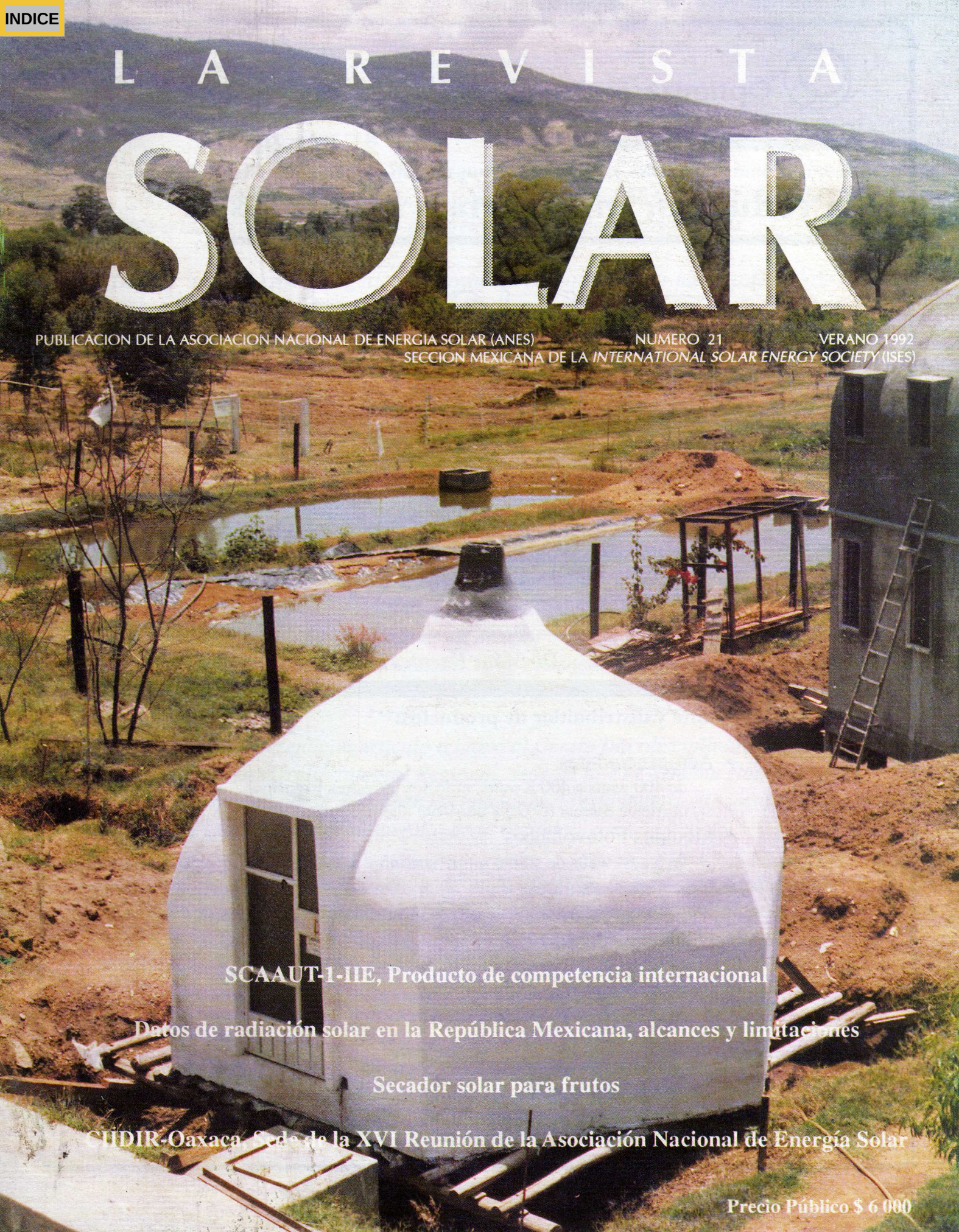
INDICE

LA REVISTA SOLAR

PUBLICACION DE LA ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR (ANES) NUMERO 21 VERANO 1992
SECCION MEXICANA DE LA *INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY* (ISES)



SCAAUT-1-IIE, Producto de competencia internacional

Datos de radiación solar en la República Mexicana, alcances y limitaciones

Secador solar para frutos

CIIDIR-Oaxaca, Sede de la XVI Reunión de la Asociación Nacional de Energía Solar

Precio Público $ 6 000

Módulo[mr]
SOlar

EL AUTENTICO

"EL MEJOR"

Calentamos desde una regadera
hasta una alberca de olas ...

Los únicos con cubierta doble
de policarbonato

GARANTIZADO !!

Instalados más de 80,000 m^2 desde 1975, en hoteles, deportivos, industrias, ...

LA EMPRESA CON MAYOR EXPERIENCIA
EN INGENIERIA SOLAR

Tels: (73) 12•36•07
Fax: (73) 14•08•82

EDITORIAL

Existe en México un reciente interés por la aplicación de fuentes renovables de energía, ya que éstas han mostrado, en diversos estudios realizados, ser una solución factible a los problemas de abasto energético en algunas zonas del país.

Dos de los recursos energéticos renovables con que cuenta nuestro territorio lo constituyen la energía solar y la energía eólica, y aunque esta última es una consecuencia de la primera, requiere de un tratamiento especial para su evaluación.

En relación a lo anterior, el primer artículo de la revista describe el desarrollo de un equipo de anemometría, utilizable en estudios de cuantificación del recurso eólico. Dadas sus características de diseño y operatividad este equipo desarrollado en el país, representa un producto altamente competitivo dentro del mercado internacional.

El segundo artículo presenta un análisis sobre la evaluación del recurso solar en nuestro territorio, anotándose algunos puntos de vista por parte de su autor, sobre diversas investigaciones realizadas en este campo.

En el siguiente trabajo se describe un prototipo de un secador solar para frutas presentándose sus características generales de operación y algunos resultados obtenidos de su aplicación.

Por último, se presenta un artículo relativo al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, sede de la XVI Semana Nacional de la Energía Solar, en el que se describen las funciones de esta importante institución y su vínculo con los objetivos de desarrollo de la región.

En nombre del Consejo Directivo de la Asociación, le envío un cordial saludo, estimado lector, con el deseo ferviente de que este número de la revista sea de su agrado.

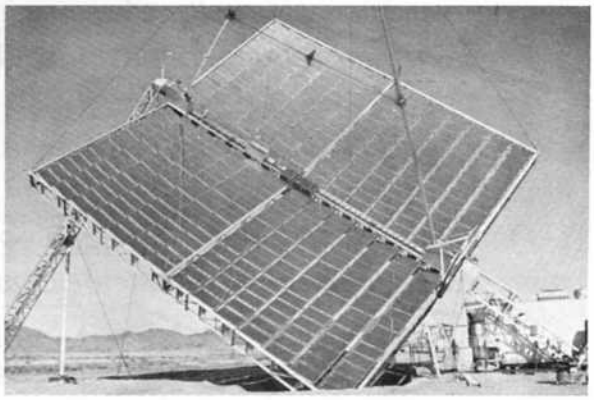
Ricardo Saldaña Flores
Editor

SOLARTRONIC

MORELOS SUR 1301-E, CUERNAVACA, MOR.
TEL. (73) 18-97-14 TEL./FAX (73) 18-45-06

Ingeniería, Investigación Tecnológica y Venta de Equipos para:

- EVALUACION DEL RECURSO SOLAR
- ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA
- PLANTAS TERMOSOLARES
- CLIMATIZACION NATURAL
- ENERGIA EOLICA



"EN LA ERA DE LA ENERGIA SOLAR... SOLARTRONIC ESTA CON USTED"

LA REVISTA SOLAR

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

Suscríbase

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

Para mayor información, escriba sus datos en el siguiente cupón, recórtelo y envíelo a:
ANES, Apartado Postal 20-633,
01000 México, D.F.

NOMBRE _____
APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO NOMBRE

DOMICILIO _____
CALLE NUMERO

_____
NUMERO INTERIOR COLONIA CODIGO POSTAL

_____
CIUDAD ESTADO TELEFONO

ASOCIACION NACIONAL DE ENERGIA SOLAR
(ANES)

VI Consejo Directivo
Presidente
Dr. Hernando Guerrero Cázarez
Vicepresidente
Dr. Juan José Ambriz García
Tesorera
D.I. Ma. Mercedez Fernández
Secretario Gral.
Dr. Pedro Quinto Diez

SECRETARIAS:
Relaciones
Ing. Rodolfo Martínez Strevel
Organización
Fis. Adolfo Finck Pastrana
Vocalías
Ing. Ricardo Saldaña Flores
Asuntos Industriales
Ing. Enrique Hill Bochelen
Asuntos Internacionales
Dr. Yasuhiro Matsumoto K
Asuntos Latinoamericanos
Dr. José Luis Mayorga
Secciones Regionales
Ing. Arturo Waley Martínez

Editor
Ing. Ricardo Saldaña Flores

Diseño y Formación
Dr. Francisco Villaseñor Rivero

Impresión
Lito Casa
Cuernavaca, Morelos.

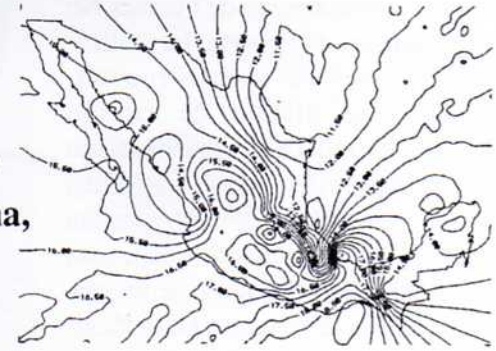
LA REVISTA SOLAR, publicación trimestral de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) de México. Apartado Postal 20-633, 01000 México, D.F. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan la posición oficial de la Asociación. Certificado de Licitud de Título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

PORTADA

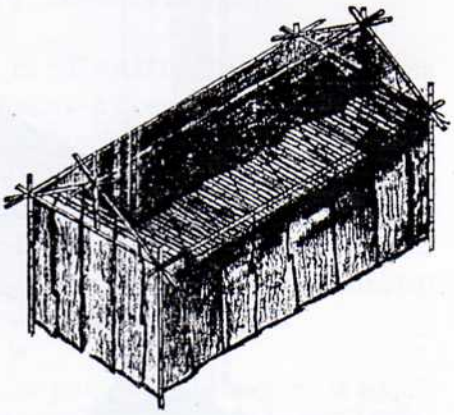
Casa "Gota", un nuevo modulo de vivienda. Cortesía del CIIDIR-Oaxaca.

SUMARIO

SCAAUT-1-IIE, Producto de competencia internacional **4**



Datos de radiación solar en la República Mexicana, alcances y limitaciones **10**



Secado solar para frutos **20**

CIIDIR-Oaxaca, Sede de la XVI Reunión de la Asociación Nacional de Energía Solar **23**

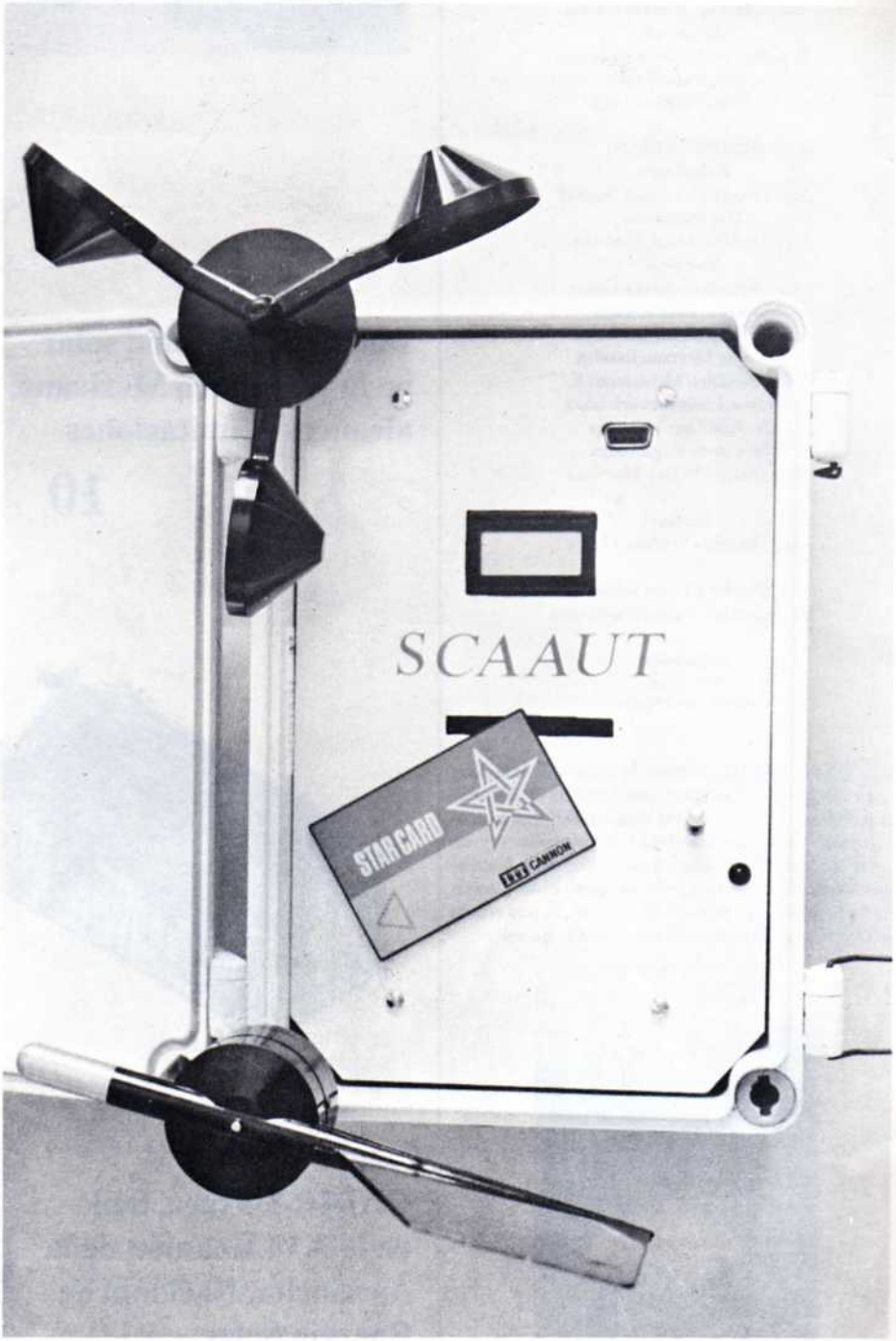
SCAAUT-IIE
Producto de competencia internacional

Por : Marco A. Borja *
Javier Lagunas M. *

INTRODUCCION.

