., A. Gallegos, J. C. Baltazar, (1996), **Sistema de captación solar para el calentamiento de agua de consumo de un hotel en el municipio de Salamanca, Gto.**
- Adrián H. Oskam, Roberto Best y B. e Irene Marincic, (1995), **Desarrollo de un colector solar plano para el calentamiento de aire para aplicaciones múltiples en procesos de secado.**
- Olechnowicz E., R. Martínez, (1995), **Análisis por computadora de sistemas solares para calentamiento de fluidos.**
- Gudiño D., (1995), **Diseño construcción y análisis experimental de un colector solar para alberca de 50m<sup>2</sup> de área de colección.**
- Arias J., E. Torijano, J. Rodríguez, E. Hernández, (1995), **Propuesta de rehabilitación de un banco de 100 colectores solares de la UAM-I.**
- Hernández E. y J. E. Arias, (1995), **Propuesta de rehabilitación del banco de 100 colectores solares de la UAM-Iztapalapa. Parte 2.**

## CONCENTRACIÓN SOLAR

- Martín R. Jiménez., Felipe Hernández B. y Rubén Dorantes R., (1998), **Construcción de un concentrador solar a partir de una antena parabólica. Parte II: Estudio térmico.**
- Eduardo A. Rincón Mejía, Fidel A. Osorio Jaramillo y Claudio A. Estrada Gasca, (1998), **Concentración geométrica teórica para hornos solares con espejos parabólicos. Mitos y realidades.**
- Álvaro Lentz, Rafael Almanza, Lauro Santiago y Alberto Valdés, (1998), **Experiencias en la generación de electricidad a bajas potencias usando generación directa de vapor con concentradores canal parabólico.**
- Eduardo A. Rincón M., Fernando Vera N., Rubén Dorantes R. y Claudio Estrada G., (1998), **Hornos solares a partir de antenas parabólicas de desecho.**
- Almanza Rafael y Lentz Álvaro, (1997), **Producción de electricidad en la planta solar del Instituto de Ingeniería por medio de la generación directa de vapor.**
- Correa Genaro, Almanza Rafael, Mazari Marcos y Martínez Iván, (1997), **Integración de espejos solares de primera y segunda superficie.**
- Martínez Iván, Almanza Rafael, Mazari Marcos y Correa Genaro, (1997), **Espejos de aluminio de primera superficie curvados térmicamente.**
- Solís Correa H., Gordon Sánchez M., Rodríguez González A. y Maya A., (1997), **Cálculo de reflectores planos para un colector solar de tubos paralelos.**
- Quiñones J. José, Estrada G. Claudio y Cervantes Jaime, (1997), **Caracterización del DEFRAC. Parte II: Estudio óptico, primeros resultados.**
- Jiménez Magaña M., Hernández Bautista F., Dorantes Rodríguez R., (1997), **Construcción de un concentrador solar a partir de una antena parabólica.**
- Cruz Felipe, Estrada Claudio, Cervantes Jaime y Quiñones José, (1997), **Caracterización del DEFRAC. Parte I: Estudio térmico.**
- Cruz Felipe, Estrada Claudio, Cervantes Jaime y Quiñones José, (1997), **Determinación de la potencia concentrada por el DEFRAC usando una técnica calorimétrica.**
- Rincón Mejía E. y Durán García M., (1997), **Algunas consideraciones importantes para el diseño de un CPC con absorbedor cilíndrico.**
- C. Baltazar, F. Ornelas, A. Hernández, (1996), **Análisis de segunda ley de termodinámica de colectores solares con cavidades cilíndricas.**
- R. Solís y J. C. Baltazar, (1996), **Estudio *in situ* de los coeficientes de transferencia de calor en superficies de captación con elementos cilíndricos.**
- Acosta R., O. A. Jaramillo, J. J. Vázquez, J. A. del Río, (1996), **Diseño y emulación de un horno solar tipo caja.**
- Almanza R., A. Lentz, G. Jiménez, (1996), **Generación directa de vapor en un concentrador tipo canal parabólico.**

- D. Durán y E. Rincón, (1996), **Trazado de rayos para el estudio de concentradores solares del tipo CPC.**
- Román A., C. A. Estrada, A. Jiménez, (1995), **Dispositivo concentrador para el estudio de la fotocatalisis : DICEF.**
- Estrada C. A., E. Higuera, A. Oskam, J. G. Cervantes, (1995), **Dispositivo para el estudio de flujos radiactivos en concentradores: DEFAC.**
- Arriola E., B. Washom, D. Diver, C. A. Estrada, (1995), **Instalaciones de canal parabólico del ISCCS para México un estudio de prefactibilidad.**
- Blezinger H. and W. Schiel, (1995), **Testing of a dish/stirling field on the plataforma de Almeria. Test results, system potential and economics.**
- Rincón E., Velasco E., Sánchez M., Vera F., (1995), **Desarrollo de un colector solar de ultra alta concentración.**

### DESTILACIÓN SOLAR

- Felipe Muñoz Gutiérrez y Norma Robles Velázquez, (1998), **Diseño preliminar de una planta de destilación solar de 10 m<sup>3</sup> de capacidad.**
- Felipe Muñoz Gutiérrez y Norma Robles Velázquez, (1998), **Utilización de un estanque solar en procesos desaladores.**
- Araceli Lara V., Juan Morales G., Raymundo López C., Alen Díaz C. y Arturo Lizardi R., (1998), **Diseño de un destilador solar con eyector.**
- Pérez Galindo J. y Martín Domínguez I. , (1998), **Modelado de los procesos de transferencia de calor y masa de un destilador solar con tubos de calor.**
- Eugenio Torijano C., Alejandro Vázquez R., Alejandro Torres A., Hernando Romero-Paredes y Juan José Ambriz, (1998), **Resultados numéricos contra resultados experimentales usando un destilador solar de triple efecto.**
- Solís Correa H., Infante Bribiesca J., Rodríguez González J. y Gordon M., (1997), **Análisis de un destilador solar tipo caseta con superficie condensadora aumentada.**
- Romero Dzib J., Hernández Rodríguez F. y Reyes Coronado D. , (1997), **Análisis experimental de un destilador solar de dos efectos tipo caseta de una pendiente.**
- Pérez Galindo J. y Martín Domínguez I. , (1997), **Diseño conceptual de un destilador solar utilizando tubos de calor.**
- Rincón E. y S. Sánchez, (1996), **Destilador solar para la obtención de agua para consumo humano.**
- F. Torijano, E. Torijano, A. Vázquez, (1996), **Evaluación experimental de un destilador solar de tres efectos en la ciudad de México.**
- Flores V., F. E. Hernández, D. Reyes, J.C. Romero, (1996), **Análisis experimental de un destilador solar de una pendiente con y sin orientación.**
- Salgado R., J. A. Rodríguez, J. L. Fernández, (1996), **Caracterización de un destilador solar de gran sección transversal.**

- Fraidenraich N., G. Koury, E. Moura, (1995), **Analysis and design criteria for regenerative atmospheric water distillers.**
- Mondragón H., A. Finck, C. González, (1995), **Destilador solar de escalera.**
- Torijano E. y E. Barrera, (1995), **Destilador solar múltiple efecto como tratamiento de descargas contaminantes.**
- J. A. Rodríguez, R. Salgado, J. L. Fernández, (1995), **Distribución de temperaturas en un destilador solar de caseta de gran sección transversal.**
- Cabanillas R. y J. Montaña, (1995), **Planta de destilación solar en Puerto Lobos, Sonora.**
- Porta M. A., J. L. Fernández, N. Chargoy, (1995), **Factores geométricos en la operación de destiladores solares.someros.**

### ESTUDIOS TEÓRICOS, NUMÉRICOS Y EXPERIMENTALES

- Rafael Cabanillas, Claudio Estrada y Gabriela Álvarez, (1998), **Estudio teórico de la transferencia de calor en una cavidad cuadrada abierta en un extremo.**
- José T. Rodríguez Cantú, (1998), **Generador electromagnetohidrodinámico II.**
- Isaac Pilatowsky y A. Xicale, (1998), **Metodología de diseño de un sistema de almacenamiento de calor sensible en medio sólidos.**
- Gabriela Álvarez, Yvonne Chávez y Margarita Torres , (1998), **Estudio térmico de módulos a escala utilizados para probar materiales de ventanas y techos.**
- Tovar R., F. E. Ávila, J. Rojas, B. Vargas, (1996), **Convección natural en un sistema estratificado agua-salmuera confinado en una cavidad efecto del ángulo de la pared y de la concentración inicial.**
- Martínez E., F. Poujol, J. L. Fernández, (1996), **Estudio experimental de los patrones de movimiento de la convección natural en una cavidad triangular.**
- Urquiza G., (1996), **Convección natural en una cavidad cilíndrica con y sin generación interna de calor.**
- Flores A., J. A. Rodríguez, J. Chagoyán, J. L. Fernández, (1996), **Análisis de sensibilidad de un lecho empacado con piedras.**
- Flores J., G. Álvarez, C. A. Estrada, (1996), **Análisis térmico de vidrios tipo sandwich con controlador óptico.**
- Rubio E., (1996), **Uso de técnicas interferométricas para caracterización de flujos.**
- Rincón E., G. Contreras, G. García, (1996), **Soluciones exactas de ecuaciones para el seguimiento solar.**
- Poujol F., E. Martínez, (1996), **Convección natural en estado no permanente en una cavidad triangular.**

- **García R., R. García, J. G. Robledo, (1995), Análisis termodinámico elemental de un satélite solar.**
- **Urquiza G., (1995), Estudio de la convección natural conjugada en una cavidad calentada por ambos lados: efectos bidimensionales de la conducción.**
- **Martínez E., F. T. Poujol, J. L. Fernández, (1995), Estudio experimental de la convección natural en estado no permanente en una cavidad triangular.**
- **Ávila F., G. Hernández, (1995), Estudio experimental del efecto "cavidad" producido por un reflector difusivo no plano en la radiación total incidente sobre un tubo colector.**
- **Martín I., J. A. Pérez, (1995), Reproducción de la incertidumbre en la medición de temperatura durante un experimento de transferencia de calor en ebullición nucleada.**
- **Chagoyán J., A. Flores, O. Reséndiz, (1995), Estudio de la respuesta psicométrica dinámica de un almacén de calor empacado con silica-gel.**
- **Flores, J. Chagoyán, J. L. Fernández, (1995), Comportamiento dinámico de un lecho empacado con piedras.**
- **Limón L., J. C. Baltazar, (1996), Simulación de bombas de calor asistidas con energía solar con TRNSYS.**
- **Olechnowicz E., R. Martínez, (1995), Análisis por computadora de sistemas solares para calentamiento de fluidos.**

### **EVALUACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES**

- **Jesús A. Mota Ramírez, (1998), Comportamiento de la presión atmosférica en el campus de la UAM-A.**
- **Mabel Vaca, Raymundo López, Julio Flores, Luis Acosta y Abelardo González, (1998), Monitoreo de la radiación solar ultravioleta en el área metropolitana de la ciudad de México.**
- **Ricardo Saldaña Flores y U. Miranda, (1998), Evaluación del potencial de generación eoloelectrónico en la zona costera central del Estado de Veracruz.**
- **Rafael García Cueto, Adalberto Tejeda Martínez y Cruz Admec Martínez, (1998), El bioclima humano en Mexicali, B.C. comparado con otras ciudades cálidas del país.**
- **R. Varela, J. Jiménez Aquino, E. E. Ramírez y H. E. Velasco, (1998), Algoritmo numérico para la estimación de flujos radiativos en la atmósfera.**
- **Rodríguez González J., Quintana Díaz B., Solís H., Barceló I., Gordon M. y Carrera C., (1997), Estudio del clima y evaluación de las zonas de confort para algunas localidades mexicanas, 3a. parte.**
- **Magos Miguel, Solís Hugo y Arteaga Saúl, (1997), Programa para manejo de datos solarimétricos, Solar 2.0.**
- **Mota Ramírez J., (1997), Estudio de los flujos de la radiación solar directa en la UAM-A.**