El Instituto de Investigaciones Eléctricas a través de la Sección de Instrumentación del Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía, ha realizado actividades de infraestructura, orientadas al diseño de equipo anemométrico enfocado a la evaluación y caracterización del recurso energético eólico en sitios de interés. Dentro de esta disciplina, las actividades realizadas convergen hacia la obtención de un producto cuyas características, tanto técnicas como de calidad y costo, lo hagan competitivo a nivel internacional.

El logro de la meta mencionada, ha involucrado la obtención de productos intermedios, mismos que en el momento de su desarrollo fueron diseñados en función a: la infraestructura disponible en el IIE, al estado del arte de la tecnología electrónica y a la experiencia del personal involucrado. Con dichos productos intermedios (conocidos como APTI-2-IIE y ANEMODATA-1-IIE [1]), se logró satisfacer necesidades tanto propias como por contrato de usuarios externos [2], [3] y [4] . Sin embargo, no obstante que los equipos obtenidos en dichas etapas funcionaron adecuadamente, no se logró el nivel de competencia internacional buscado, dado que en el momento de su utilización ya se ofrecían en el mercado internacional equipos de tecnología más avanzada y de mejor calidad aunque de mayor precio. De esta manera, se lograba la competencia económica más no así la competencia total buscada. No obstante, a nivel nacional y en el momento de su



Equipo de adquisición de datos, sensores y módulo de memoria.

* Instituto de Investigaciones Eléctricas
División de Fuentes de Energía
Departamento de Fuentes No Convencionales de Energía

Interfase de comunicación y software de soporte para pruebas y operación asistidas por computadora.

desarrollo, dichos productos fueron originales y sin competencia.

Actualmente, los esfuerzos realizados, arrojan como resultado un producto comparable con los mejores ofrecidos en el mercado internacional, el objetivo de este trabajo es su descripción, haciendo énfasis en aquellas características que proyectan su nivel tecnológico y su calidad.

DESCRIPCION GENERAL DEL PRODUCTO.

Al producto logrado se denomina SCAAUT-1-IIE que significa Sistema Compacto de Anemometría Automatizada. El sistema está integrado por los siguientes subsistemas:

- Sensores.
- Equipo electrónico de adquisición de datos.
- Módulo de memoria de estado sólido.
- Lector de módulos de memoria.
- Software de soporte.

El SCAAUT-1-IIE es un sistema orientado a la captura automatizada de datos de velocidad y dirección de viento con almacenamiento de la información adquirida en memoria de estado sólido y recuperación de la misma vía un lector de memorias que opera como periférico de un computador personal.

Su principal aplicación es la adquisición de datos para la realización de estudios de cuantificación y caracterización del recurso energético eólico en sitios de interés. Sin embargo, por sus características, también es aplicable en instalaciones experimentales u operativas en donde se hace necesario el conocimiento del comportamiento del viento a lo largo del tiempo.

Desde el punto de vista funcional y operativo, el equipo de adquisición de datos se instala en campo, en donde una vez inicializado, su operación es automática y desatendida hasta por 35 días. Al término de dicho período, o antes si así se desea, el módulo de memoria que contiene los datos adquiridos se reemplaza y traslada hacia un centro de recuperación de información. En dicho centro, el módulo de memoria se inserta en el equipo lector y vía puerto serie, la información contenida se transfiere a un computador personal. El software de soporte automáticamente decodifica y organiza la información en archivos procesables computacionalmente.

Como alternativa de operación, para usuarios que así lo prefieran, la recuperación de la información capturada puede ser realizada en el sitio de instalación, utilizando para ello un computador portátil y la asistencia del software de soporte.

Los archivos de datos generados son compatibles con los programas WIND

[5] y SIMULAGEN [6], desarrollados por el IIE para la realización de estudios de evaluación eoloenergética y simulación de producción de energía con aerogeneradores.

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO.

Datos adquiridos.

El sistema adquiere datos de velocidad media del viento y su dirección dominante asociada en intervalos consecutivos de 15 minutos (base de tiempo), esto por períodos desatendidos de hasta 35 días. La velocidad media del viento se obtiene por el método de "distancia recorrida" que consiste en el conteo de los pulsos generados por el sensor anemométrico durante la base de tiempo. La dirección dominante asociada se obtiene por la determinación de la dirección de mayor frecuencia de ocurrencia en 32 posibles sectores, a partir de muestras a intervalos de 10 segundos.

Sensores utilizados.

Como sensor de velocidad de viento, se utiliza el modelo No. 40 de la marca Maximum. Por sus adecuadas características a un bajo costo, este sensor también ha sido seleccionado por varios fabricantes de equipo anemométrico de fabricación extranjera, principalmente de aquellos orientados a evaluaciones eoloenergéticas (NRG Systems, Second wind y Zond entre otros). Alternativamente, el SCAAUT-1-IIE acepta la interconexión de otros sensores, para aquellas aplicaciones donde se requiere una sensibilidad tan baja como 0.5 m/s. Estos sensores son fabricados por la compañía norteamericana Qualimetrics, Inc.

SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS.

La componente fundamental del SCAAUT-1-IIE, es sin duda el equipo de adquisición de datos. El diseño electrónico de este subsistema, está basado en el microcontrolador 80C51 y circuitos periféricos de alta escala de integración, lo que permite obtener múltiples funciones en base a una baja densidad de componentes. Las características principales de este producto se mencionan a continuación.

Reloj / Calendario en Tiempo Real.

El sistema cuenta con un circuito que proporciona una base de tiempo estable y precisa (+/- 1 minuto por mes) para los eventos de temporización internos asociados con la toma de muestras y almacenamiento de datos. El circuito es programado desde la construcción del equipo y mantiene el proceso de actualización de fecha y hora en forma ininterrumpida e independiente del suministro de energía eléctrica principal, para lo que cuenta con una batería de litio que lo mantiene en operación hasta por 10 años.

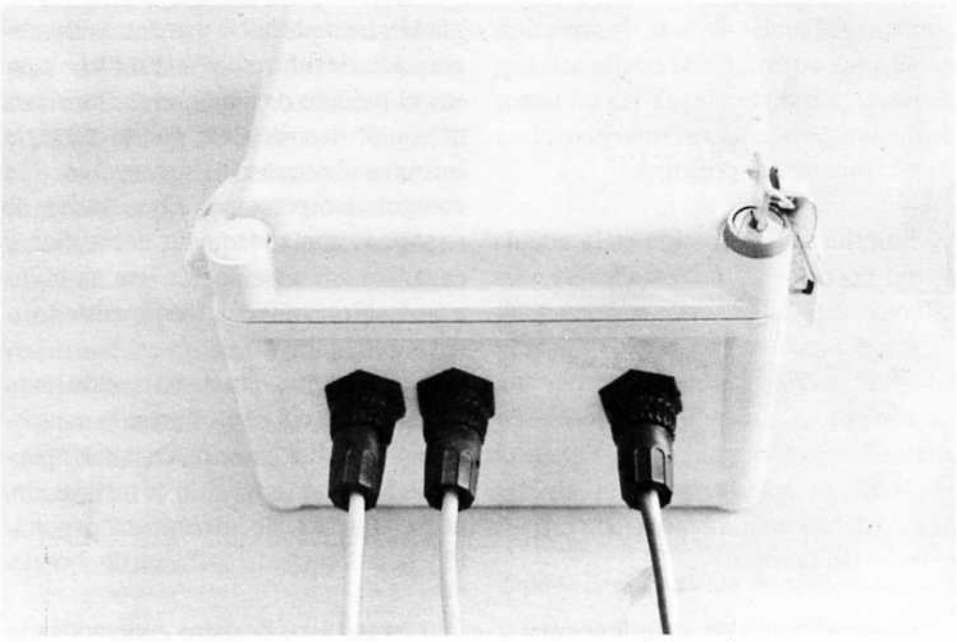
La integración de esta capacidad, permite que en los eventos de inicialización de un proceso de adquisición de datos, la fecha y hora del evento sean almacenados automáticamente en el módulo de memoria de estado sólido. Así mismo, el sistema sincroniza los eventos de adquisición de datos a intervalos cerrados de 15 minutos (i.e. 14:00, 14:15, 14:30, etc.) independientemente de la hora de arranque del proceso.

Módulo de Memoria.

Quizás una de las características más importantes del SCAAUT-1-IIE en cuanto a actualización tecnológica se refiere, es la integración de un módulo de memoria de estado sólido que consiste en una pequeña tarjeta del tamaño y forma de una tarjeta de crédito, similar a las utilizadas en las modernas computadores y/o agendas de bolsillo. La tarjeta está dimensionada para almacenar los datos de hasta 35 días consecutivos.

Por su construcción altamente manipulable, esta tarjeta dota al SCAAUT de grandes ventajas respecto a otros sistemas comerciales que aún integran sus módulos de memoria a base de "chips", o bien, respecto a aquellos que requieren del vaciado de la información in situ, utilizando un computador portátil.

La información almacenada en la tarjeta de memoria, permanece ahí en forma confiable para su posterior lectura en el centro de recuperación de información. No obstante que este método es el más adecuado ya que facilita la opera-



Gabinete para exteriores y conectores para sensores y panel fotovoltaico.

ción del sistema en condiciones climáticas adversas (lluvia, nieve, etc.), también se dotó al SCAAUT de la capacidad de recuperación de la información in situ, mediante el uso de computadores portátiles para usuarios que así lo prefieran.

Rutinas de Autodiagnóstico.

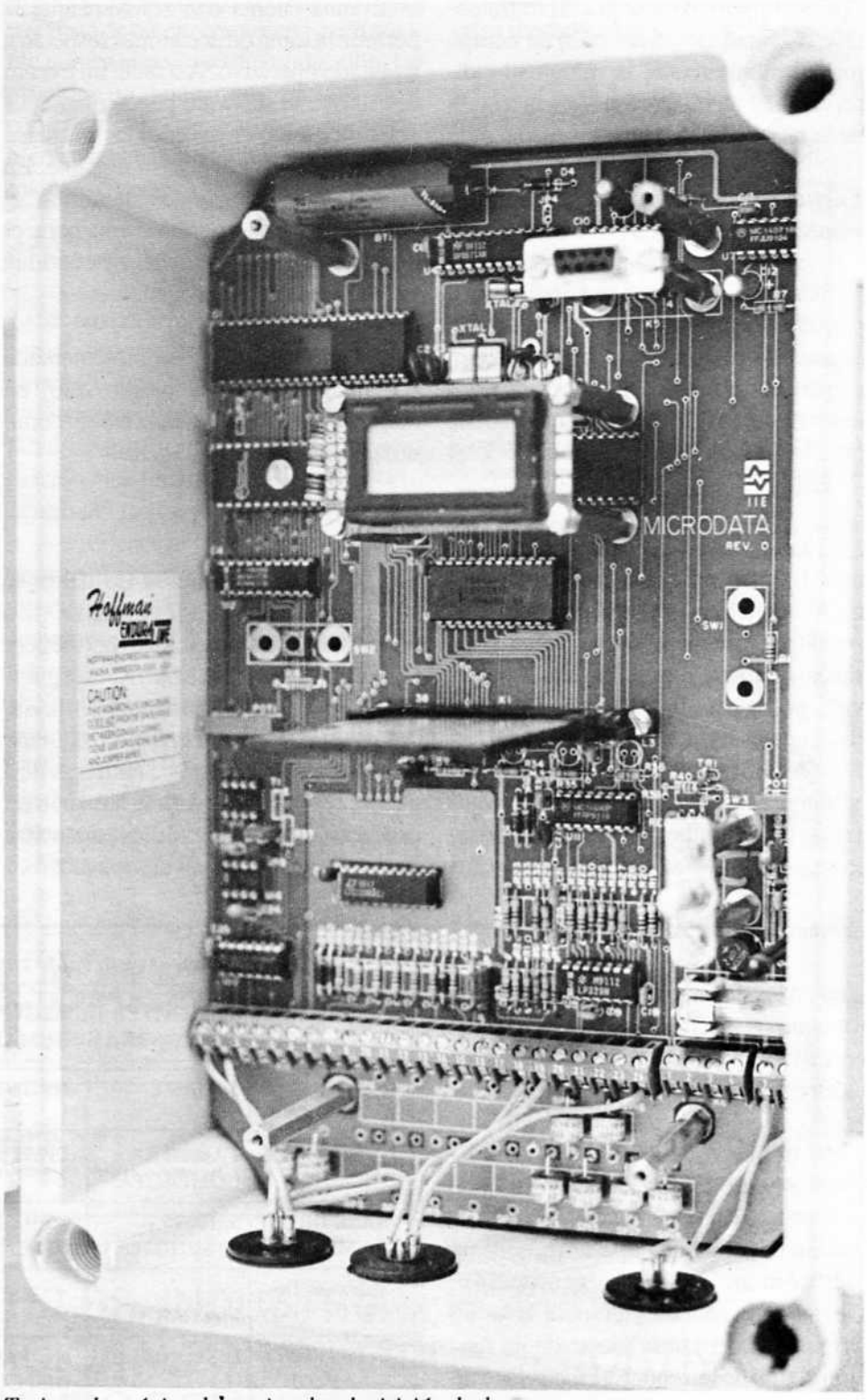
El software de operación del equipo de adquisición de datos, incluye varias subrutinas enfocadas al autodiagnóstico del sistema electrónico. En los eventos de encendido o de inicialización de un proceso de captura de información, estas subrutinas verifican el funcionamiento de cada uno de los circuitos periféricos, entre otras acciones, se valida la operación del reloj en tiempo real, la respuesta del convertidor analógico digital y la presencia y accesibilidad del módulo de memoria.