- Hernández R. J., Flores M. F., Cuevas D. J., (1997), **Recurso eólico en Quintana Roo.**
- Martínez M. y L. Rodríguez, (1996), **Evaluación de tecnologías que usan energías renovables.**
- L. Arvizu, (1996), **Emisiones de metano, de los rellenos sanitarios de desechos sólidos urbanos a nivel nacional.**
- Calderón R., M. Vilchis, A. Barreras, O. R. García (1996), **Modelos de iluminancia global para cielos claros en zonas áridas de México.**
- García O. R., (1996), **Un modelo empírico para calcular la irradiación solar global.**
- A. Vilchis y R. Saldaña, (1995), **Estudio preliminar de la estabilidad atmosférica en el Valle de Mexicali.**
- García O. R. y Martínez C. A., (1995), **Calibración de métodos para estimar la radiación global en algunas partes de la República Mexicana y propuesta de modelos locales.**
- Balderas G. y Morales D., (1995), **Programa para comparar métodos indirectos de radiación, con ajuste de curvas para datos medidos en campo.**
- A. Mota, (1995), **Medición de la capa de ozono estratosférico mediante el espectrofotómetro Dobson.**
- A. Mota, (1995), **El ozono estratosférico en el Valle de México (1974 - 1980).**
- Vilchis M. A. y Saldaña R., (1995), **Estudio preliminar de la estabilidad atmosférica en el Valle de Mexicali.**
- A. Salcido, (1995), **Arianna: un modelo de gases en redes para diagnóstico de campos de viento.**
- Matsumoto Y., J. A. Urbano, R. Asomoza, (1995), **Fuentes de energía renovables en México.**

### **INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL**

- Miguel Magos R. y Eduardo Campero L. , (1998), **Sistema de adquisición de datos de temperatura ambiente.**
- Alejandro S. Lazcano Arredondo, (1998), **Líneamientos para el diseño de dispositivos de control solar y lumínico útiles en la Península de Yucatán.**
- Leonel Lira C., José Morales R. e Yvone Chávez Chena, (1998), **Equipo de medición de conductividad térmica para materiales de construcción desarrollado en el CENIDET.**
- Héctor Riveros R., David Riveros R., Mónica Mendoza S., Jorge Fujioka, Agustín Muhlia V., (1998), **Piranómetro de dos termistores .**
- Cruz Admec Martínez, Adalberto Tejeda Martínez y Rafael García Cueto, (1998), **Una sencilla formulación para el cálculo de algunas variables psicrométricas.**
- Barrera C. E. y Vázquez A., (1997), **Desarrollo de un medidor térmico-electrónico de la emisividad de materiales.**

- Benítez L. M., Solís S. J. y Pérez L. J., (1997), **Seguidor de luz solar para la aplicación en paneles solares.**
- Figueroa Morfín J., (1997), **Diseño y construcción de un posicionador solar automático utilizando el puerto paralelo de una computadora personal.**
- Ruíz H., Cabanillas R., Pérez J., Hinojosa J., (1997), **Diseño y construcción de un medidor de conductividad térmica para materiales de edificación.**
- Morales Cuevas F., Lira Cortés L. y García Gutiérrez A., (1997), **Criterios de diseño de un instrumento fundamentado en la técnica transitoria del hilo caliente.**
- Rubio Eduardo, Porta Miguel y Morales H. Roberto, (1997), **Diseño de un instrumento portátil para medición de radiación solar.**
- Benítez L. Miguel, Solís S. Juan y Pérez L. José, (1997), **Sistema de control para el seguimiento solar empleando el microcontrolador 87C51.**
- Casas V., R. Cabanillas, J. B. Pérez, T. G. Ríos, (1996), **Desarrollo de un medidor de conductividad térmica para materiales de construcción.**
- J. Palacios, G. Álvarez, C. A. Estrada, (1996), **Caracterización de un calorímetro experimental para medir la eficiencia térmica de vidrios.**
- Olea A., J. Campos, M. E. Rincón, (1996), **Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos de ocho canales para la caracterización fotoelectroquímica de materiales semiconductores.**
- A. Sánchez, F. Leyva, M. A. Navarrol, (1996), **Diseño y construcción de un sistema de seguimiento solar.**
- Garza A., (1996), **Laboratorios con aseguramiento de calidad.**
- Ramos M. y A. Mota, (1996), **Medidor instantáneo para flujos de radiación solar.**
- Barrera G., L.F. López, T. Salgado, V.H. Nieto, (1996), **Medición de radiación solar y eficiencia de un rastreador de punto de máxima radiación utilizando instrumentación virtual.**
- O. G. Díaz, J. G. Pérez, C. A. Estrada, M. Grajeda, (1996), **Sensor ortogonal para el control de seguimiento solar.**
- Grajeda M., G. Pérez, G. O. Díaz, J. Cervantes, C. A. Estrada, (1996), **Sistema de control para el seguimiento solar del DEFRAC.**
- E. Solís y M. Magos, (1995), **Estudio comparativo de sistemas de adquisición de datos.**
- Garza A., (1995), **Protección de una torre de instrumentos contra impactos por rayo.**
- A. Quiroga, I. R. Saravia, R. Echazu, (1995), **Uso del lisímetro para determinar el balance energético y evapotranspiración en un invernáculo con acondicionamiento térmico solar.**
- Forcada J. y R. Petrov, (1995), **Radiómetro para satélite spot.**

## MATERIALES SOLARES

- Cuevas O., J. Tamariz, O. Gómez-Daza, J. Campos, M.T.S. Nair y P.K. Nair, (1998), **Control de la radiación solar mediante películas delgadas de CuS, depositadas químicamente.**
- Aarón Sánchez-Juárez y Armando Ortíz, (1998), **Películas delgadas basadas en Sn y S preparadas por descarga gaseosa para aplicaciones fotovoltaicas.**
- Jassón Flores, Gabriela Álvarez y P. K. Nair, (1998), **Determinación de coeficientes de sombreado de vidrios laminados con dos filtros solares.**
- M. Fernández y M. G. Merino, (1998), **Preparación de películas delgadas de Sb-Se para la elaboración de celdas solares.**
- Tetsuo Takahashi, Ryuichi Shimokawa, Yasuhiro Matsumoto, Kenichi Ishii and Toshihiro Sekigawa, (1998), **Recrystallization of polycrystalline silicon films on ceramics by electron beam.**
- Ma. del Pilar Barrios, Rubén Dorantes R. y Manuel Rodríguez V., (1998), **La composición química del vidrio y su relación con el comportamiento térmico en la construcción.**
- García V. M., O. Gómez-Daza, J.C. García, M.T.S. Nair y P.K. Nair, (1998), **Películas delgadas de selenuro de cobre químicamente depositadas: aplicación como material controlador de radiación solar.**
- Nicho M. E., L. Rivera y H. Hu, (1998), **Películas compuestas semiconductoras de polianilina para aplicaciones en energía solar.**
- Martínez I., R. Almanza, G. Correa y M. Mazari, (1998), **Espejos solares de primera superficie para concentradores de canal parabólico.**
- Almanza R., I. Martínez, G. Correa y M. Mazari, (1998), **Nuevos conceptos en espejos solares.**
- Jaramillo O., J.A. del Río y G. Huelsz, (1998), **Estudio del comportamiento térmico de fibras ópticas como transmisoras de flujo radiativo solar concentrado.**
- Mauricio Ortega L. y Arturo Morales A., (1998), **Celdas solares sobre  $\text{CuInS}_2$  preparado por rocío químico pirolítico.**
- Barrera C.E., Pérez O.J., Lugo L.R., González I., Morales U., (1998), **Determinación electroquímica de la relación factor de rugosidad-absortancia del cobalto negro.**
- Barrera C.E., Valdés P.A. y Vázquez R.A., (1998), **Cálculo de la reflectividad espectral de una película delgada.**
- Meléndez Fernando y Matsumoto Yasuhiro, (1997), **Incremento en la eficiencia de conversión de las celdas solares de silicio amorfo hidrogenado mediante ventanas ópticas de p-a-SiO:H.**
- Jaramillo O. A. y Del Río J. A., (1997), **Aplicación de las fibras ópticas a la energía solar.**
- De la Garza Virginia y Sánchez Juárez A., (1997), **Propiedades optoelectrónicas de  $\text{SnOx:F}$  preparado por descomposición pirolítica de  $\text{SnCl}_2$ .**

- Gamboa S. A., Nguyen-Cong H., Chartier P., Sebastian P. J., Calixto M. E. y Rivera A., (1997), **Estructuras fotovoltaicas basadas en MeT / semiconductor.**
- J. Rodríguez, L. G. Arriaga, P. J. Sebastian, O. Solorza, (1996), **Desarrollo de electrodos de calcogenuros de Mo-Ru para celdas combustibles.**
- J. Rodríguez, B. Quintana, F.Franco, H.E. Solís, J. L. Contreras, (1996), **Desarrollo de superficies selectivas para refrigeradores por adsorción.**
- E. Calixto, S. A. Gamboa, P. J. Sebastian, A. M. Fernández, (1996), **Electrodeposición de películas delgadas de  $\text{CuInSe}_2$  (CIS) tratamientos térmicos postdeposición.**
- Barrera E., I. Camarillo, A. Rangel, (1996), **Determinación de la emisividad a alta temperatura de cobalto negro.**
- Arriaga G., F.J. Rodríguez, P. Sebastián, A. M. Fernández, O. Solorza, (1996), **Caracterización de electrodos para producción de  $\text{H}_2$  reducción de  $\text{O}_2$ .**
- Rivera M. A., S.A. Gamboa, P.J. Sebastian, A. Olea, (1996), **Estudio electroquímico de difusión de  $\text{H}_2$  en materiales para almacenar  $\text{H}_2$ .**
- Torres A., H. Romero, J. J. Ambriz, (1996), **Modelo cinético para el sulfato de zinc como material precursor del almacenamiento termoquímico de energía solar.**
- Gómez-Daza O., V.M. García, M.T.S. Nair, P.K. Nair, (1996), **Películas gruesas de  $\text{CdSe}$  de alta fotosensibilidad por la técnica de serigrafía y sinterizado.**
- Olea A., J. Campos, P.K. Nair, (1996), **Sistema para la caracterización optoelectrónica de materiales semiconductores.**
- Narváez J., A. Sánchez, P. J. Sebastian, O. Gómez-Daza, (1996), **Estudio de fotoluminiscencia en películas fotoconductoras de (Zn,Cd) elaboradas por serigrafía.**
- Morales A., (1996), **Fundamentos para el diseño de celdas solares policristalinas.**
- J. Sebastian, A. A. Gamboa, M.A. Rivera, M. Ocampo, H. Nguyen, y P. Chartier, (1996), **Celdas fotovoltaicas basadas sobre películas de  $\text{CdS}$  y  $\text{PMeT}$  formadas por electrodeposición.**
- Fernández A., M. E. Calixto, P. J. Sebastian, (1996), **Celdas solares en película delgada a base de materiales precursores del tipo  $\text{Cu-In-Se}$ , elaborado por electrodeposición.**
- Meléndez F., Y. Matsumoto, (1996), **Preparación y caracterización del óxido de silicio tipo-P para celdas solares del silicio amorfo hidrogenado.**
- Gamboa S., P.J. Sebastian, (1995), **Conversión de  $\text{CdTe}$  electrodepositado a  $\text{p-CdTe}$  por telurización empleando CVTG.**
- Almanza R., G. Correa, M. Mazari, (1995), **Desarrollo de espejos de primera superficie utilizando magnetrones lineales.**
- Calixto E., P. J. Sebastian, (1995), **Estructuras de celdas solares basadas en  $\text{CuInSe}_2$  por combinación de electrodeposición y CVTG.**
- Salcedo A., O. Gómez, P. J. Sebastian, (1995), **Estructura de fotodetectores de  $\text{CdSe/CdS/ZnCdS/ZnO}$  por serigrafía.**

- Ocampo M., P. J. Sebastian, (1995), **Estructura de ZnCdS/CdS para fotodetectores formada por serigrafía y sinterizado de CdS y ZnCl<sub>2</sub>.**
- Barrera E., A. Mireya, U. Morales, (1995), **Películas selectivas por medio de la técnica sol-gel.**
- Fernández A., R. N. Bhattacharya, A. Manso, A. Swartzlander, R. Noufi, A. M. Herman, (1995), **Preparación de películas delgadas de InSe, CuSe y CuInSe, para la elaboración de celdas solares.**

## PLANEACIÓN ENERGÉTICA Y EDUCACIÓN

- Jorge Arias T., Mireya Ruiz A. y Enrique Barrera C., (1998), **Encuesta sobre dispositivos solares ¿ Vinculados a la satisfacción de alguna necesidad social?**
- Ana María Ramírez, S.A. Gamboa, R. Pedroza, M. A. Rivera, F. Manzini, M. Martínez, J. Campos y P.J. Sebastian, (1998), **Análisis documental del desarrollo de las fuentes alternas en México.**
- Morales M. y J. Islas, (1998), **Análisis económico de costos de producción, utilizando cogeneración y energía convencional.**
- Reyna Navarro M. y Guadalupe Lemarroy S., (1998), **Resultados del seminario de titulación de eco-arquitectura**
- Arturo Morales A., (1998), **Algunas propuestas para promover la investigación y el desarrollo de las fuentes renovables de energía en México.**
- Pichs Madruga R., (1997), **La pequeña empresa de energía sostenible en México. Alcance y limitaciones.**
- Lemus Fuentes E. y Lugo Leyte R., (1997), **Ilustrando el efecto Peltier y el efecto Seebeck en el salón de clase**
- Rodríguez Cantú J. T., (1997), **Generador electromagnetohidrodinámico.**
- Sheinbaum C., I. Jáuregui, D. García, F. Manzini, (1996), **Potencial económico de calentadores de agua híbridos (solares-gas LP) para uso doméstico en el área metropolitana de la ciudad de México.**
- García R. , G. Altamirano, O. Bravo, A. Zekkour, (1996), **Análisis de resultados de un vehículo eléctrico de carga ligera.**
- Garza A., (1996), **La Eoloelectrocidad como asignatura.**
- Figueroa A., (1996), **Programa de especialización. Maestría y Doctorado en diéselo, línea de arquitectura bioclimática.**
- Garza A., (1995), **La creatividad como motor de la innovación tecnológica.**

## QUÍMICA SOLAR

- Olea A., P.J. Sebastián, G.P. Smestad, J. Ortega y V. de la Garza, (1998), **Transferencia del electrón mediante tintes orgánicos para la conversión solar.**

- Romero T., P.J. Sebastian., O. Solorza y R. Rivera, (1998), **Síntesis y caracterización de  $Ru_xS_y$  como material electrocatalítico para la reacción de reducción de oxígeno.**
- Calixto M.E., P.J. Sebastian y A. M. Fernández, (1998), **Análisis de sensibilidad de parámetros en el depósito electroquímico de películas delgadas de Cu-In-Se.**
- A. Rivera, P.J. Sebastian, S.A. Gamboa y R. Pedroza, (1998), **Capacidad de carga electroquímica de hidrógeno en níquel foam.**
- Marina Rincón y César Corripio, (1998), **Caracterización fotoelectroquímica de estructuras multicapas obtenidas por baño químico.**
- Arriaga L. G. y A. M. Fernández, (1998), **Caracterización de fotoánodos para la producción de hidrógeno.**
- César Corripio y Marina Rincón, (1998), **Caracterización óptica y estructural de dióxido de titanio sensibilizado, para aplicaciones en celdas fotoelectroquímicas regenerativas y fotocatalíticas.**
- Romero-Paredes H., A. Torres A., A. Vázquez R., E. Torrijano y J. J. Ambriz, (1998), **Simulación de un reactor solar con distribución de energía concentrada.**
- Torres A., H. Romero-Paredes, J. J. Ambriz, A. Vázquez R. y E. Torrijano, (1998), **Perfiles cinéticos bidimensionales en un receptor solar.**
- Calixto M. E., Sebastian P., Bhattacharya, R.N., Fernández A. y Noufi R. N. , (1997), **Estructuras fotovoltaicas basadas en CIGS por electrodeposición.**
- Rivera M. A., Sebastian P. J., Gamboa S. A., Olea A., Chan J. , (1997), **Difusión electroquímica de  $H_2$  en Si.**
- Morales Magdalena, Sebastian P. J. y Solorza O., (1997), **Producción fotoelectroquímica del hidrógeno usando celdas solares tipo semiconductor septum.**
- Rodríguez F. J., Sebastian P. J. y Solorza Ferial O., (1997), **Electrodos de calcogenuros de Mo-Ru-W para celdas de combustible preparados por serigrafía y síntesis química.**
- Torres Aldaco A., Romero-Paredes Rubio H., Ambríz García J. J., Vázquez A. y Torrijano E., (1997), **Modelamiento de un lecho fluidizado a altas temperaturas.**
- Fernández A. M. y Martínez A. M., (1997), **Preparación y caracterización de películas delgadas de InP, elaboradas por electrodeposición para su aplicación en celdas solares**
- Cota Espericueta A., Estrada Gasca C. y Jiménez Antonio, (1997), **Rompimiento de moléculas de DBSNa por fotocatalisis.**
- Arriaga L. G. , Sebastian P. J., Solorza O. y Fernández A. M., (1997), **Preparación y caracterización de fotoelectrodos para la producción de  $H_2$  .**
- Romero-Paredes Rubio H., Torres Aldaco A. y Ambríz García J., (1997), **Efectos hidrodinámicos en un prototipo solar de lecho fluidizado.**
- Torres A., H. Romero, J. J. Ambríz, (1995), **Cambios en la estructura cristalina del  $ZnSO_4$  como agente de almacenamiento termoquímico solar.**

- F. Torijano, A. Vázquez, (1995), **Efecto de las olefinas en la formación de ozono y pan en la zona metropolitana de la Ciudad de México.**
- Torres A., H. Romero, J. J. Ambriz, (1995), **Estudio cinético comparativo del  $ZnSO_4$  , con el  $MgSO_4$  para su aplicación como agentes de almacenamiento termoquímico de energía térmica solar.**
- J. Sebastian, M. Martínez, O. Solorza, D. Eapen, (1995), **Hydrogen energy and fuel cells: a recent R&D program in México.**

### REFRIGERACIÓN SOLAR

- Hernández J., C. Estrada, R. Dorantes y R. Best, (1998), **Estudio paramétrico con eficiencia de segunda ley de un sistema de eyecto-compresión con refrigerante 142b.**
- Nicolás Velásquez L. y Roberto Best , (1998), **Análisis de factibilidad técnica y económica de los sistemas de captación solar para su aplicación en sistemas de absorción con fuente de energía híbrida.**
- Naghelli Ortega A., Roberto Best y B., y Eduardo Rincón, (1998), **Aplicación de concentradores tipo CPC en refrigeración solar.**
- Gordon Sánchez M., Morales Gómez J. y Rodríguez González J., (1997), **Estudio experimental de un refrigerador solar por absorción con concentración.**
- López Raymundo, Morales G. Juan y Díaz C. Alen, (1997), **Refrigerador experimental por adsorción con energía térmica de baja temperatura.**
- Rodríguez J., Quintana B., Solís H., Barceló I., Gordon M., Frías M., Farfán R. y Medina J., (1997), **Evaluación de un refrigerador solar por adsorción con carbón activado y metanol.**
- Martínez Melena E., Jacobo Calderón S. y Ávalos García Gloria, (1997), **Sistema de refrigeración por absorción  $NH_3$ - $H_2O$  activado por energía solar.**
- Hernández Pacheco E., López de Haro M. y Best Brown R. , (1997), **Propiedades termofísicas del bromuro de litio+agua+etanolamina.**
- Hernández Jorge, Estrada C., Dorantes R. y Best R., (1997), **Estudio paramétrico de un sistema de refrigeración por eyecto-compresión con refrigerante 142b.**
- Dueñas C., I. Pilatowsky, (1996), **Análisis termodinámico de un refrigerador solar termoquímico (cloruro de bario-amoniaco), para la producción de hielo.**
- Saavedra A., R. J. Dorantes, J. Trinidad, (1996), **Efecto del tipo escurrimiento del flujo secundario en la estabilidad y límites de operación de un sistema de refrigeración por eyecto-compresión de vapor.**
- Rodríguez J.F., B. Quintana, H.E. Solís, Y. D. Barceló, M. Gordon, (1996), **Estudio del comportamiento adsorptivo de carbones para usarlos en refrigeración solar.**

- Baeza M., I. Pilatowsky, A. F. Salinas, M. A. Barroso, (1996), **Estudio experimental de un refrigerador solar termoquímico cloruro de calcio monometilamina para el acondicionamiento de aire.**
- J. Romero, W. Rivera, R. Best, C. L. Heard, (1996), **Evaluación experimental de las mezclas de bromuro de litio-agua y carrol-agua en un transformador de calor por absorción.**
- Solís H., Y. D. Barceló, J. F. Rodríguez, M. Gordon, B. Quitana, (1996), **Fórmula empírica para el cálculo de la presión de soluciones concentradas de electrolitos fuertes. Parte II: soluciones de LiCl/CaCl<sub>2</sub>.**
- Dorantes R., C. Estrada, C. Beneton, (1995), **Criterios de selección del fluido de trabajo de un refrigerador solar por eyecto-compresión para la producción de hielo.**
- F. Hinojosa, I. A. Blanco, J. R. Hernández, R. E. Cabanillas, J. W. Strachan, (1995), **Determinación de la eficiencia térmica de una hielera solar.**
- F. Rodríguez, B. Quintana, R. Dorantes, H E. Solís, M. Gordon, (1995), **Diseño construcción y operación de un prototipo experimental para refrigeración solar por adsorción.**
- Saavedra A., R. Dorantes, T. Rodríguez, (1995), **Efecto de la geometría de las toberas de un eyecto-compresor en la eficiencia y límites de operación de un sistema de refrigeración por eyecto-compresión de vapor.**
- Lemus E., M. G. Sánchez, (1995), **Legionella en enfriadores evaporativos.**
- Rincón E., E. Velasco, R. Ruíz, G. Córdova, (1995), **Refrigerador solar por absorción con elementos pasivos.**