Así mismo, cada diez segundos durante el proceso de adquisición de datos, se ejecutan rutinas enfocadas a la búsqueda de anormalidades funcionales. En el caso de existir alguna, el sistema valora si puede corregirla y continuar o si es necesario abortar el proceso.

Interfase Hombre - Máquina.

La comunicación entre el equipo de adquisición de datos y el operador, se efectúa por medio de un display alfanumérico de cristal líquido. En el evento de encendido o del cambio del módulo de memoria, el display muestra el progreso y resultado de las subrutinas de autodiagnóstico en el caso de detección de alguna anomalía. En ausencia de falla se muestran: la fecha y hora actuales, un indicador del estado de operación y el número de días faltante para saturación del módulo de memoria.

El sistema no incluye teclado alguno para su operación y/o programación, ya que su diseño fue optimizado para que el operador no necesite mas que del interruptor de energía para la operación del equipo.



Tarjeta electrónica del equipo de adquisición de datos.

Interfase de Comunicaciones.

En condiciones de operación normal, el equipo de adquisición solo requiere de la intervención del operador para su energización y cambio del módulo de memoria. Sin embargo, se dotó al sistema de una interfase de comunicación tipo serie que amplía considerablemente su capacidad en este sentido.

Utilizando el software de soporte y un computador portátil, el personal calificado puede ejecutar un grupo de subrutinas orientados al diagnóstico detallado del sistema. Así mismo, por

este medio se tiene acceso a la programación o actualización del reloj en tiempo real, al monitoreo de la velocidad y dirección del viento presente y a la lectura de la tarjeta de memoria instalada.

Fuente de Alimentación Ininterrumpible.

El SCAAUT-1-IIE, no requiere cambio periódico de baterías. Se alimenta a base de energía solar para lo que cuenta con un pequeño panel fotovoltaico, un regulador de carga de baterías y una pequeña batería sellada con capacidad de 14.4 W-Hr.

Su bajo consumo de energía (40 mW-Hr) y el dimensionamiento del panel fotovoltaico y de la batería recargable, permiten la operación ininterrumpida del sistema, limitada prácticamente por la vida de la batería (5 años). Desde el punto de vista de energía eléctrica, el SCAAUT-1-IIE puede operar autónomamente aún en condiciones adversas de alta nubosidad y lluvia persistente.

Protección Contra Transitorios.

Uno de los enemigos ms importantes de los equipos electrónicos que se instalan en campo, son sin duda las descargas eléctricas atmosféricas.

En el SCAAUT, se integran dispositivos protectores cuya función es la de derivar a tierra estos fenómenos transitorios e impedir que impacten al sistema electrónico. Dicha protección, fisicamente se complementa con un sistema de aterrizado adecuado en función al tipo de terreno. La efectividad de la protección depende de la efectividad de la tierra física instalada y de la magnitud y duración de la descarga.

Software Tolerante a Fallas Transitorias.

En eventos de falla del sistema por efecto de descargas eléctricas atmosféricas, el sistema cuenta con software que le permite la toma de decisiones respecto a su estado operativo. Así, ante un evento de "reset", el software puede distinguir entre un evento de encendido, una señal programada o un evento indeseable. En el caso de ocurrencia de este último, el sistema se autoprograma, recupera el estado de operación anterior y continúa su funcionamiento normal.

Esta protección está complementada por hardware con el propio reloj en tiempo real, el cual actúa también como un dispositivo de vigilancia.

Gabinete para Exteriores.

El equipo de adquisición de datos se construye en un gabinete de policarbonato de concepto hermético. Clasificado como NEMA 4X, este gabinete brinda protección contra lluvia, polvo, humedad y corrosión. Cuenta también con un sistema de fácil apertura y con preparaciones para instalación de candados o cerraduras, útiles para evitar el acceso a personal no autorizado.

Conectores.

La interconexión de los sensores anemométricos y del panel fotovoltaico hacia el sistema de adquisición de datos es sumamente rápida y sencilla. Los cables correspondientes están terminados con conectores que se introducen en los receptáculos instalados en el gabinete principal. De esta manera se evita el manejo de cables individuales (corte, identificación, preparación, etc.), lo que se traduce en una rápida y confiable instalación.

Protección de Radiación Solar.

El gabinete del sistema de adquisición de datos está montado sobre una estructura de lámina de acero acabada en color blanco. Además de brindar protección adicional al sistema electrónico contra temperaturas elevadas, incluye preparaciones para su instalación a mástiles o torres.

Para la operación continua del equipo de adquisición de datos, solamente se

Distribución de los sistemas de acuerdo con su estado físico y operativo general.

TABLA COMMPARATIVA DE ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA SCAAUT-1-IIE CONTRA SISTEMAS CON PRESTIGIO INTERNACIONAL

	SCAAUT	NRG 9200	SECONDWIND NOMAD	ZOND WPE
MODULO DE MEMORIA	TARJETA COMPACTA	CHIP	TARJETA COMPACTA	NO TIENE
BASE DE TIEMPO	5, 10, 15 y 60 MINUTOS	5, 10, 30 y 60 MINUTOS	5, 10, 30 y 60 MINUTOS	60 MINUTOS
SENSOR DE VELOCIDAD	MAXIMUM 40	MAXIMUM 40	MAXIMUM 40	MAXIMUM 40
INTERFASE A LAPTOP	DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE
FUENTE DE PODER	SOLAR CONTINUA	BATERIAS	BATERIAS	SOLAR CONTINUA
SOFTWARE DE SOPORTE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE
PRECIO (DOLARES)	1,500 (*)	1,946 (**)	2,310 (**)	NO CONOCIDO

(*) Posible precio de venta en fabricación nacional.
(**) Se considera un 40 % de gastos de importación.
Nota: los precios incluyen sensores y fuente de poder.

requiere quitar la tarjeta de memoria instalada e introducir otra tarjeta. El equipo se encarga de todas las acciones necesarias para reinicialización del proceso de adquisición de datos.

SOFTWARE DE SOPORTE.

A través de la interfase de comunicación serie, un computador personal y el software de soporte que se integra al sistema, se tiene acceso a la ejecución de rutinas orientadas a:

Autodiagnóstico detallado.
Lectura de tarjetas de memoria.
Actualización del reloj en tiempo real.
Visualización de velocidad de viento.
Visualización de dirección de viento.

FACILIDAD DE PRODUCCION.

Ya que el circuito electrónico del equipo de adquisición de datos está diseñado en una sola tarjeta de circuito impreso con baja densidad de componentes, su producción a nivel industrial es bastante sencilla. El software de soporte y la interfase de comunicaciones hacen posible que en el proceso de producción, las pruebas iniciales sean asistidas por computadora , esta gran ventaja es también aplicable a los eventos de mantenimiento correctivo.

CONCLUSIONES.

1.-Se ha desarrollado un producto de actual competencia tecnológica internacional.
2.-Sus características ofrecen la posibilidad de uso generalizado para la evaluación del recurso energético eólico, dentro del territorio nacional.
3.-Así mismo, el producto puede competir en el mercado extranjero como una alternativa con ventajas funcionales y de costo respecto a algunos de sus competidores.
4.-Se observa una amplia factibilidad de reproducción en la planta productiva nacional, dada la sencillez de su diseño y las herramientas de soporte que lo acompañan.
5.-La tecnología del sistema desarrollado es transferible a industriales interesados en su reproducción y comercialización.

REFERENCIAS.

[1] Borja,M.A., Parkman,P.A. "Diseño Construcción y Pruebas de un Sistema Automático para la Adquisición de Datos de Viento" Informe técnico IIE/10/14/2065/I02/P volumen 1 y 2. Enero de 1985.

[2] Borja,M.A., Caldera,E., Parkman,P.A., Saldaña,R. "Evaluación Preliminar del Potencial Energético Eólico en la Zona de la Ventosa, Oax. Informe técnico IIE/10/14/1874/I1/P volumen 1 y 2. Septiembre de 1985.

[3] Caldera,E., Saldaña,R., "Análisis Preliminar del Viento en la Zona Costera del Estado de Quintana Roo. Informe técnico IIE/10/14/3006/I01/F, Mayo de 1991.

[4] Caldera,E., Saldaña,R., Borja,M.A., Borja R.E. Parkman,P., Lagunas,J., "Evaluación del Potencial Eólico en el Cerro de la Virgen, Zacatecas". Informe técnico IIE/10/14/3270/F, Abril de 1992.

[5] Saldaña,R., Caldera,E., "Manual de Usuario del Programa Wind". Informe técnico IIE/10/14/2276/7/P. Marzo de 1988.

[6] Borja,R.E., Borja,M.A., "Metodología y Códigos Computacionales para la Simulación de la Generación producida por una Central Eoloeléctrica e Impacto sobre la Demanda de un Circuito de Distribución. Informe técnico IIE/10/14/2426/I02/F. Diciembre 1988.

"EL SOL SALE PARA TODOS"

solarmex, s.a.

PRIMER FABRICANTE DE CALENTADORES SOLARES
LE DA LA SOLUCION EN CALENTAMIENTO DE AGUAS PARA:

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

PARA MAYOR INFORMACION VISITE NUESTRAS INSTALACIONES EN:

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

O LLAME A LOS TELS. 368-4929 368-1355 FAX 368-7894

Datos de radiación solar en la República Mexicana, alcances y limitaciones

Por: Vicente Estrada-Cajigal *

INTRODUCCION

A diferencia de otras fuentes de energía, la radiación solar es ampliamente variable, cambia a cada instánte, por lo que desde el punto de vista de la ingeniería y la física, resulta ser un parámetro muy interesante para analizar y estudiar. Por esta misma razón los datos de radiación solar son reportados en muy diversas formas.

La radiación solar que proviene del sol es atenuada, antes de llegar a la superficie de la tierra, por la atmósfera terrestre. Cuando la radiación solar llega a la atmósfera, parte de la energía es disminuida por dispersión y parte por absorción. Por esta circunstancia y para fines prácticos, se distinguen dos tipos básicos de la radiación solar: La radiación dispersada se conoce como radiación **difusa** y la radiación que no sufre cambio de trayectoria desde el sol hasta la superficie de la tierra, se conoce como radiación **directa**; a la suma de ambas se conoce como radiación **global**. Sin embargo, para muchos de los fines de las múltiples disciplinas que requieren da datos de radiación solar, el conocimiento de los componentes directo y difuso de la radiación solar, es insuficiente. Resulta entonces de suma importancia el conocer detallada y ampliamente la variabilidad espectral, espacial, temporal y geométrica de la radiación solar.

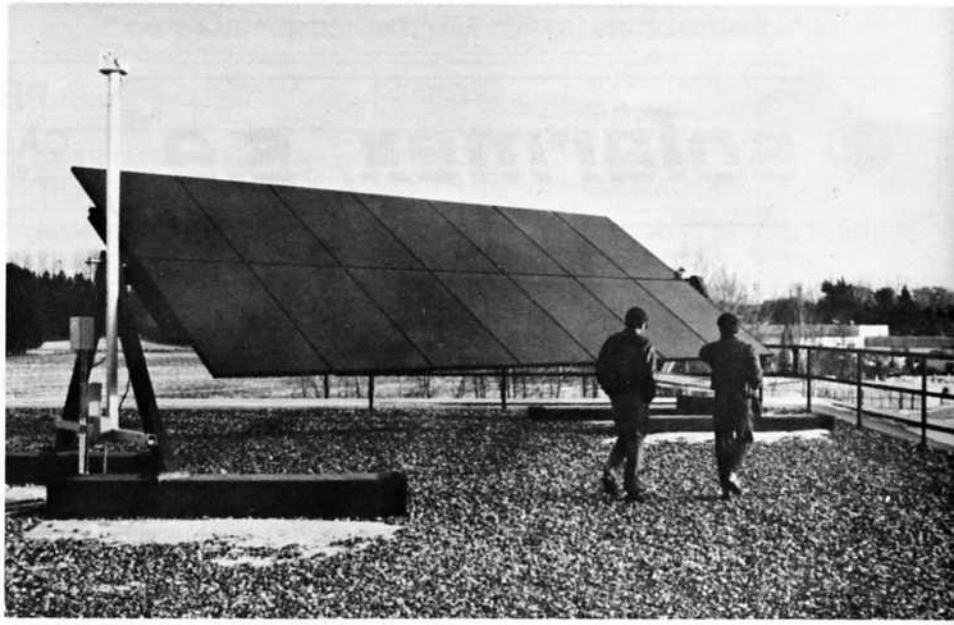
Lo cierto es que sólo muy pocos observatorios en el mundo reportan de manera continua y rutinaria esta información detallada de la radiación solar, por lo que inevitablemente ha sido necesario recurrir a los métodos indirectos de cálculo.

En otros países y algunos organismos internacionales se ha venido trabajando consistentemente desde hace ya varios años, en la preparación y desarrollo de bases de datos de radiación solar para satisfacer, al menos en parte, la demanda de los diferentes grupos y disciplinas.

Desafortunadamente en nuestro país la distribución generalizada de información de radiación solar no ha pasado del cálculo de la irradiación global diaria promedio mensual con el correspondiente trazo de isolíneas de radiación en el territorio nacional con la intención de mostrar su distribución espacial y temporal en el largo plazo [1-11]. En un intento por complementar dicha información, Fernández y Estrada-Cajigal [12] presentan datos de irradiancia global máxima y directa máxima, para ser aplicados en un algoritmo para calcular la intensidad de la distribución diaria promedio mensual de la radiación global, directa y difusa sobre una superficie horizontal.

Sin embargo esta información es aún insuficiente para muchas de las aplicaciones de la energía solar en las que s requiere de un conocimiento más detalla do de la variabilidad espectral geométrica, temporal y espacial de l radiación solar. Se ha demostrado, po ejemplo, que el procedimiento común d interpolación para valores de radiació en un mapa no es lo más aconsejable dad la baja densidad de sitios con información Aunque existen grupos que han registrad datos de radiación solar en nuestro país algunos de ellos en forma consistent desde hace ya varios años o en otros po ciertas temporadas, labor que tiene u gran mérito y merecen nuestro reconoci miento, es información que no siempr está disponible y en ocasiones es insufi ciente como para caracterizar el camp de radiación solar al menos en algun región del territorio nacional.

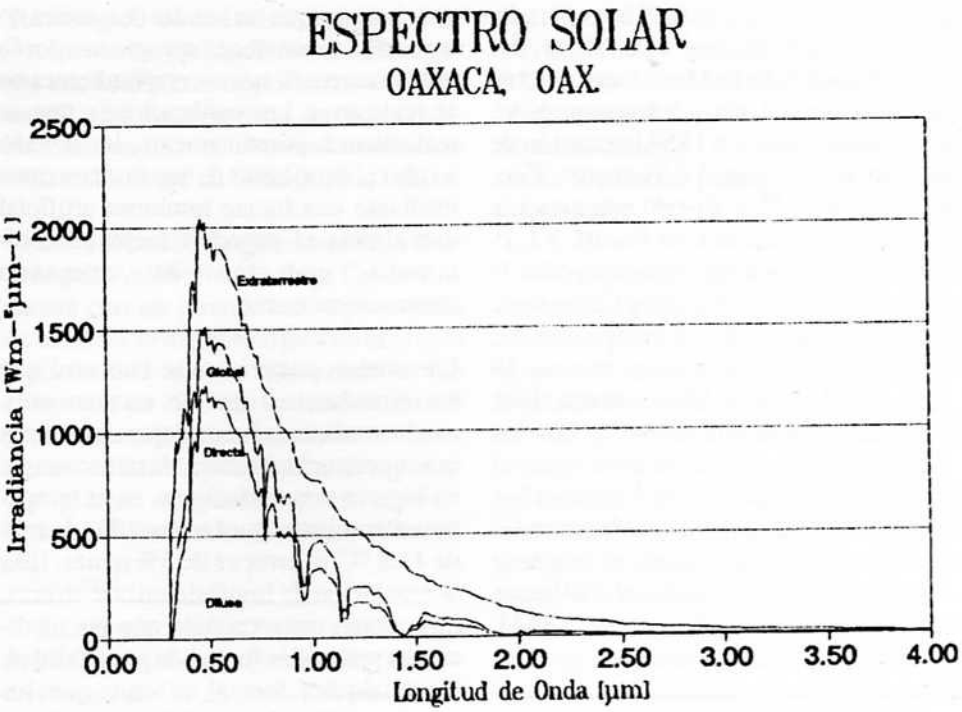
A pesar de que ha habido un gra desarrollo en las técnicas de cálculo de l radiación solar, es de sorprenderse que e esta época se continuen aplicando algu nos modelos y técnicas desarrolladas hac aproximadamente 70 años. Aunque d hecho la antigüedad de los modelos n



La incertidumbre en la radiación solar da como resultado incertidumbre en la cantidad y costo de la energía producida con una tecnología dada.

* SOLARTRONIC, S.A. de C.V.

implica necesariamente que hayan perdido su vigencia. Tal es el caso, por ejemplo, del popular modelo de Ångström. Lo cierto es que no se toma ventaja de los desarrollos más recientes, actualizaciones o mejorías de dichos modelos. Y esta falta de aplicación de técnicas de desarrollo reciente quizá no se deba a un desconocimiento de la tecnología como lo han demostrado algunos grupos de trabajo, sino más bien a la falta de disponibilidad de la información que para su aplicación, requieren los diferentes procedimientos.



ANTECEDENTES

1. Mediciones directas

Las primeras mediciones actinométricas en México las inició el Dr. Ladislao Gorcziñsky en el año de 1911, continuándolas hasta el año de 1917. Un segundo periodo de mediciones lo realiza personal del Servicio Meteorológico Mexicano (SMM) dirigidos por el mismo Dr. Gorcziñsky desde 1923 hasta 1928. Los datos de dichas mediciones se publicaron en folletos emitidos por el SMM en lo que se conoce como "***Serie del observatorio astronómico***" entre los años 1926 y 1928. Dichos datos consisten básicamente de mediciones de radiación solar directa realizadas con un pirheliómetro de compensación eléctrica de Ångström (No. 102). Se cree que los diagramas solarimétricos originales se encuentran en los archivos del Servicio Meteorológico Nacional.

Aparentemente los esfuerzos por medir la radiación solar en nuestro país, fueron continuados por Zenón Lemañski quién publicó el trabajo "***Intensidad de la radiación solar en algunos puntos de la República Mexicana***", en el que reporta datos medidos en el Popocatépetl, cráter y Tlamacas; Nevado de Toluca, cráter; Loma de Santo Tomás, Ajusco; La Bufa, Zac.; Concordia, Coah.; Aguascalientes, Ags.; Pátzcuaro, Mich.; Veracruz, Ver.; Acapulco, Gro.; Manzanillo, Col. y Tapachula, Chis. Aparentemente corresponden a datos medidos en forma aislada y no rutinaria, ya que no se reporta el periodo ni la época en la que se realizaron dichas mediciones. Si 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. Aunque no se sabe con exactitud, es probable que estos datos fueron medidos de acuerdo a la escala pirheliométrica de Ångström, por lo que deberán incrementarse en un 3.7% para actualizarlos de acuerdo a ***Referencia Radiométrica Mundial*** (WRR). En este trabajo se pretende destacar esencialmenlte la abundancia del recurso solar en México, además de que se demuestra la excelente calidad del aire (por su limpieza) de esos años. Debe recordarse que Humboldt no mentía cuando tuvo a bien llamarle "*la región más transparente del planeta*". No es equivocada la afirmación de Lemañski y que puede decirse que aún sigue vigente: "*Los datos anteriores hablan por si mismos y demuestran que México, por su latitud geográfica, por sus condiciones climatéricas y su topografía, puede servir en lo futuro para este ramo de la ciencia, como un laboratorio mundial, si dichos estudios llegan a organizarse en la forma conveniente*".

Pedro C. Sánchez, el entonces director de estudios geográficos y climatológicos del SMM decía: *"A principios de Octubre de 1926, se instalaron en el observatorio meteorológico central, varios aparatos termo-eléctricos de radiación solar, con los cuales se iniciaron las observaciones respectivas bajo la dirección del doctor Ladislao Gorczyñski. Al mismo tiempo se utilizaron,sobre todo para las comparaciones, los pirheliómetros de compensación eléctrica y un pirheliómetro de disco de plata del observatorio astronómico. Después se instalaron los solarímetros y pirheliómetros termo-eléctricos de lectura directa, y también un espectógrafo especial Richard, con lo cual se completó la dotación de aparatos. Al mismo tiempo, para dar a conocer, con toda clase de detalles, el desarrollo de las observaciones emprendidas, se publicarón varios folletos, siendo el primero (folleto No. 1, 1928) el que da a conocer el método de medidas y la descripción de aparatos utilizados, colaborando en las labores el señor Zenon Lemañski, meteorologistas Daniel Larraga y Adolfo Estañol, y ayudante Catarino F. Haro*".

Aparentemente las observaciones se interrumpen desde entonces, hasta el año de 1957, que con motivo del Año Geofísico Internacional (IGY), el Instituto de Ciencia Aplicada y en colaboración con el Instituto de Geofísica de la UNAM, se inician formalmente las mediciones de radiación solar en nuestro país. Las observaciones se realizaron dentro del programa general de meteorología, para lo cual se instalaron cinco estaciones

solarimétricas en: Ciudad Universitaria, D.F.; Altzomoni (en las faldas del Iztaccíhuatl), Edo. de Méx.; San Cristobal de las Casas, Chis.; Veracruz, Ver.; Chihuahua, Chih. En 1959 la estación de Altzomoni se trasladó a Tlamacas, Edo. de Méx.En 1960 se instaló una estación solarimétrica en San Luis Potosí, S.L.P. Todas estas estaciones, con excepción de las de Ciudad Universitaria y Chihuahua, funcionaron a lo más por cuatro años. La estación de Chihuahua operó durante 15 años y la de Ciudad Universitaria sigue funcionando hasta la fecha. Todos los instrumentos se calibraron con el pirheliómetro de referencia Ångström No. 166. La información recopilada por todas estas estaciones fué enviada al centro de concentración de datos para el continente americano en E.E.U.U. y a la O.M.M. con oficinas en Ginebra, Suiza.

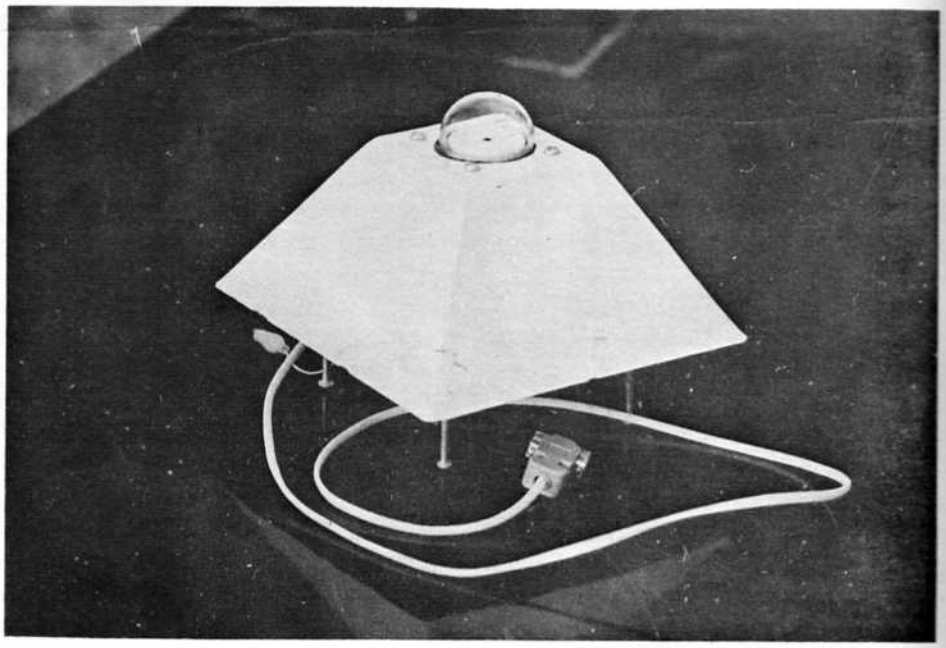
Por iniciativa del personal de la entonces sección de radiación solar del Instituto de Geofísica de la UNAM, en 1967 se puso en operación una estación solarimétrica en Orizabita, Hgo. y que sigue en operación hasta la fecha. Se han realizado esfuerzos en años recientes para la instalación de otras estaciones solarimétricas en: Mezcala, Gro.; Chilpancingo, Gro.; Chantuto-Panzacola, Chis. y La Joya Buenavista, Chis. Por desgracia no se ha tenido el éxito esperado en gran parte por la falta de apoyo institucional tanto económico como de capacitación de personal.

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: Ciudad Universitaria, D.F.; Tonanzintla, Tlax.; Cuernavaca, Mor. y Celaya, Gto. Cada estación contaba con dos piranómetros de fabricación nacional (INSOLAR). Uno medía la radiación global y otro medía la radiación difusa ya que tenía colocado una banda de sombra. La radiación directa se obtenía por diferencia de ambos componentes medidos. Las bandas de sombra fueron diseñadas en el propio Instituto de Ingeniería. A pesar del entusiasmo y esmerado esfuerzo del personal del I.I., por desgracia, las estaciones de dicha red no cumplían con las especificaciones y requisitos mínimos recomendados por la OMM para la operación de este tipo de estaciones. Se puede mencionar, por ejemplo, que las bandas de sombra no tenían las dimensiones apropiadas, por lo que las correcciones correspondientes no se realizaron. Las calibraciones, que se realizaban esporadicamente, las llevaba a cabo el fabricante de los instrumentos mediante una fuente luminosa artificial que simula el espectro solar, procedimiento que no es aceptado internacionalmente.

En pruebas posteriores se encontró que los piranómetros que se estaban utilizando, tenían una fuerte dependencia con la temperatura ambiente, de tal forma que en lugares con variaciones en la temperatura ambiente en el mismo día de más de 11.2 °C, el error es de 5% o más. Esta acumulación de impresiciones y errores, trajo como consecuencia que las mediciones realizadas fueran de poca calidad. De cualquier forma, se cree que los sensores utilizados pueden proporcionar mediciones de rasonable calidad para valores promedio mensual, pero no para valores instantáneos.

Lo anterior, más otros problemas de carácter técnico para la operación de la red, principalmente la falta de personal capacitado, trajeron como consecuencia que la operación de la red se suspendiera en el año de 1983. Fué sin embargo una experiencia importante, ya que se aprendió a operar los sensores, recopilar, procesar y obtener las estadísticas correspondientes de los datos recopilados, solucionar fallas de equipos, así como al manejo de problemas con los operarios de los equipos.