### SECADO SOLAR

- Adolfo Finck, Adrián Oskam y Roberto Best, (1998), **Secador solar portátil de usos múltiples.**
- M. España E., O. Resendiz P., J. A. Rodríguez M. y J. Chagoyán S., (1998), **Secado de filete de tiburón en un secador solar.**
- Torres-Reyes, J. J. Navarrete-González y M. Picón-Núñez, (1998), **Secador solar familiar.**
- Torres E., M. Picón N., J. J. Navarrete G. y J. R. Elorza R., (1998), **Funcionamiento térmico de un secador solar de fruta.**
- Torres E., J. G. Cervantes, B. A. Ibarra S., M. Picón N. y J. J. Navarrete G., (1998), **Optimización termodinámica de calentadores solares de aire.**
- Torres E., Picón Núñez M. y Navarrete G. J., (1997), **Prototipo para el secado solar de fruta por convección natural.**
- Torres R. E., Picón Núñez M. y Navarrete G. J., (1997), **Diseño y construcción de deshidratadores solares de fruta en el municipio de Xichú, Gto.**
- Pilatowsky I. y Vázquez B. J., (1997), **Diseño preliminar de un sistema solar termohidrónico aplicado al secado de productos agrícolas.**

- España Estrada Juan M., Rodríguez Montes José A., Chagoyán Serrano José y Reséndiz Pacheco Óscar, (1997), **Construcción y prueba de un secador solar portátil por convección natural.**
- Reséndiz Pacheco Óscar, Rodríguez Montes José A., Chagoyán Serrano José y Flores Irigollen Alfredo, (1997), **Experiencias de secado en la Universidad Autónoma de Baja California Sur.**
- Reséndiz A., J. Chagoyán, J. A. Rodríguez, (1996), **Determinación de la difusibilidad de masa de filete de cazón.**
- Álvarez G., L. Lira, M. Vargas, (1996), **Simulación matemática aplicada a un dispositivo experimental para secado solar de grano.**
- Fink A., F. Zafra, J. H. Mondragón, G. González, (1996), **Secador solar indirecto para frutas.**
- Torres E., M. Picón, J.J. Navarrete, P. Rivera, (1996), **Secado solar de productos agrícola en el Estado de Guanajuato.**
- Soto W., (1996), **Secador solar de pescado.**
- Reséndiz A., J. Chagoyán, J. A. Rodríguez, J. L. Fernández, (1995), **Determinación del coeficiente de difusibilidad del filete de cazón.**
- Best R., J. M. Cruz, R. Tovar, F. J. Hernández, (1995), **Evaluación experimental de un secador de arroz operado con bomba de calor y energía solar.**
- A. Condori, I. R. Saravia, R. Echazu, (1995), **Secado de pimiento en un secadero invernadero túnel de producción continua.**
- Álvarez G. y C. A. Estrada, (1995), **Simulación matemática de secado de grano usando colectores planos.**

### SISTEMAS TÉRMICOS

- G. Barbosa S., P. Quinto D. y F. Sánchez S., (1998), **Resultados experimentales obtenidos con un sistema solar para calentamiento de agua.**
- Martínez H., P. Quinto D. y J. Abugaber F., (1998), **Análisis experimental de una estufa solar tipo caja con reflectores interiores multipasos.**
- Vázquez J. J., L.G. Arriaga, R. Acosta, O.A. Jaramillo y G. Huelsz, (1998), **Evaluación del trazado de rayos mediante un heliodón para un horno solar tipo caja.**
- Flores A., J. A. Rodríguez, J. Chagoyán y J. L. Fernández Z., (1998), **Análisis de sensibilidad de un sistema de calentamiento de aire.**
- Estévez Leal N. y Romero López A., (1997), **La radiación solar aplicada a estanques solares para la generación de energía.**
- Medina D. Alberto, Valdés Palacios A., Almanza Rafael y Jiménez E. Manuel, (1997), **Pirólisis del aceite de ricino por medio de un concentrador solar, para obtener heptaldehído y ácido undecilénico.**
- Rodríguez J., Quintana B., Solís H., Barceló I. y Gordon M., (1997), **Proceso de obtención de ácido silícico apoyado con energía solar.**

- Solís H., Gordon M., Rodríguez J., Magos M., Palos de Anda J. y Hernández H., (1997), **Evaluación de tres prototipos nuevos de cocinas solares de reflectores planos.**
- Almeraya Hernández R., Díaz Cárdenas A. y Gordon Sánchez M., (1997), **Diseño, construcción y evaluación de una incubadora solar doméstica.**
- Palacios Manuel, Álvarez Gabriela y Estrada Claudio, (1997), **Aparato experimental para medir la transferencia de calor en vidrios.**
- Flores Jassón, Álvarez Gabriela y Estrada Claudio, (1997), **Análisis térmico de los vidrios laminados automotrices con dos filtros solares.**
- Flores Irigollen A., Rodríguez J. A., Chagoyán J. y Fernández J. L., (1997), **Comportamiento dinámico de un sistema solar de calentamiento de aire.**
- Rincón Mejía E., Moreno Lawrence D. y Vera Noguez F., (1997), **Desarrollo de cocinas solares con base en concentradores solares del tipo CPC**
- Muñoz F. y Avilés F., (1997), **Eficiencia termodinámica de sistemas solares.**
- Hinojosa J., Gallardo G. y Cabanillas R., (1997), **Evaluación térmica de un horno solar.**
- Amao Mendoza José, Flores Irigollen Alfredo, Chagoyán Serrano José y Rodríguez Montes José A., (1997), **Modelado matemático simple de un colector solar tipo túnel inflable.**
- Rivera Hernández Ignacio, Chagoyán Serrano José y Rodríguez Montes José A., (1997), **Efecto del gasto másico de aire en la eficiencia de un colector solar tipo túnel inflable.**
- Finck Pastrana Adolfo, Zafra Aguilar Francisco, de León V. José Luis y Riviello Vidrio Antonio, (1997), **Horno solar portátil.**
- Romero H., A. Torres, J. J. Ambriz, (1996), **Análisis de una central termoquímica de almacenamiento de energía con sulfato de níquel .**
- Muñoz F., M. Arciga, (1996), **Determinación óptima de conversión de energía solar mediante varios ciclos.**
- Siqueiros J., R. Borja, C. Ramos, J. del Ángel, J. M. Huacuz, (1996), **Estudio paramétrico sobre una planta piloto de ciclo orgánico Rankine como fuente de calor un estanque solar.**
- Quinto P., F. Sánchez, M. Toledo, (1996), **Propuestas de uso de la energía solar en un sistema de tratamiento hidrotérmico.**
- Quinto P. y Flores V., (1995), **Comparación del comportamiento de un sistema solar de calentamiento de agua, usando datos teóricos y experimentales.**
- G. J. Kolb, (1995), **Evaluación de la producción de energía a partir de los sistemas de generación eléctrica en Kramer Junction: 1988 a 1993.**
- J. T. Rodríguez, (1995), **Generadores eléctricos termoiónicos.**
- R. Saravia, R. Echazu, M. Quiroga, M. Condori, C. Cabanillas, (1995), **Sistema solar activo para calentamiento de invernaderos.**
- Rincón E., E. Velasco, G. Córdova, R. Ruíz, (1995), **A novel sun engine for solar to electrical energy conversion.**

- **Martínez G., Espinosa B., Durán C., (1995), Propuesta de utilización de energía combinada, solar y gas LP en la conservación de frutas (Caso particular: Mango).**
- **Solís E., Beltrán M., Delgado L., (1995), Factibilidad de emplear la energía solar en la concentración y pasteurización de cítricos.**
- **R. García y M. Lazcano, (1995), Comportamiento y caracterización de un horno solar para determinar el valor nutritivo de algunos alimentos con cocción solar.**
- **Mendoza M., Gallardo F., Hermosillo J. J., (1995), Hornos solares para la cocción de alimentos.**
- **L. Enríquez, A. Joyce, D. Loureiro, C. Mendes, (1995), Efecto de la radiación ultravioleta solar sobre las bacterias en el agua.**
- **M. Gómez, P. Navarro, G. Gallardo, (1995), Estudio del desempeño de un horno solar en procesos de cocimiento de platillos de la región noreste de México.**

## ANEXO 2

### ALGUNOS LIBROS ESCRITOS Y PUBLICADOS EN MÉXICO QUE TRATAN SOBRE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA

#### APLICACIONES EÓLICAS Y FOTOVOLTAICAS

- Morales Acevedo Arturo, (1995), **LA ELECTRICIDAD QUE VIENE DEL SOL. UNA FUENTE DE ENERGÍA LIMPIA.**, Grupo Editorial Iberoamérica, ISBN 970-625-108-1.
- Caldera Enrique, Martínez Ana María, Borja Raúl, Borja Marco Antonio, Saldaña Ricardo, (1987), **ESTIMACIÓN DE LA VELOCIDAD PROMEDIO ANUAL DEL VIENTO EN UN SITIO DE POSIBLE APROVECHAMIENTO**, Instituto de Investigaciones Eléctricas.

#### ARQUITECTURA SOLAR

- García Chávez José Roberto, (1996), **DISEÑO BIOCLIMÁTICO PARA AHORRO DE ENERGÍA Y CONFORT AMBIENTAL INTEGRAL**, UAM-A, ISBN 970-620-730-9.
- Deffis Caso Armando, (1994), **LA CASA ECOLÓGICA AUTOSUFICIENTE PARA CLIMAS TEMPLADO Y FRÍO**, Árbol Editorial, ISBN 968-461-188-0.
- Deffis Caso Armando, (1994), **LA CASA ECOLÓGICA AUTOSUFICIENTE PARA CLIMAS CÁLIDO Y TROPICAL**, Árbol Editorial, ISBN 968-461-187-0.

#### RADIACIÓN SOLAR

- Muhlia Velázquez Agustín, (1997), **BOLETÍN DE DATOS DE RADIACIÓN SOLAR**. Serie A Observatorio de Radiación Solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, Ciudad Universitaria.
- Galindo Estrada Ignacio, (1996), **IRRADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA: VALORES HORARIOS MEDIOS**, Programa Universitario de Energía, UNAM, ISBN 968-36-5446-0.
- Galindo Estrada Ignacio y Valdés Barrón Mauro, (1991), **MÉXICO: ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR**, Programa Universitario de Energía, UNAM.
- Estrada Cajigal Vicente y Pilatowsky Figueroa Isaac, Editores, (1990), **II TALLER DE RADIACIÓN SOLAR**, ANES, IIE y UNAM-CCH.
- Almanza Rafael y López Serafín, (1975), **RADIACIÓN SOLAR GLOBAL EN LA REPÚBLICA MEXICANA MEDIANTE DATOS DE INSOLACIÓN**, Series del Instituto de Ingeniería, Núm. 357, UNAM.

## PLANEACIÓN ENERGÉTICA

- **BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1996**, Secretaría de Energía del Gobierno Federal, (1997), ISBN 968-874-107-8.
- **BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1992**, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal del Gobierno Federal, (1993), ISBN 968-874-083-7.
- Romero-Paredes Hernando, Ambriz Juan José y González E., (1989), **ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA**, UAM-I y PUE-UNAM, ISBN 968-36-1418-3.
- Romero-Paredes Hernando, González E. y Ambriz Juan José, (1989), **USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**, UAM-I y PUE-UNAM, ISBN 968-36-1418-3.
- Alonso Concheiro Antonio y Rodríguez Viqueira Luis, (1985), **ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS**, CONACYT, ISBN 968-823-184-3 y Fondo de Cultura Económica, ISBN 968-16-2160-3.