En el año de 1979, el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California, instaló en la Sierra de la Laguna, B.C.S., un actinógrafo de tipo Robitsch para medir la radiación global y de esta forma estudiar el aporte energético a un ecosistema de bosque. Los resultados de las mediciones fueron reportados, al menos hasta el año de 1981, en informes internos del propio centro y utilizando para ello la constante de calibración original del instrumento. Se desconoce si dicho instrumento sigue en operación. Conjuntamente con el Instituto de Geofísica de la UNAM, se llevó a cabo el proyecto "Estudio de la radiación solar en Baja California Sur y zonas marítimas adyacentes" cuyo objetivo principal era la de establecer la influencia de los cambios ambientales en la cantidad y localización geográfica de las poblaciones de peces típicos de la zona de estudio. Para ello se realizaron mediciones de radiación solar en Comitán, B.C.S.; Palo Extraño (Sierra de la laguna), B.C.S. Por primera vez se realizaron también mediciones a bordo del buque oceanográfico "El Puma" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, durante los meses Agosto-Septiembre y Noviembre de 1987. El material recopilado se está revisando y preparando para su publicación, a fin de ponerlo al alcance de un



Prototipo de piranómetro diseñado y construido en el ITESO.

mayor número de investigadores. Este es un ejemplo típico en el que se realizan mediciones de radiación solar durante un periodo corto de tiempo con própositos muy específicos.

El gobierno, por su parte, puso en marcha proyectos como el Tonatiuh y el Sonntlan en cuyas instalaciones (Mexicali, B.C.; Las Barrancas, B.C.S.; La Paz, B.C.S.) se realizaban mediciones de radiación solar. Se desconoce si los resultados obtenidos fueron recopilados o reportados en algún sitio. Se tienen noticias de que la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California, cuenta con los datos de radiación difusa y global para un periodo de dos años medidos en la estación meteorológica de Mexicali.

La Gerencia de Ingeniería Civil de la Comisión Federal de Electricidad, controla una red solarimétrica integrada por veintitrés estaciones climatológicas y que cuentan con actinógrafos de tipo Robitzch. Las observaciones se inician en 1981 y se han logrado continuar hasta la fecha. Las estaciones se encuentran ubicadas en: Mexicali, B.C., Rosarito, B.C.; Guerrero Negro, B.C.S.; Hermosillo, Son.; Puerto Libertad, Son.; Agua Prieta, Son.; Samalayuca, Chih.; Colina, Chih.; Camargo, Chih.; Huites, Sin.; J. Aceves Pozos, Sin.; Mezquital, Dgo.; Villa Juárez, Dgo.; La Ciudad, Dgo.; Piedras Negras, Coah.; Río Escondido, Coah.; Cd. Guerrero, Coah.; La Muralla, Nayarit; Uruapan, Mich.; Pinzanes, Mich.; Panches, Mich.; Pastoria, Mich. y Caimanera, Mich. Actualmente el Instituto de Geofísica de la UNAM está dando un apoyo importante a la C.F.E. a fín de establecer la constante original de los instrumentos, establecer los procedimientos de instalación, observación y mantenimiento del equipo, así como en la evaluación y sistematización de los datos generados. Estos datos son de gran importancia, ya que constituyen la base de datos más grande que existe en el país, aunque sólamente cubren la parte noroeste del país. Los resultados de dichas mediciones y recuperaciones de información serán publicados en fecha próxima.

El Grupo Solar (actualmente Unidad Académica de Tecnología Intermedia) de la División de Ingeniería del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente, ha realizado desde hace algunos años esfuerzos importantes en el desarrollo de piranómetros de bajo costo. Han realizado mediciones de radiación solar en la ciudad de Guadalajara, Jalisco.

La facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Baja California, cuenta con un piranómetro tipo estrella en la estación meteorológica de la propia Universidad. Dicho instrumento fue comprado en 1983 sin haberse calibrado posteriormente. Las mediciones tomadas se encuentran disponibles en el registrador gráfico acoplado al instrumento. Desde 1987 se encuentra fuera de servicio.

El Area de Nuevas Fuentes de Energía de la Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos de C.F.E. con el objeto de estudiar la factibilidad de instalación de plantas termosolares, ha venido operando, desde finales de 1990, cuatro estaciones solarimétricas: en Mexicali, B.C. y en Orizabita, Hgo. se está midiendo radiación directa normal y radiación global; en Santa Rosalía, B.C.S. y en Puerto Libertad, Son. se está midiendo radiación global y difusa. La operación y mantenimiento de las estaciones está a cargo de personal no especializado y no se visitan las estaciones con la frecuencia que se requiere, de ahí que se han tenido problemas para su operación continua y sistemática. Hasta la fecha, la información recopilada no se reporta para su distribución generalizada.

Recientemente, 1991, la Coordinación de Proyectos Termoeléctricos de la C.F.E. ha realizado una inversión considerable, ya que ha puesto en servicio una red de estaciones meteorológicas automatizadas utilizando alta tecnológia, ya que la recuperación y recopilación de la información se está realizando vía satélite. Aunque a un costo elevado, con esta red se evitan los posibles errores durante el procesamiento y recopilación de la información. Sobra decir además del considerable ahorro de tiempo para realizar dichas actividades, prácticamente la información está disponible en tiempo real. Las estaciones están instaladas en: Valle de México; Manzanillo, Col.; Tuxpan, Ver.; Ensenada, B.C.; Altamira, Tamps.; Petacalco, Gro.; Colmi, Coah.; San Carlos; B.C.S.; Cd. Juárez, Chih.; Mérida, Yuc.; Valladolid, Yuc.; Rosarito, B.C.; Lerdo, Coah.; Topolobampo, Sin.; Matamoros, Tamps. y Vizcaíno, B.C.S. Se miden datos de irradiación global horaria, mediante piranómetros de tipo fotovoltáico.

Seguramente existen algunas otras dependencias de C.F.E. que miden o han medido radiación solar en algún momento, tal es el caso de los datos obtenidos en Punta Limón, Ver.; Valle de Bravo, Edo. de Méx. y Texcoco, Edo. de Méx., como lo ha reportado Galindo [2]. Sin embargo, se carece de información adicional al respecto. Por su parte el Servicio Meteorológico Nacional seguramente realiza también mediciones de radiación solar, como lo demuestra la reciente calibración de 5 de sus piranógrafos, sin embargo, estas no son reportados en los boletines de datos meteorológicos publicados por el SMN.

Servicios Industriales Peñoles, S.A. de C.V. en Laguna del Rey, Coah. y Exportadora de Sal, S.A. de C.V. en Guillermo Prieto, B.C.S.; conjuntamente con el Instituto de Geofísica-UNAM y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, respectivamente, han realizado mediciones de radiación solar con miras a la identificación de sitios potenciales para el posible emplazamiento de plantas solares de generación eléctrica.

Se tienen noticias de algunas otras instituciones que miden radiación solar como: la Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Universidad Autónoma Metropolitana, ENEP-Iztacala de la UNAM y la Universidad Autónoma de Guanajuato. Se cree que dichas Instituciones realizan mediciones de radiación solar para proyectos específicos relacionados con el aprovechamiento de la energía solar, por lo que seguramente la operación de los instrumentos no es rutinaria ni de manera continua.

En términos generales se puede decir, que existe una gran cantidad de información de dudosa calidad, debido en gran parte al descuido en el mantenimiento del instrumental, a la falta de calibraciones periódicas y a la falta de cumplimiento de las normas recomendadas por la Organi-

zación Meteorológica Mundial para la operación de estaciones solarimétricas. Por otro lado, se observa también que los diversos esfuerzos, a la larga, han sido abandonados por diversas razones.

También se sabe que una buena cantidad de información solarimétrica descansa aún en los archivos de diferentes instituciones, las cuales pese a la escasez de recursos, han venido acumulando información solarimétrica que constituye en la actualidad un importante acervo de datos para el conocimiento de la climatología del país y de su potencial energético. Las redes de observación existentes cuentan con heliógrafos y actinógrafos, instrumentos que si bien desde el punto de vista técnico ya han sido superados por los modernos métodos de medición y registro, la sencillez de su principio de funcionamiento y relativamente bajo costo de adquisición y mantenimiento, los hizo adecuados para la obtención de información básica de radiación solar. De hecho el heliógrafo no es un medidor de radiación solar, sino de las horas en que el disco solar se encuentra libre de nubes. Sin embargo, la estrecha relación que existe entre los totales diarios de radiación solar y la cubierta de nubes, ha permitido estimar con buena aproximación los niveles de insolación para aquellos lugares en dónde no existen datos solarimétricos pero cuentan con datos heliográficos.

Se tiene entonces, como ya se mencionó antes, que el suministro de información de radiación solar en nuestro país se ha limitado a datos de irradiación diaria promedio mensual proporcionados en mapas de isolíneas que se analizan a continuación.

2. Cálculos y estimaciones

La estimación de la radiación solar no es sencilla, a través del tiempo se han llevado a cabo grandes esfuerzos para obtener de una manera práctica y sencilla, valores de la intensidad de la radiación solar a partir de parámetros astronómicos, geográficos, atmosféricos y meteorológicos. Los diferentes procedimientos desarrollados van desde modelos matemáticos complejos basados en la teoría de transferencia radiativa, que no siempre son de utilidad práctica, hasta los modelos empíricos que frecuentemente son relaciones lineales simples. Estos últimos, dada su sencillez, son los más frecuentemente utilizados.

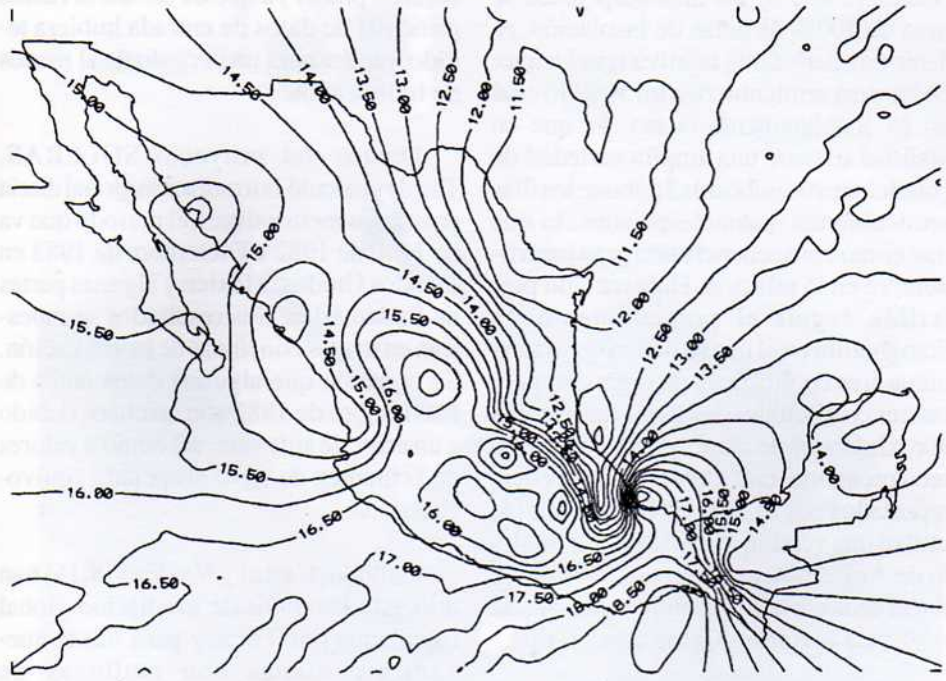
Si bien se ha demostrado que la mejor alternativa para calcular la intensidad de radiación solar a nivel horario, son los modelos parametrizados, estos no han tenido una aplicación amplia en nuestro país debido a que los parámetros que requieren no están disponibles en un formato apropiado para su uso inmediato. Con este tipo de modelos, sería posible desarrollar una base de datos de radiación directa, difusa y global con buena resolución espacial y temporal para muchas de las aplicaciones de la energía solar. Algunos países como Canadá y Estados Unidos, han completado y generado parte de sus bases de datos mediante este tipo de modelos.

Almanza y López utilizaron la ecuación propuesta por Reddy, en la cual el número de días con lluvia, la duración de la insolación, la humedad relativa y un factor que depende de la latitud y de la posición de la localidad con respecto al litoral, son los parámetros de entrada para el cálculo de la irradiación global diaria promedio mensual. Con los datos meteorológicos publicados por el S.M.N., calcularon la irradiación global en 38 localidades. Dichos autores consideran que sus resultados tienen una precisión de $\pm 10\%$, sin embargo, no mencionan que tipo de análisis y datos fueron utilizados para establecer dicho porcentaje. Este modelo fué desarrollado con datos medidos en la India y dadas las características de dicho país es posible suponer que dicho modelo puede ser aplicado con resultados satisfactorios en México. Aunque en algunos trabajos se ha cuestionado la validez del modelo, todo parece indicar que el modelo no se aplicó correctamente.

Por su parte Galindo y Chávez [2] aplicaron la ecuación propuesta por Ångström para calcular la irradiación global diaria promedio mensual en 136 localidades, 38 de ellas con los datos de horas de insolación reportados por el S.M.N. y en 98 se estimaron a partir de fotografías de satélites meteorológicos. Estos autores no presentan la metodología ni la fuente de información de estos últimos datos. Allí se argumenta que la selección de las constantes a y b del modelo se hizo tomando en cuenta el clima del lugar y la vegetación. Sin embargo no se especifica con base en qué criterios se asignaron los valores a cada tipo de clima y de vegetación. En otro estudio, Chang resumió los coeficientes de regresión obtenidos en gran cantidad de localidades en el mundo y los clasificó de acuerdo a los tipos climáticos de Köppen, pero no encontró valores representativos para cada tipo, de ahí que sea cuestionable el procedimiento seguido por Galindo y Chávez [2]. Por ejemplo, se puede apreciar en el análisis de Galindo y Chávez [2] con datos medidos en Ciudad Universitaria, Veracruz, Chihuahua y Orizabita, que hay discrepancias significativas. Además, dicho modelo es válido únicamente para obtener valores de irradiación global diaria en promedios de largo plazo (al menos un mes), por lo que su aplicación no es válida para datos diarios como lo presentan Galindo y Chávez [2] en la tabla 1 y menos aún comparar y validar los resultados en base a esto. Cabe resaltar que es el único trabajo en el que se utilizaron datos medidos de 7 estaciones en diferentes periodos para la elaboración de las cartas.