## SISTEMAS TÉRMICOS

- Almanza Salgado Rafael y Muñoz Gutiérrez Felipe, (1994), **INGENIERÍA DE LA ENERGÍA SOLAR**, El Colegio Nacional, ISBN 968-6664-79-5.
- Manrique José A., (1984), **ENERGÍA SOLAR. FUNDAMENTOS Y APLICACIONES FOTOTÉRMICAS**, HARLA, ISBN 968-6034-54-4.
- Almanza Rafael, Valdés Alberto y López Serafín, (1981), **CONCENTRADORES SOLARES**, Series del Instituto de Ingeniería, UNAM, Núm. D-16,
- Almanza Rafael, Muñoz Felipe y Lara J. (1984), **ESTANQUES SOLARES**, Series del Instituto de Ingeniería, Núm. 476, UNAM.
- Almanza Rafael y López Serafín, (1976), **UTILIZACIÓN DE LAS SUPERFICIES SELECTIVAS EN LA ENERGÍA SOLAR**, Series del Instituto de Ingeniería, Núm. 378, UNAM.

## DIVULGACIÓN

- Tonda Juan, (1993), **EL ORO SOLAR Y OTRAS FUENTES DE ENERGÍA**, Colección La Ciencia desde México, Vol. 119, Fondo de Cultura Económica, ISBN 968-16-4286-4.

### ANEXO 3

#### DIRECTORIO DE INVESTIGADORES QUE LABORAN EN FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN MÉXICO.

##### **AGREDANO JAIME**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** agredano@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, plantas híbridas

##### **ALMANZA SALGADO RAFAEL**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** ras@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Concentración solar, sistemas térmicos

##### **ÁLVAREZ GARCÍA GABRIELA**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** gace@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 127613

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, simulación, materiales

##### **AMAO MENDOZA JOSÉ**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Secado Solar, Colectores planos

##### **AMBRIZ GARCÍA JUAN JOSÉ**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** agj@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5)7244645

**Áreas de investigación:** Química solar, almacenamiento térmico, destilación

##### **ARIAS TORRES JORGE**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** jat@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5)7244645

**Áreas de investigación:** Colectores planos

##### **ARTEAGA SAÚL ÓSCAR**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** oarteaga@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

##### **ARVIZU JOSÉ LUIS**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** jlarvizu@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7247

**Áreas de investigación:** Biomasa

**ARRIAGA LUIS GERARDO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** lgah@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250044

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**ÁVILA SEGURA FRANCISCO EDUARDO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** avilaf@servidor.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250044

**Áreas de investigación:** Estanques solares, concentración solar

**BALDERAS GABRIEL**

**Institución:** Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (22 ) 46 2832

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**BALTAZAR JUAN CARLOS**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** baltace@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 26252

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar, secado solar, destilación solar

**BARBOSA SALDAÑA JUAN GABRIEL**

**Institución:** SEPI - ESIME - IPN

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 54356

**Áreas de investigación:** Colectores planos

**BARCELÓ QUINTAL ICELA**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (5) 7235940

**Áreas de investigación:** Cocinas solares, destilación solar, refrigeración solar

**BARRERA CALVA ENRIQUE**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** ebc@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5)7244645

**Áreas de investigación:** Química solar, películas selectivas, destilación

**BEST BROWN ROBERTO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** rbb@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250048

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, secado solar

**BOJÓRQUEZ GONZALO**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** gbojmor@csiam1.mxl.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**BORJA MARCO ANTONIO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** maborja@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Investigación y control

**CABANILLAS LÓPEZ RAFAEL**

**Institución:** Universidad de Sonora

**Dirección electrónica:** rcabani@guaymas.uson.mx

**Fax y teléfono:** (62) 59 2106 ; (62) 592105

**Áreas de investigación:** Sist. térmicos, convección natural, instrumentación

**CADENAS TOVAR ROBERTO**

**Institución:** CFE, Área de Nuevas Fuentes de Energía

**Dirección electrónica:** unfe@morelia.teesa.com

**Fax y teléfono:** (43) 14 47 35 ; (43) 16 67 82

**Áreas de investigación:** Plantas híbridas, aerogeneradores, geotermia

**CALDERA MUÑOZ ENRIQUE**

**Institución:** Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

**Dirección electrónica:** caldera@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 18 90 16

**Áreas de investigación:** Aerogeneración, planeación energética, colectores

**CALDERÓN VÍCTOR MANUEL**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** calderon@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 1937 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, secado solar

**CAMACHO MORALES RAFAEL**

**Institución:** Instituto Tecnológico de La Paz

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (112) 224 24 ext 512

**Áreas de investigación:** Aeromáquinas, medición de esfuerzos

**CAMPERO LITTLEWOOD EDUARDO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** ecl@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 394 7378 ; (5) 724 4580

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**CASTORENA ESPINOSA GLORIA**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** gce@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235972

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**CERVANTES DE GORTARI JAIME**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** jgonzalo@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Análisis termodinámicos, transferencia de calor

**CORRAL MARTÍNEZ MARÍA**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** e2599@csiam1.mx | uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**CORREA MIRANDA GENARO**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** gacm@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Espejos solares

**CRUZ FELIPE**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** cenidet2@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 12 76 13

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**CHAGOYÁN SERRANO JOSÉ**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** irivera@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, secado solar, sistemas térmicos

**CHAN GONZÁLEZ JORGE**

**Institución:** Universidad Autónoma de Campeche

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:**

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**CHÁVEZ CHENA YVONNE**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** cenidet2@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 127613

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, simulación, materiales

**CHARGOY DEL VALLE NORBERTO**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** ncv@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Concentración solar

**DE BUEN RODRÍGUEZ ODÓN**

**Institución:** Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

**Dirección electrónica:** conaeooz@rtn.net.mx

**Fax y teléfono:** (5) 448 6228

**Áreas de investigación:** Planeación energética

**DE LA MORA DÍAZ ALFREDO**

**Institución:** Universidad Autónoma de Colima

**Dirección electrónica:** delamora@volcan.ucol.mx

**Fax y teléfono:** (332) 30130

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**DEL RÍO J. ANTONIO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** antonio@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Materiales solares, fibras ópticas

**DORANTES RODRÍGUEZ RUBÉN**

**Institución:** UAM - Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** rjdr@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6333460 ; (5) 7244246

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, concentración solar

**DURÁN GARCÍA MARÍA DOLORES**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** mddg2210@netspace.com.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar

**ELORZA RODRÍGUEZ JORGE RAFAEL**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** elorza@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 26252 ; (473) 275 55

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**ESTRADA CAJIGAL VICENTE**

**Institución:** SOLARTRONIC

**Dirección electrónica:** vestrada@solartronic.com

**Fax y teléfono:** (73) 189714 ; (73) 12 51 17

**Áreas de investigación:** Radiación solar

**ESTRADA GASCA CLAUDIO A.**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** ceg@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018; (73)250052 y 622 9729

**Áreas de investigación:** Concentración solar, Sist. térmicos, instrumentación

**ESPAÑA ESTRADA JUAN**

**Institución:** Depto. de Ing. en Pesquerías, UABCS

**Dirección electrónica:** jespana@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Secado Solar

**FERNÁNDEZ ARTURO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** amf@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018

**Áreas de investigación:** Materiales solares, celdas fotovoltaicas

**FERNÁNDEZ VALVERDE SUILMA MARISELA**

**Institución:** Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

**Dirección electrónica:** smfv@nuclear.inin.mx

**Fax y teléfono:** (5) 329 7301 ; (5) 329-7200 ext 2275

**Áreas de investigación:** Química solar, fotocatalisis

**FERNÁNDEZ ZAYAS JOSÉ LUIS**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** jlf@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6162894 ; (5) 6223423

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Sist. térmicos, radiación solar

**FIGUEROA CASTREJÓN ANÍBAL**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapatzalco

**Dirección electrónica:** fca@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235972

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**FIGUEROA MORFÍN JOSÉ**

**Institución:** Depto. de Física, Universidad de Sonora

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (62) 592109 ; (62)

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**FINCK PASTRANA ADOLFO**

**Institución:** Depto. de Física, Universidad Iberoamericana

**Dirección electrónica:** adolfo.finck@uia.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Secado solar, destilación solar

**FLORES HERNÁNDEZ JOSÉ ROBERTO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** jrflores@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Evaluación del potencial eólico

**FLORES IRIGOLLEN ALFREDO**

**Institución:** Depto. de Ing. en Pesquerías, U. Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** aflores@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 1937 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Secado Solar, Sistemas térmicos

**FLORES PRIETO JASSÓN**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** jasson@Mor1.telmex.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 12 76 13

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, Colectores planos

**FLORES LARA VICENTE**

**Institución:** Universidad de Quintana Roo

**Dirección electrónica:** viflores@balam.cuc.uqroo.mx

**Fax y teléfono:** (983) 28388 ext 129

**Áreas de investigación:** Colectores planos

**FUENTES FREIXANET VÍCTOR**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapatzalco

**Dirección electrónica:** ffva@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235972

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**GAMBOA SÁNCHEZ SERGIO ALBERTO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** sags@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250048

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**GALLEGOS ORTEGA RICARDO**

**Institución:** Facultad de Arquitectura, U. Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** gallegos@csiam1.mxl.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**GARCÍA CUETO O. RAFAEL**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, U. Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** rcueto@csiam1.mxl.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664150

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, radiación solar

**GARCÍA CHÁVEZ JOSÉ ROBERTO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotalco

**Dirección electrónica:** jgc@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 3948396

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**GONZÁLEZ GALARZA RAÚL**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** rgg@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Evaluación del potencial eólico

**GÓMEZ DAZA ÓSCAR**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**GORDON SÁNCHEZ MANUEL**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotalco

**Dirección electrónica:** mgs@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244258

**Áreas de investigación:** Secado solar, destilación solar, refrigeración solar

**GUDIÑO AYALA DAVID**

**Institución:** Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

**Dirección electrónica:** @inge.gdl.iteso.mx

**Fax y teléfono:** (3)669 3505 ; (3) 669 3510

**Áreas de investigación:** Sistemas térmicos, colectores planos

**GUTIÉRREZ MARTÍNEZ FILIBERTO**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** fgm@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, Sist. térmicos, colectores planos

**HERMOSILLO VILLALOBOS JUAN JORGE**

**Institución:** Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

**Dirección electrónica:** jjhillo@inge.gdl.iteso.mx

**Fax y teléfono:** (3)669 3505 ; (3) 669 3510

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Sist. térmicos, concentración solar

**HERNÁNDEZ JORGE ISAAC**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** jh@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, secado solar

**HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ JOSÉ**

**Institución:** Universidad de Quintana Roo

**Dirección electrónica:** josherna@balam.cuc.uqroo.mx

**Fax y teléfono:** (983) 29 656

**Áreas de investigación:** Medición del viento, evaluación del potencial eólico

**HERRERA BARRERA ARMANDO**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** ahb@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Ingeniería termodinámica, sistemas térmicos

**HINOJOSA PALAFOX JESÚS**

**Institución:** Universidad de Sonora

**Dirección electrónica:** fhinojosa@huatabampo.iq.uson.mx

**Fax y teléfono:** (62) 592106 ; (62) 592105

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**HUACUZ VILLAMAR JORGE**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** jhuacuz@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Certificación de plantas fotovoltaicas, estanques

**HUELSZ LESBROS GUADALUPE**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** ghl@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Análisis termodinámicos, transferencia de calor

**JARAMILLO SALGADO ÓSCAR A.**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** ojs@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Fibras ópticas

**LAGUNAS MENDOZA JAVIER**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** jlagunas@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**LAZCANO ARREDONDO ALEJANDRO**

**Institución:** Universidad Autónoma de Yucatán

**Dirección electrónica:** lazcano@iris.uady.mx

**Fax y teléfono:** (99) 41 01 89 ; (99) 41 01 91

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, arquitectura solar

**LIRA CORTÉS LEONEL**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** cenidet2@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 12 76 13

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**LENTZ HERRERA ÁLVARO**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** alh@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Concentración solar

**LÓPEZ C. RAYMUNDO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapozalco

**Dirección electrónica:** rlc@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244258

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**LÓPEZ DE HARO MARIANO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** malopez@servidor.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, termodinámica de procesos

**LUNA ANÍBAL**

**Institución:** Facultad de Arquitectura, U. Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** arqan@csiam1.mx.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MAGOS RIVERA MIGUEL**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapozalco

**Dirección electrónica:** mrm@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 3948396

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MANRIQUE VALADÉS JOSÉ ÁNGEL**

**Institución:** ITESM, Campus Monterrey

**Dirección electrónica:** jmariq@campus.mty.itesm.mx

**Fax y teléfono:** (8)336 2233

**Áreas de investigación:** Colectores solares, sistemas térmicos

**MARTÍNEZ CONTRERAS HÉCTOR**

**Institución:** SEPI - ESIME - IPN

**Dirección electrónica:** fsilva@maxwell.esimez.ipn.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 54356

**Áreas de investigación:** Colectores planos, cocinas solares

**MARTÍN DOMÍNGUEZ IGNACIO**

**Institución:** CIMAV, Chihuahua  
**Dirección electrónica:** imartin@cimav.edu.mx  
**Fax y teléfono:** (14) 39-1147 ; (14) 39-1112  
**Áreas de investigación:** Destilación solar

**MARTÍNEZ FERNÁNDEZ MANUEL**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM  
**Dirección electrónica:** dir.@mazatl.cie.unam.mx  
**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73)250046  
**Áreas de investigación:** Planeación energética, celdas fotovoltaicas

**MARTÍNEZ IVÁN**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM  
**Dirección electrónica:** igm@pumas.iingen.unam.mx  
**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43  
**Áreas de investigación:** Concentración solar

**MARTÍNEZ MELENA ERNESTO**

**Institución:** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
**Dirección electrónica:** emelena@zeuz.ccu.umich.mx  
**Fax y teléfono:** (43) 269334 ; (43) 269334  
**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**MARTÍNEZ STREVEL RODOLFO**

**Institución:** BUTECSA  
**Dirección electrónica:** strevel@data.net.mx  
**Fax y teléfono:** (5) 513 4297  
**Áreas de investigación:** Colectores planos, sistemas térmicos

**MATSUMOTO KIWABARA YASUHIRO**

**Institución:** CINVESTAV  
**Dirección electrónica:** ymatsumo@mail.cinvestav.mx  
**Fax y teléfono:** (5) 7477000 ext 3169 ; (5) 747 0002  
**Áreas de investigación:** Celdas fotovoltaicas

**MAZARI MENZER MARCOS**

**Institución:** Instituto de Física, UNAM  
**Dirección electrónica:** mmazari@fenix.ifisicacu.unam.mx  
**Fax y teléfono:** (5) 622 503  
**Áreas de investigación:** Espejos solares, materiales solares

**MEDINA D. ALBERTO**

**Institución:** Instituto de Química, UNAM  
**Dirección electrónica:**  
**Fax y teléfono:** (5) 6162203  
**Áreas de investigación:** Química solar, concentración solar

**MELÉNDEZ FERNANDO**

**Institución:** CINVESTAV  
**Dirección electrónica:**  
**Fax y teléfono:** (5) 7477114  
**Áreas de investigación:** Celdas fotovoltaicas

**MÉNDEZ TOLEDO MARTA ALICIA**

**Institución:** Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo

**Dirección electrónica:** mmtoledo@zeus.ccu.umich.mx

**Fax y teléfono:** (43) 269334

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MENDOZA MIRYAM**

**Institución:** Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

**Dirección electrónica:** miryam@inge.gdl.iteso.mx

**Fax y teléfono:** (3)669 3505 ; (3) 669 3510

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Sist. térmicos, concentración solar

**MESA A. NÉSTOR**

**Institución:** Fac. de Arquitectura, UNAM

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (5) 4486328

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MIRANDA MIRANDA UBALDO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** umiranda@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Evaluación del potencial eólico

**MORALES ACEVEDO ARTURO**

**Institución:** CINVESTAV

**Dirección electrónica:** amorales@gasparin.solar.cinvestav.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7477000 ext 3169

**Áreas de investigación:** Celdas fotovoltaicas

**MORALES CUEVAS FRANCISO**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** cenidet2@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 12 76 13

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, colectores planos

**MORALES GÓMEZ JOSÉ DIEGO**

**Institución:** Facultad de Arquitectura, UNAM

**Dirección electrónica:** josed@servidor.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 5506209

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MORALES GUILLÉN MAGDALENA**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** mmg@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250026

**Áreas de investigación:** Materiales y química solar, planeación energética

**MORENO LAWRENCE DANIEL**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** danielmoreno@infosel.com

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar, cocinas solares

**MORILLÓN G. DAVID**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM  
**Dirección electrónica:** damg@pumas.iingen.unam.mx  
**Fax y teléfono:** (5)

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MORILLÓN G. J. RAMÓN**

**Institución:** Universidad de Guadalajara  
**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (3) 6376855

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**MOTA RAMÍREZ JESÚS**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotalco

**Dirección electrónica:** jamr@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 3946843 ; (5) 724 4200

**Áreas de investigación:** Radiación solar

**MUHLIA VELÁZQUEZ AGUSTÍN**

**Institución:** Instituto de Geofísica, UNAM

**Dirección electrónica:** amuhila@tonatiuh.igeofcu.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 550 2486 ; (5) 622 4139 y 622 4141

**Áreas de investigación:** Radiación solar

**MUNGUÍA DEL RÍO GONZALO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** gmr@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Módulos fotovoltaicos

**MUÑOZ GUTIÉRREZ FELIPE**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** fmg@quetzal.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 6228091 ; (5) 6 22 81 38 al 43

**Áreas de investigación:** Concentración solar, destilación solar, Sist. térmicos

**NAIR M. T. S.**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** mtsn@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**NAIR P. KARUNAKARAN**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** pkn@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**NAVARRETE G. JOSÉ JUAN**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** torrere@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 2 7555 y 26252

**Áreas de investigación:** Secado solar

**OLEA ALFREDO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** aor@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**OLGUÍN EUGENIA**

**Institución:** Instituto Mexicano de Tecnologías Apropriadas

**Dirección electrónica:** eugeni@ecologia.edu.mx

**Fax y teléfono:** ( ) ; ( )

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar r

**ORPINEL GUERRA RAÚL**

**Dirección electrónica:** rorpinel@chih1.telmex.net.mx

**Fax y teléfono:** (14) 143650

**Áreas de investigación:** Convertidores estáticos DC-AC, Sistemas solares

**ORTEGA A. NAGHELLI**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** noa@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**OSKAM VOORDUIN ADRIÁN**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** aov@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250052

**Áreas de investigación:** Colectores evacuados

**OSORIO JARAMILLO FIDEL ALEJANDRO**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** aosorio@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar, simulación

**PALACIOS MANUEL**

**Institución:** CENIDET - DGIT - SEP

**Dirección electrónica:** cenidet2@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 12 24 34 ; (73) 12 76 13

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**PÉREZ VALENZUELA JESÚS BENITO**

**Institución:** Universidad de Sonora

**Dirección electrónica:** energia2@huatabampo.iq.uson.mx

**Fax y teléfono:** (62) ; (62)

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**PÉREZ GALINDO JOSÉ ARTURO**

**Institución:** IPN - CIIDIR Durango

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (18) 184813 ; (18) 185586 ext 126 y 114

**Áreas de investigación:** Destilación solar

**PÉREZ LUNA JOSÉ GUILLERMO**

**Institución:** CUAP-BUAP

**Dirección electrónica:** jgpl@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73)250052

**Áreas de investigación:** Convertidores termoiónicos de radiación solar

**PÉREZ RODRÍGUEZ NORMAN**

**Institución:** Depto. de Ing. en Pesquerías, U. Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** nperez@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar

**PICÓN NÚÑEZ MARTÍN**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** picon@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 26252

**Áreas de investigación:** Secado solar

**PILATOWSKY FIGUEROA ISAAC**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** ipf@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar, secado solar

**PLASENCIA IZQUIERDO ARTURO**

**Institución:** Universidad Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** api@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 140523 ; (72) 140414

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**PORTA GÁNDARA MIGUEL ÁNGEL**

**Institución:** Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

**Dirección electrónica:** maporta@cibnor.mx

**Fax y teléfono:** (112) 55070

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, destilación, radiación

**POUJOL GALVÁN FEDERICO**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** fpoujol@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 1937 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, convección natural

**QUINTANA DÍAZ BERENICE**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (5) 7244258 ; (5) 724 4275

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**QUINTO DIEZ PEDRO**

**Institución:** SEPI - ESIME - IPN

**Dirección electrónica:** pquinto@maxwell.esimez.ipn.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 46025

**Áreas de investigación:** Colectores planos, refrigeración solar, secado solar

**RAMOS BERUMEN CARLOS**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** cramos@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7246

**Áreas de investigación:** Concentración solar

**RESÉNDIZ PACHECO ÓSCAR**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** resendiz@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, convección natural

**RIVERA GÓMEZ WILFRIDO**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** wrgf@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**RIVERA HERNÁNDEZ IGNACIO**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** irivera@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 19 37 ext 142

**Áreas de investigación:** Destilación solar, convección natural

**RINCÓN G. MARINA E.**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** merg@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**RINCÓN MEJÍA EDUARDO ARMANDO**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** erincon@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar, Sist. térmicos, aeromáquinas

**RIOS JARA DAVID**

**Institución:** CIMAV, Chihuahua

**Dirección electrónica:** riosjara@cimav.edu.mx

**Fax y teléfono:** (14) 39-1147 ; (14) 39-1112

**Áreas de investigación:** Materiales solares

**RIVEROS ROSAS DAVID**

**Institución:** Instituto de Física, UNAM

**Dirección electrónica:** riveros@fenix.ifisicacu.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 622 5100

**Áreas de investigación:** Colectores planos, instrumentación

**RIVEROS ROTGE HÉCTOR**

**Institución:** Instituto de Física, UNAM

**Dirección electrónica:** riveros@fenix.ifisicacu.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 622 5100

**Áreas de investigación:** Concentración solar, colectores planos

**RODRÍGUEZ CANTÚ JOSÉ TRINIDAD**

**Institución:** Universidad Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** cantu@csiam1.mxl.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250 y 661800 ext 4303

**Áreas de investigación:** Educación

**RODRÍGUEZ GONZÁLEZ JORGE**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (5) 3947378

**Áreas de investigación:** Destilación solar, refrigeración solar

**RODRÍGUEZ JUAN MANUEL**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** rodrito@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 26252

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**RODRÍGUEZ MANZO FAUSTO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** rfme@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235249

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**RODRÍGUEZ MONTES JOSÉ ALBERTO**