Jáuregui [3] aplicó una versión modificada de la ecuación de Ångström propuesta por Glover y MacCulloch, en la que se aplica una corrección por latitud. Con esta ecuación calculó la irradiación global diaria promedio mensual en 32 localidades y presenta los resultados obtenidos para los meses de Enero y Julio. Algunos trabajos han mostrado que no se tiene una clara tendencia a que el valor del coeficiente b en la ecuación de Ångström dependa de la latitud. Al compararse con datos medidos en la ciudad de México, se observó que dicho modelo tiende a sobreestimar la irradiación global de manera consistente.

Ortíz [6] utiliza como base la misma ecuación propuesta por Glover y McCulloch, para obtener los coeficientes de regresión en la ecuación de tipo como la propuesta por Black,que a su vez es aplicada en sitios con características similares al sitio de dónde se calcularon los coeficientes. La ecuación de Black requiere como parámetro de entrada el reporte meteorológico de cantidad de nubes, que es a su vez calculado indirecta-



Irradiación global diaria promedio mensual (Enero).

mente con los reportes de las condiciones de cielo del SMN. Con este procedimiento calculó la irradiación global diaria promedio mensual para 25 observatorios en México. Trazó también un mapa de isolíneas con los datos promedio anual.

Estrada-Cajigal [4] en un intento por mostrar con mayor detalle la distribución espacial y temporal en el largo plazo de la irradiación global diaria promedio mensual, y en base al procedimiento propuesto por Stanghellini, Barbaro y colaboradores para el cálculo indirecto de la heliofanía relativa a partir de las observaciones de las condiciones del cielo, propone un método para elaborar mapas detallados con isolíneas de irradiación global. Se observó que cuando se compara con datos medidos por el S.M.N. el procedimiento propuesto por Hernández [5] para el cálculo indirecto de la heliofanía relativa presenta una tendencia a sobrestimar valores. Se decidió entonces aplicar una corrección empírica, pero aún así se cree que está sujeta a grandes errores. Desafortunadamente no se cuenta con datos medidos en esa región para evaluar este procedimiento.

García [7,8] a seguido un procedimiento similar al de Hernández [5] para presentar mapas detallados de isolíneas en los estados de Veracruz y Baja California. Desafortunadamente estos trabajos presentan algunos de los inconvenientes del modelo de Hernández [5] como se presenta más adelante, además de que se ha seguido el procedimiento de selección de los coeficientes de regresión de acuerdo al tipo de clima, que como ya se dijo antes no es lo más adecuado.

Tejeda [9] elaboró mapas de isolíneas de irradiación directa y difusa sobre una superficie horizontal, basándose en el trabajo de Hernández [5]. Muy interesante hubiera resultado que dicho autor, hubiese esclarecido el procedimiento y los datos utilizados para la obtención de los coeficientes en el modelo del tipo Page.

Recientemente se ha editado por parte de la Universidad de Colima el llamado "ATLAS SOLAR DE MEXICO" [10], en el que se reproducen los mapas elaborados por Tejeda [9] para la irradiación directa y difusa, y los elaborados por Hernández [5] para la global. Atinadamente se menciona en este trabajo: "Considerense en consecuencia los mapas mostrados en este documento, preliminares y mejorables conforme.....", sirva entonces el presente trabajo como una pequeña contribución para lograr esa mejoría.

Almanza, Estrada-Cajigal y Barrientos [11] realizaron una actualización de los mapas publicados por el Instituto de Ingeniería, UNAM [1] para la irradiación global. Se utilizó una serie de datos meteorológicos más amplia (1940-80), los valores de irradiación se presentan en MJ m^{-2} de acuerdo al sistema internacional de unidades, además fueron corregidos para que estén referidos a la Escala Radiométrica Mundial (WRR). Es muy probable que la información contenida en este documento sea la más confiable de acuerdo a los resultados obtenidos por Velázquez y colaboradores, ya que se demostró que los modelos que involucran otros parámetros meteorológicos, además de la heliofanía relativa, simulan de mejor forma el comportamiento temporal de la irradiación global. Al compararse con datos medidos durante los años de 1984 a 1986 en CU, UNAM, el modelo de Reddy presentó un error relativo de-12.15% a 6.15%, un MBE de -0.3 y un RMSE de 1.12.

Mención especial merecen los trabajos desarrollados en base a la información enviada por los satélites meteorológicos ya que la aplicación de dicha tecnología jugará un papel importante en el conocimiento de la intensidad de la radiación solar en nuestro país en los próximos años. Sin embargo, si bien es cierto que los satélites meteorológicos representan un gran potencial para el cálculo de la radiación solar en la superficie de la tierra, particularmente por su gran resolución espacial (1 km), se considera que es de suma importancia el conocer algunos antecedentes sobre el desarrollo de esta tecnología, a fin de establecer la presición y validez de las diferentes técnicas que se han desarrollado a partir de la información que se puede obtener de los satélites.

Se puede decir que existen 3 tipos de procedimientos para el cálculo de la irradiación con datos de satélite que en orden creciente de dificultad y en consecuencia (aunque no necesariamente) mejores en cuanto a presición y calidad se refiere, son:

a) Fotointerpretación
b) Estadísticos
c) Físicos

Los parámetros que son importantes estimar para calcular la radiación solar a partir de la información de satélites son aquellos relacionados con las nubes (cobertura y propiedades radiativas). Los modelos más simples son aquellos que

están basados únicamente en la cubierta de nubes. La cubierta de nubes puede ser estimada manualmente a partir de imágenes fotográficas. Este es el tipo de procedimiento seguido por Mendoza y colaboradores.

El segundo tipo de procedimiento es un poco más sofisticado, basado en relaciones funcionales entre datos de radiación solar medidos simultáneamente en superficie con datos de satélite. En este caso las relaciones son obtenidas para cierto número de lugares y temporadas, y extrapoladas entonces a otras temporadas y lugares. Definitivamente las ventajas de estos procedimientos estadísticos son su sencillez y consecuentemente su eficiencia operacional. Sin embargo su obvia limitante es la falta de extrapolabilidad y de generalidad en las relaciones. Es decir, se tienen que establecer para cada localidad los coeficientes de regresión apropiados, lo que implicaría tener mediciones de superficie en esas localidades.

El último procedimiento, el de los modelos físicos con una fuerte base teórica, representan específicamente los intercambios de energía radiante dentro de la atmósfera de la tierra. Sus ventajas sobre los modelos estadísticos es que su obtención no requiere de ninguna medición de superficie y en consecuencia los modelos no están ligados a ninguna localidad en particular. Gautier, Diak y Masse fueron de los primeros en proponer este tipo de procedimientos.

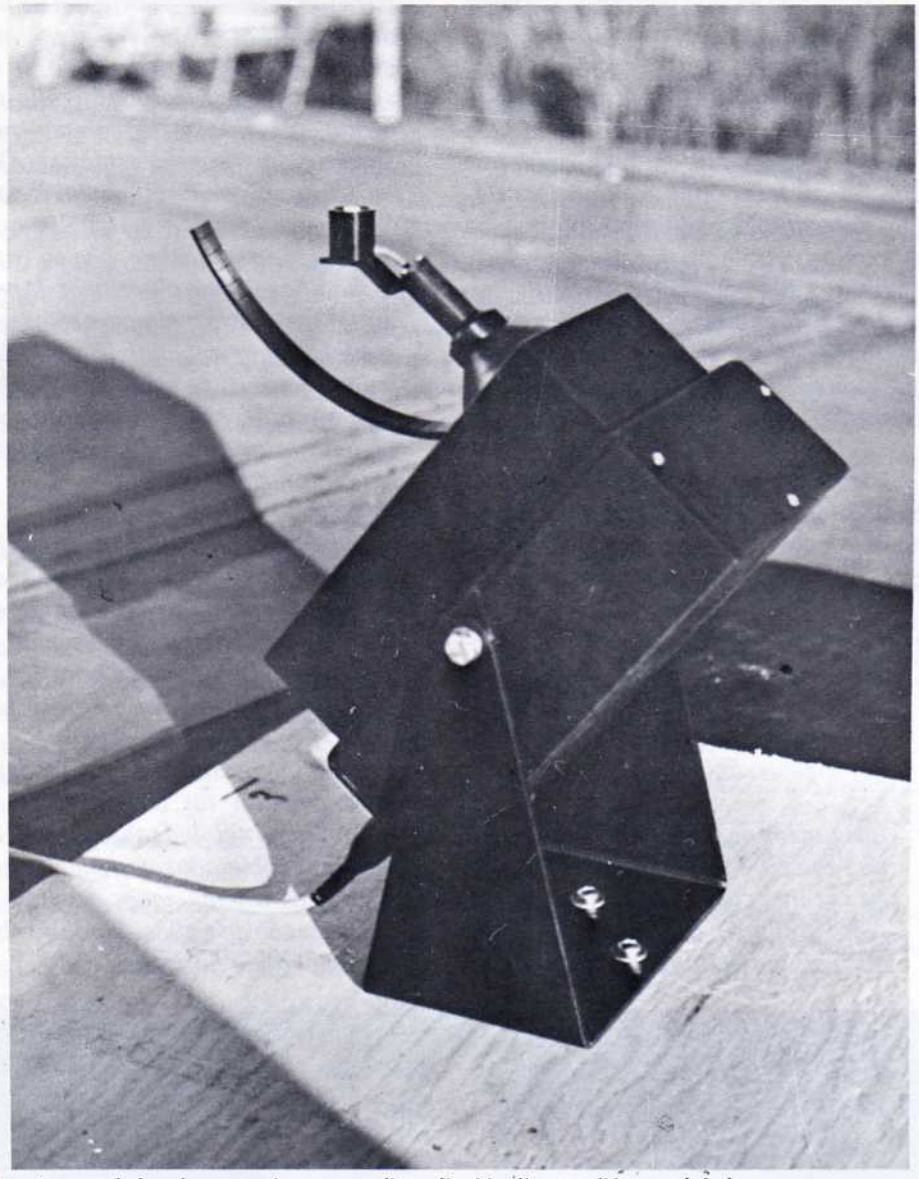
En nuestro país se cuenta con un trabajo pionero para el aprovechamiento de la información de satélites meteorológicos desarrollado por Hernández [5]. Si bien no es el objetivo desmeritar el valor de ese trabajo, si se pretende hacer notar que desde entonces se han desarrollado algunos procedimientos y trabajos en los que se hace cuestionable la utilidad de dicha información en la actualidad, dada la precisión y validez del procedimiento ahí utilizado. Los datos obtenidos a partir de imágenes de satélite para los años 1969 a 1971 por Mendoza y colaboradores de porcentajes de días despejados y semicubiertos fueron aprovechados por Hernández [5] para calcular en forma indirecta la heliofanía relativa. En la ecuación propuesta por Hernández se considera que en los días despejados se tuvo un 100% de horas de insolación, es decir una heliofanía relativa igual a uno; en los días semicubiertos un 50%, lo cual no es absolutamente cierto, ya que en realidad se tiene una amplia variedad de condiciones de nubosidad durante los días semicubiertos o semidespejados, lo que trae como consecuencia una gran incertidumbre en la relación. Hubiera sido preferible seguir el procedimiento de Stanghellini en el que se tienen que determinar tres coeficientes de regresión para las tres condiciones de cielo. Una primera aproximación de este tipo se desarrolló recientemente con datos de superficie reportados por el S.M.N. Hernández [5] utilizó una versión modificada del modelo de Ångström, es decir, una versión no lineal de la correlación entre la heliofanía relativa y la transmitancia atmosférica.

El presente autor desconoce algún trabajo en el que se haya validado dicha correlación, pero si se sabe que una correlación no lineal no asegura una mayor precisión. Se ha demostrado la validez de las relaciones lineales en un sinúmero de trabajos desarrollados en todo el mundo, por lo que se prefiere su uso. Por otra parte, Hernández [5] utilizó en su desarrollo la irradiación global para condiciones de cielo despejado, valor que refleja una gran incertidumbre debido a lo complicado que resulta ser su cálculo, en gran medida porque no siempre se cuenta con la información de parámetros meteorológicos que se requieren. El modelo utilizado por Hernández [5] es el desarrollado por Fritz en 1940 que por ser extremadamente simple no necesariamente refleja las condiciones reales de transmitancia atmosférica. El cálculo de la irradiación solar para condiciones de cielo despejado va más allá de la aplicación de una simple ecuación [13].

Es preferible utilizar la irradiación extraterrestre como valor de normalización, ya que se tienen algunas ventajas sobre todo en cuanto a sencillez de cálculo se refiere. Su cálculo es más sencillo y los procedimientos que se han validado recientemente así lo establecen. Finalmente, es importante mencionar que los datos ahí presentados se refieren a la irradiación global diaria promedio mensual para los años de 1969 a 1971 y no necesariamente el promedio estimado en el largo plazo, ya que de ser así la fuente principal de datos de entrada hubiera tenido que ser para un periodo de al menos de treinta años.

Dentro del proyecto SOLERAS, Tarpley calculó la irradiación global diaria promedio mensual para el periodo que va de Julio de 1982 a Diciembre de 1983 en Estados Unidos, México y algunas partes de Sudamérica. Sus resultados se muestran en mapas con líneas de isorradiación. Se comenta que algunos datos antes de Noviembre de 1982 son erroneos debido a un error de software, así como a valores de brillantez de cielo despejado equivocados.