**Institución:** Depto. de Ing. en Pesquerías, U. Autónoma de Baja California Sur

**Dirección electrónica:** jarguez@calafia.uabcs.mx

**Fax y teléfono:** (112) 1 18 80 ; (112) 1 11 00

**Áreas de investigación:** Destilación solar, Secado Solar, Colectores planos

**RODRÍGUEZ VIQUEIRA LUIS**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** lrv@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 622 8137 y 622 8091 ; (5) 622 8132

**Áreas de investigación:** Planeación energética y educación

**RODRÍGUEZ VIQUEIRA MANUEL**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** mrv@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235972

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**ROJAS MENÉNDEZ JORGE**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** jrojas@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Estanques solares, convección natural

**ROMERO DZIB J.**

**Institución:** Universidad de Quintana Roo

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (983)29656

**Áreas de investigación:** Destilación solar

**ROMERO MORENO RAMONA ALICIA**

**Institución:** Facultad de Arquitectura, U. Autónoma de Baja California

**Dirección electrónica:** e11256@csiam1.mx1.uabc.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664250

**Áreas de investigación:** Arquitectura solar

**ROMERO-PAREDES ARTURO**

**Institución:** Ecoturismo y Nuevas Tecnologías

**Dirección electrónica:** aromero@mail.internet.com.mx

**Fax y teléfono:** (5) 825 1734 ; (5) 824 1358

**Áreas de investigación:** Ecoturismo, sistemas híbridos

**ROMERO-PAREDES HERNANDO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** hrp@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5)7244645

**Áreas de investigación:** Química solar, almacenamiento térmico, destilación

**ROMERO TATIANA**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** trc@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Materiales y química solar, celdas de combustión

**RUBIO CERDA EDUARDO**

**Institución:** Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste

**Dirección electrónica:** erubio@cibnor.mx

**Fax y teléfono:** (112) 55070

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control, radiación solar

**SALCIDO ALEJANDRO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** salcido@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 189854 ; (73) 183811 ext. 7087

**Áreas de investigación:** Evaluación del potencial eólico

**SALDAÑA FLORES RICARDO**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Eléctricas

**Dirección electrónica:** rsf@iie.org.mx

**Fax y teléfono:** (73) 182436 ; (73) 183811 ext. 7254

**Áreas de investigación:** Evaluación del potencial eólico

**SALDAÑA HERMOSILLO J. ARMANDO**

**Institución:** ANES

**Dirección electrónica:** ashmor@infosel.net.mx

**Fax y teléfono:** (73) 14 3042

**Áreas de investigación:** Colectores planos

**SÁMANO TIRADO DIEGO ALFONSO**

**Institución:** Energía y Ecología, S.A. de C.V.

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (73)

**Áreas de investigación:** Colectores planos, arquitectura solar

**SÁNCHEZ FLORES ALFREDO**

**Institución:** Comité Mexicano ISO-DGN-SECOFI

**Dirección electrónica:** alsanf@df1.telmex.net.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7665011

**Áreas de investigación:** Colectores planos, normas en equipos solares

**SÁNCHEZ JUÁREZ AARÓN**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** asj@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Materiales solares, celdas fotovoltaicas

**SÁNCHEZ POZOS MIRIAM**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:** msp@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar, sistemas térmicos

**SÁNCHEZ SILVA FLORENCIO**

**Institución:** SEPI - ESIME - IPN

**Dirección electrónica:** fsilva@maxwell.esimez.ipn.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 54356

**Áreas de investigación:** Colectores planos, refrigeración, flujos multifásicos

**SANDOVAL GONZÁLEZ JOSÉ**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** sandoj@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 26252 ; (473) 275 55

**Áreas de investigación:** Instrumentación y control

**SEBASTIAN P. JOSEPH**

**Institución:** Centro de Investigación en Energía, UNAM

**Dirección electrónica:** sjp@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018 ; (73) 250046

**Áreas de investigación:** Materiales solares, química solar

**SHEINBAUM PARDO CLAUDIA**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UNAM

**Dirección electrónica:** shc@pumas.iingen.unam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 622 5122

**Áreas de investigación:** Planeación energética y educación

**SOLÍS CORREA HUGO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** hesc@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7235940

**Áreas de investigación:** Cocinas solares, destilación solar, refrigeración solar

**SOLORZA FERIA OMAR**

**Institución:** CINVESTAV

**Dirección electrónica:** osolorza@mail.cinvestav.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7477000

**Áreas de investigación:** Química solar, celdas de combustión

**SOTO GÓMEZ WILFREDO**

**Institución:** SEPI - ESIME – IPN e Instituto Tecnológico de Tijuana

**Dirección electrónica:** solarwil@tectijuana.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 54356

**Áreas de investigación:** Colectores planos, refrigeración solar, secado solar

**TORIJANO CARRERA EUGENIO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** eftc@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5) 7244644

**Áreas de investigación:** Química solar, almacenamiento térmico, destilación

**TORRES ALDACO ALEJANDRO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** ata@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5) 7244644

**Áreas de investigación:** Química solar, almacenamiento térmico, destilación

**TORRES REYES ERNESTINA**

**Institución:** Instituto de Investigaciones Científicas, U. de Guanajuato

**Dirección electrónica:** torrere@quijote.ugto.mx

**Fax y teléfono:** (473) 27555 ; (473)26252

**Áreas de investigación:** Secado solar, destilación solar

**URBANO JOSÉ ANTONIO**

**Institución:** CINVESTAV

**Dirección electrónica:** aurbano@mail.cinvestav.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7477000 ext 3169 ; (5) 747 0002

**Áreas de investigación:** Celdas fotovoltaicas

**VALDÉS PALACIOS ALBERTO**

**Institución:** UAM- Iztapalapa

**Dirección electrónica:** javp@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (73) 250018

**Áreas de investigación:** Concentración solar, sistemas térmicos

**VÁZQUEZ RODRÍGUEZ A.**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

**Dirección electrónica:** avr@xanum.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7244900 ; (5) 7244644

**Áreas de investigación:** Química solar, almacenamiento térmico, destilación

**VELASCO MONTIEL FERNANDO**

**Institución:** Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Atzacapotzalco

**Dirección electrónica:** fvm@hp9000a1.uam.mx

**Fax y teléfono:** (5) 3947378

**Áreas de investigación:** Celdas fotovoltaicas

**VELASCO OROSCO EDUARDO**

**Institución:** General Motors, Planta Toluca y FI -UAEMéx

**Dirección electrónica:** erincon@coatepec.uaemex.mx

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 163439

**Áreas de investigación:** Concentración solar, Sist. térmicos, aeromáquinas

**VELÁZQUEZ L. NICOLÁS**

**Institución:** Instituto de Ingeniería, UABC

**Dirección electrónica:** nlv@mazatl.cie.unam.mx

**Fax y teléfono:** (65) 664150

**Áreas de investigación:** Refrigeración solar

**VERA NOGUEZ FERNANDO**

**Institución:** Facultad de Ingeniería, U. Autónoma del Estado de México

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (72) 154512 ; (72) 140855

**Áreas de investigación:** Concentración solar, aeromáquinas

**WOLFF KRAUTER EBERHARD**

**Institución:** Instituto Tecnológico de La Paz

**Dirección electrónica:**

**Fax y teléfono:** (112) 224 24

**Áreas de investigación:** Sistemas fotovoltaicos y fototérmicos

**ZURITA UGALDE VÍCTOR**

**Institución:** SEPI - ESIME - IPN

**Dirección electrónica:** vzurita@maxwell.esime.ipn.mx

**Fax y teléfono:** (5) 7296000 ext 54356

**Áreas de investigación:** Colectores planos

## TÍTULOS DE LA SERIE CUADERNOS FICA

NÚMERO	ISBN	TÍTULO
1 (1994)	968-7508 00-0	ESTATUTOS. 1,000 ejemplares.
2 (1995)	968-7508 02-7	UN PANORAMA GENERAL DE LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA CIVIL. Fernando O. Luna Rojas. 1,000 ejemplares.
3 (1995)	968-7508 03-5	FUNDACIÓN ICA. UN COMPROMISO SOCIAL DEL GRUPO ICA. Fernando O. Luna Rojas, Cuauhtémoc Valdés Olmedo, Felipe H. Concha Hernández. 1,000 ejemplares.
4 (1995)	968-7508 04-3	LA FUTURA EDUCACIÓN INGENIERIL: EXAGERACIONES Y VERDADES. Emilio Rosenblueth Deutsch. 1,000 ejemplares.
5 (1995)	968-7508 05-1	LA INGENIERÍA: VOCACIÓN DE SERVICIO ...". Bernardo Quintana Arrijo. 1,000 ejemplares.
6 (1995)	968-7508 06-X	PRESENTE Y FUTURO DE LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA EN MÉXICO. Comentarios a un simposio de la Academia Nacional de Ingeniería. Luis Esteva Maraboto. 1,000 ejemplares.
7 (1995)	968-7508 07-8	EL PROGRAMA DE BECAS DE FUNDACIÓN ICA: LA EXPERIENCIA HASTA HOY. Raúl López Roldán y Fernando O. Luna Rojas. 1,200 ejemplares.
8 (1995)	968-7508 08-6	IDEAS SOBRE LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS PARA EL FUTURO". Conferencia presentada en la Academia Mexicana de Ingeniería. José Manuel Covarrubias Solís. 1,200 ejemplares.
9 (1996)	968-7508 09-4	REFLEXIONES SOBRE EL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA HIDRÁULICA EN MÉXICO. Conferencia presentada en el Colegio de Ingenieros Civiles de México. José Luis Sánchez Bribiesca. 1,300 ejemplares.
10 (1996)	968-7508 10-8	LOS INGENIEROS, LA SOCIEDAD Y SU FORMACIÓN. Armando Rugarcía Torres. 1,300 ejemplares.
11 (1996)	968-7508 11-6	LA VINCULACIÓN Y LOS RETOS DE LA INGENIERÍA EN EL SIGLO XXI. Comentarios de la XXII Conferencia Nacional de Ingeniería. Mario I. Gómez Mejía. 1,600 ejemplares.
12 (1996)	968-7508 13-2	BASE MEXICANA DE DATOS DE SISMOS FUERTES. UN SISTEMA QUE INTEGRA LA INFORMACIÓN ACELEROGRÁFICA REGISTRADA EN MÉXICO EN LOS ÚLTIMOS 35 AÑOS. R. Quass, L. Alcántara y otros. 1,600 ejemplares.
13 (1996)	968-7508 14-0	PREDICCIÓN DE INTENSIDADES SÍSMICAS PARA EL ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO. Eduardo Perez-Rocha, Luis V. Utesa, Fernando Flores, Maria Zarate. En el mes de enero de 1998, este artículo ganó el Premio "José A. Cuevas" y "Miguel A. Urquijo" que otorga el Colegio de Ingenieros Civiles de México al mejor artículo técnico de Ingeniería Civil. 1600 ejemplares.
14 (1996)	968-7508 15-9	INVIRTIENDO EN EL PROGRESO: LA CONTRIBUCIÓN SOCIAL DE LA INGENIERÍA. Gerardo García Merlin. 1,600 ejemplares.
15 (1996)	968-7508 16-7 ISSN 1405-387X	LA ACREDITACIÓN: UN RETO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN INGENIERÍA. J. Fernando Ocampo Canabal. Primera edición 1,600 ejemplares. Segunda edición para la Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Ingeniería de México ANFEI, mayo de 1997, 500 ejemplares.
16 (1996)	968-7508 19-1	LOS RETOS DE LA INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO. Conferencia que presentó el 5 de diciembre de 1996 en la Academia Mexicana de Ingeniería para ingresar como académico de número. Luis Zárate Rocha 1,600 ejemplares

## TÍTULOS DE LA SERIE CUADERNOS FICA

NÚMERO	ISBN	TÍTULO
17 (1996)	968-7508 24-8 ISSN 1405-387X	ESTRATEGIAS EMPRESARIALES PARA LA INICIATIVA PRIVADA QUE PARTICIPA EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN MÉXICO. Antonio L. Otero Mendoza. 1,600 ejemplares.
18 (1997)	968-7508 26-4 ISSN 1405-387X	EL EXAMEN DE CALIDAD PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL. SU ELABORACIÓN, APLICACIÓN Y RESULTADOS. Eduardo L. de la Garza Viscaya. Primera edición 2,000 ejemplares, Segunda edición para la Asociación Nacional de Escuelas y Facultades de Ingeniería de México ANFEI, mayo de 1997, 500 ejemplares.
19 (1997)	968-7508 25-4 ISSN 1405-387X	ADMINISTRACIÓN POR CALIDAD TOTAL. Juan Carlos Bassi Moguel. DEL HARDWARE Y SOFTWARE AL HUMANWARE DE LA CALIDAD. Daniel Inda Hernández. 2,000 ejemplares
20 (1997)	968-7508 29-9 ISSN 1405-387X	FILANTROPIA, CIENCIA Y TECNOLOGÍA. UNA PRIMERA APROXIMACIÓN. Guillermo Soberón Acevedo, Cuauhtémoc Valdés Olmedo y Concepción Hernández. 2,000 ejemplares.
21 (1997)	968-7508 28-0 ISSN 1405-387X	¡ NUNCA MÁS UN INGENIERO SIN ESPERANZA, SIN UTOPIA, SIN ÉTICA! Juan Manuel Torres Delgado. 2,000 ejemplares.
22 (1997)	968-7508 31-0 ISSN 1405-387X	ASPECTOS CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS DE LA EDUCACIÓN EN MÉXICO; ESCENARIO ACTUAL DE LA INGENIERÍA Y LA TECNOLOGÍA Y SU IMPACTO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR. Oscar M. González Cuevas. 2,000 ejemplares.
23 (1997)	968-7508 32-9 ISSN 1405-387X	FILANTROPIA, CIENCIA Y EDUCACIÓN. Enrique González Torres. 2,000 ejemplares
Edición especial	968-7508 38-8 ISSN 1405-387X	ESTADO ACTUAL DE LA INGENIERÍA SÍSMICA EN MÉXICO. Amador Terán. Sonia E. Ruiz y Luis Esteve. 2,200 ejemplares
24 (1997)	968-7508 39-6 ISSN 1405-387X	LA EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO COMO CONSECUENCIA DEL SISMO DE 1985. Alejandro Vázquez Vera. 2,200 ejemplares
25 (1997)	968-7508 40X ISSN 1405-387X	LAS CARRETERAS DEL SIGLO XXI. Héctor S. Ovalle Favela. 2,200 ejemplares
26 (1998)	968-7508 43-4 ISSN 1405-387X	PROYECTO HIDROELÉCTRICO ZIMAPAN, "ING. FERNANDO HIRIART BALDERRAMA", APORTACIONES A LA INGENIERÍA DE PRESAS EN MÉXICO. Humberto Marengo Mogollón. 2,300 ejemplares
27 (1998)	968-7508 44-2 ISSN 1405-387X	EL FACTOR HUMANO EN LA EMPRESA. ACREDITACIÓN DE PROGRAMAS DE INGENIERIA. Armando Rugarcía Torres. 2,300 ejemplares.
28 (1998)	968-7508 50-7 ISSN 1405-387X	LOS RETOS DEL SISTEMA EDUCATIVO MEXICANO. Rafael Rangel Sostmann 2,300 ejemplares.
29 (1998)	968-7508 52-3 ISSN 1405-387X	TERCERA CONFERENCIA MAGISTRAL "PROFESOR RAÚL J. MARSAL", COMPORTAMIENTO DE LA ROCA EN TALUDES. Richard E. Goodman 2,300 ejemplares.
30 (1999)	968-7508 52-3 ISSN 1405-387X	PRIMERA CONFERENCIA MAGISTRAL "ING. FERNANDO HIRIART BALDERRAMA", EXCAVACIÓN MECÁNICA MEDIANTE MÁQUINAS PERFORADORAS DE TUNELES DE FRENTE COMPLETO EN ROCA DURA. Ernest Büchi 2,000 ejemplares.

**TÍTULOS DE LA SERIE VALORES MEXICANOS DE LA INGENIERÍA**

CUADERNO	ISBN	ISSN	TÍTULO
1 (1996)	968-7508 17-5	1405-3985	DR. RAYMUNDO RIVERA VILLARREAL PREMIO FUNDACIÓN ICA A LA DOCENCIA EN INGENIERÍA CIVIL 1996.
2 (1997)	968-7508 34-5	1405-3985	M. EN I. LEDA SPEZIALE SAN VICENTE DE GUZMÁN PREMIO FUNDACIÓN ICA A LA DOCENCIA EN INGENIERÍA CIVIL 1997.
3 (1997)	968-7508 35-3	1405-3985	M. EN C. ENRIQUE TAMEZ GONZÁLEZ.
4 (1998)	968-7508 45-0	1405-3985	ING. NEFTALÍ RODRÍGUEZ CUEVAS, PREMIO FUNDACIÓN ICA A LA DOCENCIA EN INGENIERÍA CIVIL 1998.
5 (1998)	968-7508 49-3	1405-3985	ING. FERNANDO HIRIART BALDERRAMA.
6 (1999)	968-75 53-1	1405-3985	ING. OSCAR DE BUEN LÓPEZ DE HEREDIA.

**TÍTULOS DE LA SERIE INGENIERÍA Y DESARROLLO**

CUADERNO	ISBN	ISSN	TÍTULO
1 (1997)	968-7508 30-2		CENTRAL HIDROELÉCTRICA HUITES, Ing. Enrique Heredia Rubio, Ing. Fidel Bañuelos Carrillo, PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN CIUDAD OBREGÓN SONORA., Ing. Marco Aurelio Lara Mendoza, Ing. Gaston Mendoza Gámez, Ing. Víctor Manuel Rodríguez Santana.
2 (1997)	968-7508 36-1	1405-5570	SISTEMA DE CONTROL EN LA TERMINAL DE CONTENEDORES DEL PUERTO DE VERACRUZ, Lic. Alejandro Plascencia Vela, TRABES PRETENSADAS PARA LA LINEA B DEL METROPOLITANO, Ing. Fernando Ramiro Lalana.
3 (1997)	968-7508 41-8	1405-5570	PANORAMA DE LAS ESTRUCTURAS DE CONCRETO, Dr. Roberto Stark, ANÁLISIS DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL TUNEL DE ACAPULCO, Dr. J.L. Fernández Zayas, Ing. F. Saucedo Varela, Dr. A. Palacio Pérez, Dr. A. Rodríguez Valdéz, Ing. A. Aramayo Prudencio.
4 (1998)	968-7508 47-7	1405-5570	COLADO DE DOS TAPONES FRONTALES BAJO AGUA EN LOS TRABAJOS DE LA AMPLIACIÓN DE UN PROYECTO HIDROELÉCTRICO EN TEMASCAL, OAXACA, Ing. Mario Jorge Orozco Cruz, Ing. Eduardo Hjort Delgado, Ing. Alberto Santiago Luis, ESTACIONAMIENTO SUBTERRÁNEO "PLAZA MORELOS", Ing. Luciano López Camarillo, Ing. Alfredo Sánchez Gómez, Ing. José Luis García Rubio, Ing. Hugo Rodríguez Olvera.
5 (1999)	968-7508 54X	1405-5570	UTILIZACIÓN DEL "JET-GROUTING", EN UN TUNEL CON FRENTE MIXTO, DE LA CIUDAD DE MÉXICO, Juan J. Schmitter M. y Aarón Samano.

### TÍTULOS PUBLICADOS POR FUNDACIÓN ICA.

AÑO	TÍTULO	AUTOR
1996	40 años de Investigación y Práctica en Geotécnia. Artículos Históricos Tomo I "Estudios".	Varios
1996	40 años de Investigación y Práctica en Geotécnia. Memoria Tomo II.	Varios
1996	Testimonios sobre Bernardo Quintana Arrijoa.	Varios
1997	Hidráulica de Canales.	Humberto Gardea Villegas.
1997	Cálculo para estudiantes de ingeniería.	J. Ismael Arcos Q.
1997	Uso de Explosivos en obras de Ingeniería Civil..	Varios
1997	40 años de Investigación y Práctica en Geotécnia. Artículos Históricos Tomo II, Procesos y Obras y Tomo III, Diseños.	Varios
1997	40 años de Investigación y Practica en Geotecnia. Artículos Históricos Tomo III "Diseño".	Varios
1998	Transporte público: Planeación, Diseño, Operación y Administración	Angel R. Molinero M. e Ignacio Sánchez Arellano.
1998	Diseño de Estructuras de Acero, Miembros en Tensión.	Ing. Oscar de Buen López de Heredia.
1998	Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos	Dr. Roberto Meli.

Fundación ICA es una Asociación Civil constituida conforme a las leyes mexicanas el 26 de octubre de 1986, como se hace constar en la escritura pública número 21,127 pasada ante la fe del Lic. Eduardo Flores Castro Altamirano, Notario Público número 33 del Distrito Federal, inscrita en el Registro Público de la Propiedad en la sección de Personas Morales Civiles bajo folio 12,847. A fin de adecuar a las disposiciones legales vigentes los estatutos sociales, estos fueron modificados el 17 de octubre de 1994, como se hace constar en la escritura pública número 52,025 pasada ante la fe del Lic. Jorge A. Domínguez Martínez, Notario Público número 140 del Distrito Federal.

Fundación ICA es una institución científica y tecnológica inscrita en el Registro Nacional de Instituciones Científicas y Tecnológicas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, con el número 97/213 del 20 de junio de 1997.

Esta edición especial de "ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN EN MÉXICO", se terminó en febrero de 1999, se imprimieron 2,000 ejemplares. La edición estuvo al cuidado de Fernando O. Luna R., Tomas G. Paz G. y Laura E. Perez Z.

## **Consejo Directivo de Fundación ICA.**

### **Presidente.**

**Ing. Bernardo Quintana.**

### **Vicepresidentes.**

**Dr. José Sarukhán Kérmez**

**Dr. Guillermo Soberón Acevedo**

**Ing. Guillermo Guerrero Villalobos**

**Ing. Raúl López Roldán**

### **Director Ejecutivo.**

**Ing. Fernando O. Luna Rojas**

## **Cuerpos Colegiados de los Programas Operativos.**

### **Comité de Becas.**

**Ing. José Manuel Covarrubias Solís**

**Dr. Francisco Yeomans Reyna**

**Ing. Miguel Angel Parra Mena**

### **Comité de Premios.**

**Dr. Luis Esteva Maraboto**

**M.I. Mario Ignacio Gómez Mejía**

**Ing. Gregorio Farias Longoria**

### **Comité de Publicaciones.**

**Ing. José Iber Rojas**

**Dr. Oscar González Cuevas**

**Dr. Horacio Ramírez de Alba**

**M.I. Gabriel Moreno Pecero**

**Ing. Santiago Martínez Hernández**

### **Comité de Investigación.**

**Dr. José Luis Fernández Zayas**

**Dr. Bonifacio Peña Pardo**

**Dr. Ramón Padilla Mora**

**Dr. Roberto Meli Piralla**