Galindo, Castro y Valdéz [14,15] han utilizado los datos de irradiación global calculados por Tarpley para trazar nuevamente mapas con isolíneas de irradiación. A pesar de que los coeficientes utilizados en dicho cálculo fueron los obtenidos por Tarpley mediante un experimento realizado durante el verano de 1977 en la zona de las Grandes Planicies de los Estados Unidos, es decir, son valores calculados sin tomar en cuenta las características geográficas propias de México. Se menciona que el error estándar de la estimación con respecto a datos piranométricos de superficie es de 3 a 5%. Lo cierto es que estos valores se obtuvieron únicamente para el año de 1984, y sólo fué posible obtener estos margenes de error después de aplicar una ecuación de regresión de corrección obtenida a partir de datos de 1982 a 1983. Es decir, esto equivaldría a obtener los coeficientes de regresión en el modelo de Tarpley para la Ciudad de México (CU UNAM), por lo que los márgenes de error no son aplicables a todo el territorio nacional. Además se desconoce si se aplicó algún tipo de corrección para todos los datos, y no sería válido aplicar una sola ecuación ya que se obtuvieron diferentes coeficientes de regresión para cada una de las localidades. Los errores obtenidos por Galindo para el periodo de Julio de 1982 a Diciembre de 1983 se puede apreciar que pueden llegar a ser hasta del 40%. Raphael y Hay demostraron que es necesaria una revisión de los coeficientes de regresión en el modelo de Tarpley, lo que refleja que no es posible su aplicación generalizada tanto espacial como temporalmente.



Piranómetro de banda rotatoria para medir radiación directa, difusa y global.

Nuevamente se tiene que los datos presentados en [14,15] son para los años de 1982 a 1984 y no los correspondientes al largo plazo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la mayoría de los casos en que se realizan actividades de medición de radiación solar, no se siguen las recomendaciones de la Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación (CIMO) y de la Comisión de Ciencias Atmosféricas (CAS) pertenecientes a la O.M.M., y que se refieren a las técnicas de medición, calibración y control de la calidad de los datos. De ahí que la utilidad de los datos actualmente disponibles es difícil de establecer ya que es necesario, en la mayoría de los casos, rehabilitar datos pasados. Es necesario entonces, realizar una campaña de capacitación y divulgación de las normas de medición de la OMM, para ello es muy encomiable la realización de cursos y talleres. Quzá un buen principio sea la traducción y posterior publicación de las normas en nuestro idioma.

Son comunes las interpretaciones y comparaciones erróneas, por lo que será de gran utilidad la elaboración y publicación de definiciones, terminología y nomenclatura que se usa en el área de la radiación solar. Desde luego que esto debe realizarse siempre siguiendo los lineamientos que marcan los organismos internacionales.

En todos los casos, se debe de trabajar siempre con ética profesional y no ser deshonestos al ofrecer al usuario de la información falsas expectativas. Se debe ser claro en los alcances de la información que se está ofreciendo.

En el mapa correspondiente al promedio anual de la ref. [11], se observa que las regiones de mayor radiación en la República son las de Sonora y Chihuahua y el oriente de Baja California. Se considera que estas zonas, son las más apropiadas para la instalación de sistemas que requieren de una alta incidencia de radiación solar. Existen otras dos regiones bien definidas con más de 19 MJm^{-2} en el año: una que abarca Durango, Zacatecas, Aguascalientes, la mayor parte de Puebla, Guerrero y Oaxaca. Además se aprecia que más de la mitad del país recibe 17 MJm^{-2} diario promedio anual, lo que significa que en México el uso de la energía solar representa una fuente importante de energéticos.

A pesar de la buena disponibilidad de radiación solar que existe en nuestro país, las intensidades específicas disponibles y sus características varían significativamente de una localidad a otra. Debido a que la radiación solar es ampliamente variable ya que está relacionada con el clima que cambia a través del día y la temporada, es muy importante documentar las distrubuciones temporales y espaciales. Es muy importante también documentar los cambios espectrales para aquellos sistemas conversores de energía solar espectralmente selectivos como es el caso de las fotoceldas.

El costo y la confiabilidad para la producción de energía, son los factores más importantes para los diversos sectores al considerar el uso de tecnologías solares. La incertidumbre en el recurso solar resulta en incertidumbre para la cantidad y costo de producción de energía, de ahí la importancia de conocer muy bien el comportamiento de la radiación solar en algún área en particular. Es decir, se necesita información de la radiación solar para la toma de decisiones que determinarán el costo y confiabilidad de un sistema de conversión de energía.

Las preguntas básicas que deben ser contestadas para resolver los problemas para la utilización de datos de radiación solar para aplicaciones de energía solar son:

¿ Quienes son los usuarios finales y que parámetros meteorológicos se deben medir para ellos?

¿ Cual debe ser la calidad de los datos (exactitud, precisión, frecuencia de las mediciones) ?

¿ Cual debe ser la distribución geográfica y el formato de presentación para satisfacer las necesidades del usuario?

¿ Que alternativas de medición existen?

¿ Que datos están disponibles y pueden estos datos ser convertidos a un conjunto de datos de calidad?

Si bien es cierto que la mejor alternativa, en cuanto a calidad se refiere, es la medición directa de la radiación solar, la operación continua y rutinaria de una red de monitoreo para satisfacer todas y cada una de las necesidades de datos de radiación solar, además de que resulta prácticamente incosteable, aún no está del todo justificada ya que existen varios factores que no permiten establecer claramente tales demandas de más y mejores datos.

a) Desde el punto de vista de la ingeniería, las tecnologías de conversión de la energía solar están en proceso de desarrollo y no se puede establecer con precisión las necesidades de datos de radiación solar.

b) Las cantidades climatológicas varían por varios órdenes de magnitud por lo que es difícil justificar proyectos de medición que involucren muy altas precisiones.

c) La utilidad de los datos actualmente disponibles es difícil de establecer ya que es necesario rehabilitar datos pasados (p. ej. mediciones de la C.F.E.) y no se cuenta con una estadística descriptiva útil de las cantidades masivas de datos climatológicos.

d) Como consecuencia de las anteriores no se puede realizar un análisis costo beneficio de las diferentes alternativas para mejorar la calidad y ampliar la cobertura espacial de las redes de monitoreo.

De ahí que ha sido preferible y conveniente hacer uso de los modelos de simulación para satisfacer las necesidades de información solarimétrica en el corto plazo. Más aún, la cobertura espacial que ofrecen los modelos de simulación que utilizan información enviada por los satélites meteorológicos es imposible que sea al menos igualada por las redes de monitoreo de la superficie terrestre. Esto no debe confundirse con un rechazo a la medición directa, ya que debe recordarse que toda simulación requiere de verificación antes de aceptarse como válida.

Para mejorar el conocimiento del comportamiento de la radiación solar en nuestro país, se hace necesario realizar estudios en las siguientes áreas:

- *La preparación y presentación en formato electrónico (p. ej. diskette) de las bases de datos climatológicos locales para ser usadas directamente por ingenieros.*

- *Instalación de estaciones de medición de radiación solar de alta precisión en sus tres componentes (global, directa y difusa), con instrumentos de alta calidad de tipo experimental y no para uso rutinario. Se deberán incluir diferentes horientaciones e inclinaciones. Se recomienda el uso de un sólo instrumento (de desarrollo reciente) que mide las tres componentes lo que reduce considerablemente los costos de operación y mantenimiento.*

- *Validación estadística, y en su caso, la modificación de algoritmos de procesamiento de la radiación solar y de modelos para calcular la radiación solar en sus tres componentes sobre una superficie horizontal, aprovechando la información enviada por satélites meteorológicos.*

- *Validación estadística de modelos para calcular los componentes directo y difuso a partir de la radiación global, tomando en cuenta tres escalas de tiempo: a) instántaneos u horarios, b) diarios y c) diarios promedio mensual.*

- *Validación estadística de modelos para calcular los componentes directo, difuso y global sobre superficies o planos inclinados y verticales con diferentes orientaciones a partir de información de radiación solar sobre una superficie horizontal.*

Registrador de horas de insolación de diseño novedoso.

Una meta importante de la solarimetría nacional es la recuperación y validación de la información heliográfica y actinográfica, solarimétrica en general, que existe en las diferentes redes de observación. Esta tarea puede ser emprendida por los servicios con el apoyo de las instituciones de investigación a fin de llevar a cabo dicho proceso en todas sus etapas, desde la identificación de las constantes originales, la calibración de los sensores, la detección de errores aleatorios y sistemáticos, hasta el proceso de edición y análisis estadístico y climatológico.

Es importante que las investigaciones fundamentales para el estudio y análisis del comportamiento de la radiación solar por si misma, se hagan también contemplando las consecuencias sociales y económicas de esta variabilidad a fin de establecer si es necesario aplicar un mayor esfuerzo en la caracterización de la radiación solar.

Además de los requerimientos de tipo instrumental y operacional, son necesarios también recursos humanos de todos los niveles, pero necesariamente de alta calidad; por lo que se hace necesario impulsar las especialidades meteorológicas en el nivel medio y superior, así como recomendar una mayor atención a los parámetros y fenómenos radiacionales en la preparación de técnicos y profesionales relacionados con las ciencias ambientales, oceanográficas y atmosféricas. Sin los recursos humanos adecuados no será posible alcanzar las metas que se plantean a la solarimetría nacional.

Es importante la creación de un organismo nacional en el que se concentre la información medida en todo el país. Este organismo deberá certificar la operación de estaciones de medición de radiación solar y dar seguimiento a las prácticas de calibración y mantenimiento. Este organismo puede ser el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, o bien el Instituto de Geofísica de la UNAM.

Como se puede apreciar, falta aún mucho por hacer para satisfacer los requerimientos de los múltiples usuarios de información de radiación solar, y se podrán satisfacer en el corto plazo en la medida que los diferentes grupos trabajen en forma conjunta y coordinada para cumplir un mismo objetivo.

Finalmente, es deseable que los comentarios y reflexiones aquí expresados, junto con la experiencia acumulada por los diferentes grupos e instituciones, sirvan de base para que en un futuro cercano sea posible proveer de datos de radiación solar de alta calidad y con la suficiente resolución en tiempo y espacio para los múltiples usuarios de dicha información.

REFERENCIAS

1. *Almanza R. y López S. Radiación solar en la República Mexicana mediante datos de insolación. México, D.F. Instituto de Ingeniería, UNAM. Informe serie azul No. 357. 1975. 20 pp.*

2. *Galindo I. y Chávez A. Estudio del clima solar en la República Mexicana. México, D.F. Instituto de Geofísica, UNAM. 1977.*

3. *Jáuregui E. La radiación global en México. Revista recursos hidráulicos (SARH). VII (2):95-106 (1978).*

4. *Estrada-Cajigal V. Distribución espacial de la radiación solar total en Tamaulipas. Memorias del VII congreso de la Asociación Nacional de Energía Solar. Cd. Madero, Tamaulipas. Octubre 1984.*

5. *Hernández E. La distribución de la radiación global en México evaluada mediante la fotointerpretación de la nubosidad observada por satélites meteorológicos. México, D.F. Centro de Investigación de Materiales, UNAM. 1976.*

6. *Ortíz C. A. Elementos de Agrometeorología Cuantitativa, con aplicaciones en la República Mexicana. Chapingo, Edo. de México, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, 1987. 327 pp.*

7. *García J. Una estimación de la radiación solar global para el estado de Veracruz a partir de días nublados, medio nublados y despejados. Tesis de Licenciatura. Xalapa, Veracruz, Facultad de Física, Universidad Veracruzana, 1988.*

8. *García R. y García J. Estimación, distribución y análisis comparativo preliminar de los recursos solar y eólico en el estado de Baja California, Mexico. Memorias del XIV congreso de la Asociación Nacional de Energía Solar. La Paz, B.C.S., Octubre 1990. pp. 296-299.*

9. *Tejeda A. Calidad de la radiación solar en México. Tesis de licenciatura. Xalapa, Veracruz., Facultad de Física, Universidad Veracruzana, 1983.*

10. *Hernández E., Tejeda A., Reyes S., Mayer E. y Gómez G. Atlas solar de México. Facultad de Arquitectura, Universidad de Colima. 1988. 200 pp.*

11. *Almanza R., Estrada-Cajigal V. y Barrientos J. Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana. México, D.F. Instituto de Ingeniería, UNAM. Informe Interno, proyecto 0112. Agosto 1990. 35 pp.*

12. *Fernández J.L. y Estrada-Cajigal V. Cálculo de la radiación solar instantánea en la República Mexicana. México, D.F. Instituto de Ingeniería, UNAM. Informe serie azul No. 472. 1983. 58 pp.*

13. *Estrada-Cajigal V. Análisis crítico de procedimientos para estimar la radiación solar. Tesis de licenciatura. México, D.F. Facultad de Ingeniería, UNAM. Febrero 1985.*

14. *Galindo I., Castro S. y Váldez M. Satellite derived solar irradiance over México. Atmósfera. 4:189-201(1991).*

15. *Galindo I. y Valdés M. -México- Atlas de Radiación Solar. Programa Universitario de Energía. UNAM. 1992.*

16. *Galindo I. Utilización en climatología solar de insolación derivada de satélites meteorológicos. Revista Geofísica. 26:53-74(1987)67.*

17. *Raphael C. y Hay J.E. An assessment of models which use satellite data to estimate solar irradiance at the Earth's surface. J. Climatol. Appl. Met. 23:832-844(1984)*

SECADOR SOLAR PARA FRUTOS

Por: Patricia A. Santiago García *
Pedro Benito Bautista *

INTRODUCCION.

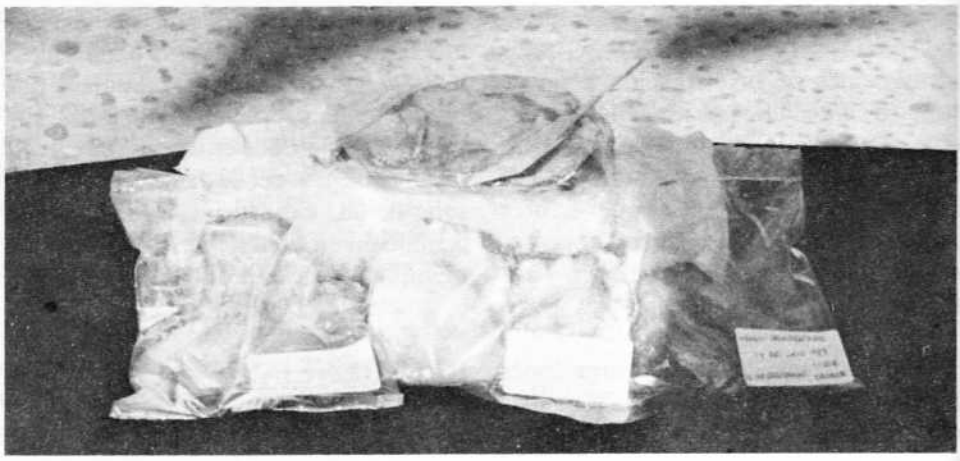
Obtener alimentos suficientes ha sido siempre una prioridad para el hombre, de tal manera que en lugares en donde la producción agropecuaria es de temporal y con características perecederas la atención se centra en la conservación de los alimentos.

Uno de los métodos de conservación más antiguos y económicos es el secado.

Para bajar el contenido de humedad de un alimento a través del secado se requiere energía, esta puede ser por gas natural o electricidad entre otras; sin embargo por el constante aumento en el costo de estos energéticos se han desarrollado actividades de Investigación y Desarrollo Tecnológico con la finalidad de utilizar fuentes no convencionales de energía, una de ellas es la energía solar, la cuál puede ser utilizada en muchas aplicaciones entre las que destacan: el calentamiento y la destilación de agua, la calefacción, el secado y la refrigeración de alimentos.

El calor del sol ha sido usado desde la antigüedad para secar alimentos como frutas, hortalizas, carnes granos y semillas, sin embargo los productos secados directamente al sol no están protegidos contra repentinos aguaceros, pájaros, roedores, hormigas y otros factores de daño, estas pérdidas han sido cuantificadas por la FAO (1973) y para lugares húmedos y cálidos alcanza valores del 30% lo que indica que el método es insuficiente.

* CIIDIR-Oaxaca.



Vista de mango deshidratado.

En México, en diversos lugares del país se sigue secando a cielo abierto con las consecuentes pérdidas y el Estado de Oaxaca no es la excepción; la entidad Oaxaqueña se encuentra ubicada dentro del cinturón de máxima insolación con un promedio anual de 19.2 M joules/m^2 (Almaraz 1990) el cual representa un potencial energético importante en las regiones que constituyen el Estado, pero sobre todo en regiones como la Costa, Istmo y Tuxtepec en donde la irradiación global solar es anualmente de 20.8 M joules/m^2, lo que hace posible aprovechar su energía para el desarrollo y adecuación de tecnologías en el secado de alimentos.

El Estado de Oaxaca presenta una producción frutícola importante entre los que destaca la producción de mango (Mangifera indica), piña (Ananas comosus), plátano (Musa spp.) entre otros; y otros con menor producción como la manzana (Pyrus malus), durazno (Prunus persica) y el tejocóte (Crataegus pubences) los cuales presentan serios problemas de comercialización por situaciones conocidas como la orografía del Estado, la falta de transporte, la alta perecibilidad del producto, etc., lo que origina grandes pérdidas económicas. Aunado a esto la entidad Oaxaqueña tiene un 70% de zonas rurales muchas de ellas carentes de energía eléctrica, suministro de combustible y servicios lo que origina que se mantengan al margen del desarrollo.

Una alternativa del secado al sol es la construcción de Secadores solares que son dispositivos que concentran los rayos del sol, con control de temperatura y regulación de flujos de aire lo que permite que conjuntamente mejore la calidad de los productos secados al sol e incremente la eficiencia del proceso.

CUADRO 1
CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DE LOS VALLES CENTRALES

RADIACION SOLAR	450 Cal/cm^2 día
VELOCIDAD DEL AIRE	1.2 m/seg.
TEMPERATURA BULBO SECO	26 °C
TEMPERATURA BULBO HUMEDO	19 °C
HUMEDAD RELATIVA	60 %

*Promedio durante los meses de Marzo - Junio.

ESTUDIOS REALIZADOS

Se evaluaron las condiciones climatológicas de la región de los Valles Centrales del Estado de Oaxaca (Cuadro 1) y con objeto de dar una alternativa económica y factible se diseñó y construyó en el CIIDIR-IPN-U. OAXACA un prototipo de secador solar considerando la disponibilidad de materiales y herramientas para su construcción en las comunidades de esa región.

DESCRIPCION DEL SECADOR

El secador consiste en una estructura de carrizo con dimensiones de 2x1x1 que soporta una trama del mismo material el cuál tiene una película de polietileno de color negro como superficie adsorbente y otra película transparente como cubierta alcanza a captar de 3500 a 4000 Cal/cm^2 día. Este calor pasa a la cámara de secado cuyas dimensiones son de 0.30 m. de altura y 2.0 m. de largo, con un ángulo de inclinación de 19° y en cuyo interior están arregladas 4 charolas de estructura de alambrón y malla de mosquitero de 1 x 0.42 m.; con una capacidad de 12 Kg. de fruto fresco.

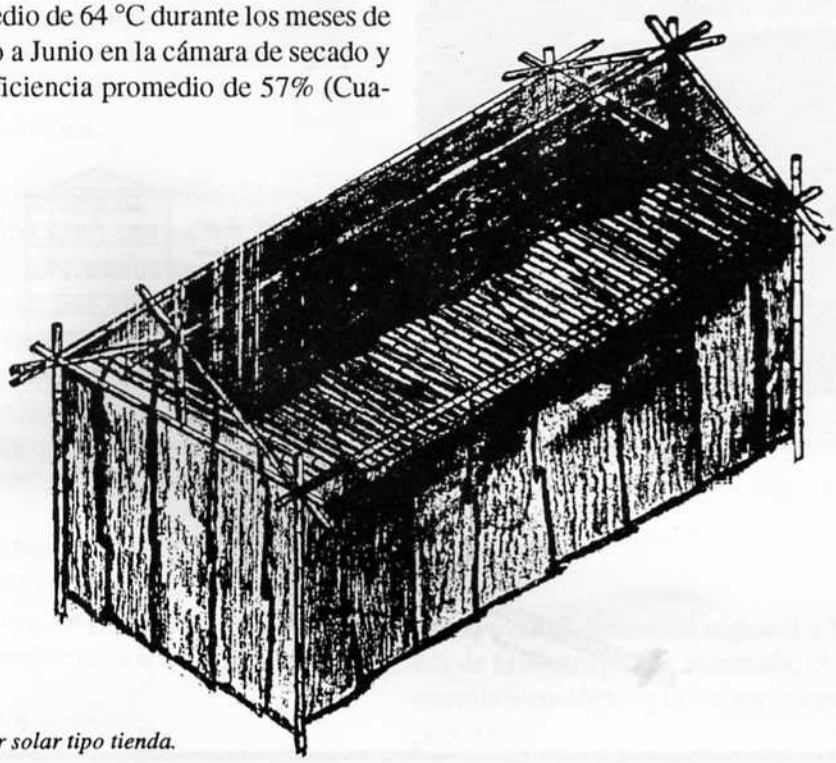
Este prototipo alcanzó temperaturas promedio de 64 °C durante los meses de Marzo a Junio en la cámara de secado y una eficiencia promedio de 57% (Cuadro 2) la cual es igual comparativamente a otros diseños. Para hacer más eficiente la captación de calor, el secador solar tiene piedras de río pintadas de color negro mate las cuales funcionan como colector acumulador con lo que la cámara guarda temperaturas de 34 - 40 °C por 2 horas más después de que el sol comienza a ocultarse.

SECADO

El secado reduce el contenido de humedad en los materiales hasta alcanzar niveles inferiores a los que utilizan los microorganismos para crecer (hongos 18% y levaduras 25 - 30%).

Para el secado de frutos se requiere partir de frutos maduros, de buena calidad e involucra algunas operaciones previas como la selección de los frutos, el lavado, el mondado y con el propósito de disminuir los daños que se dan durante el secado adicionalmente requiere la aplicación de antioxidantes o de un escalde previo para prevenir cambios indeseables en la calidad del producto.

Otro factor que hay que considerar es que la temperatura en el secador no exceda de 55 °C - 60 °C. Para la evaluación de este prototipo y considerando la producción de los frutos regionales se han deshidratado en éste algunos frutos (Cuadro 3).



Secador solar tipo tienda.

CUADRO 2
PERFIL TERMICO DE UN SECADOR SOLAR TIPO TIENDA FABRICADO CON CARRIZO Y POLIETILENO.

Meses	Temperatura °C	Energía captada Cal/día	Eficiencia
Marzo	70	3874	61
Abril	68	3668	59
Mayo	67	3600	59
Junio	58	3364	55

PROCEDIMIENTO

Para evaluar el secador se utilizaron Piña y Mango Oro con un contenido de humedad de 83.3 y 80.44% los cuales tuvieron tiempos de secado de 14 y 10 horas de sol respectivamente y humedades residuales de 15%. Para la evaluación sensorial de las frutas deshidratadas se consideraron características como el color, olor, sabor y textura calificándolas como sobresalientes de acuerdo a 5 puntos de calificación de agrado-desagrado del producto en la escala hedónica.

CUADRO 3
PRETRATAMIENTOS EN ALGUNOS FRUTOS REGIONALES

Fruto	Presentación	Pretratamiento
Mango	Rebanadas de 1.5 de espesor	Acido cítrico 15 g/l en solución 30 min.
Piña	Rebanadas de 2 cm. de espesor sin centro	No requiere
Manzana criolla	Rebanadas de 1.0 cm. de espesor sin centro	Bisulfito de sodio 6 g/l en solución 30 min.
Plátano macho.	Rebanadas longitudinal de 1.0 cm. de espesor	Bisulfito de sodio 10 g/l en solución 40 min.

Capacitación a productores en la deshidratación solar de mango.

ENVASADO

Los frutos deshidratados se pueden envasar en bolsas de polietileno, celofán y frascos de vidrio entre otros.

ALMACENAMIENTO

Para asegurar la estabilidad de los productos deshidratados es necesario almacenarlos en lugares fríos con baja humedad relativa en el medio ambiente.

CONCLUSIONES

1.- Los frutos deshidratados tienen las siguientes ventajas para la comercialización: Reducen su peso a una 1/6 ó 1/7 parte; requieren menor empaque menor espacio de almacenamiento y tienen menor costo de transportación.

2.- El prototipo resultó muy económico funcional y fácil de construir, adecuado y viable para las comunidades rurales en donde las condiciones ambientales tengan humedades relativas de 40 - 60% con un promedio de 8 horas de sol al día y temperaturas mínimas de 19 °C.

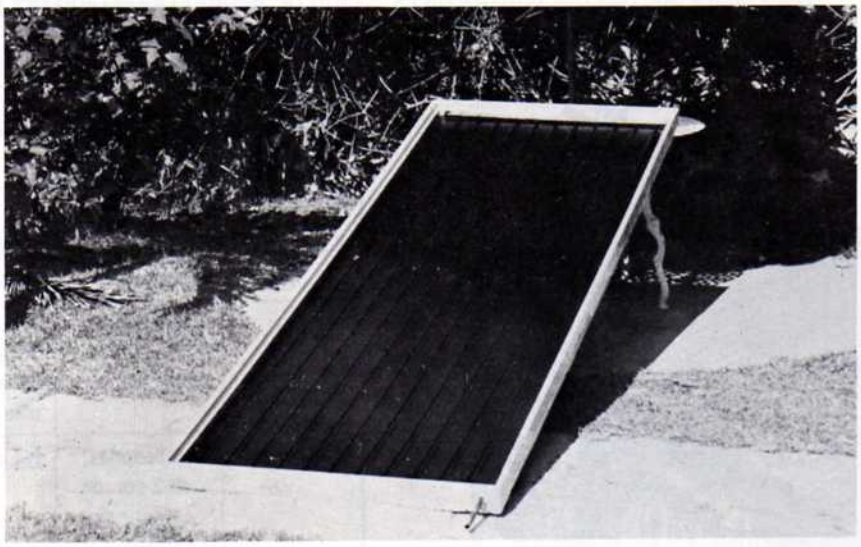
3.- En el estudio se obtuvieron productos deshidratados de piña y mango a las 14 y 10 horas de su exposición al sol, su evaluación sensorial fue satisfactoria.

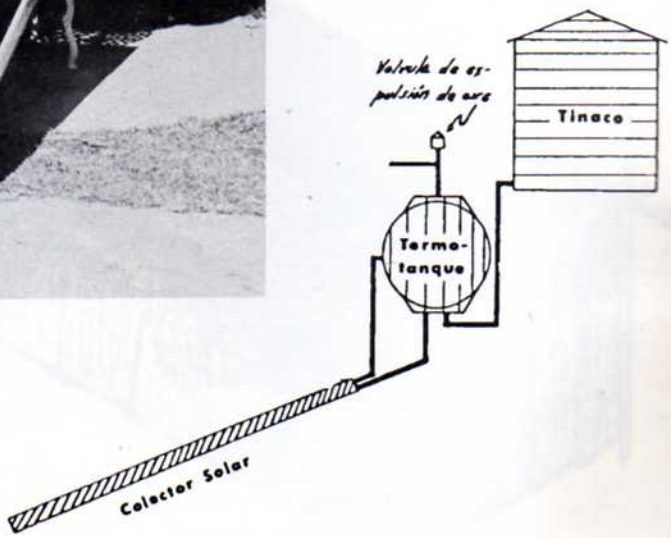
Privada de Chiapas Nº 105
62050 Cuernavaca, Mor.
Tel. (91-73) 14-30-42
Fax. (91-73) 18-82-40

ASHMOR

Hda. de Lira Nº 324
78180 Queretaro, Qro.
Tel. (91-42) 15-23-27
Fax. (91-42) 15-23-27

COLECTORES SOLARES Y TERMOTANQUES





CIIDIR IPN, Oaxaca. Sede de XVI Reunión de Energía Solar

Por: Magdaleno Caballero *

Antecedentes

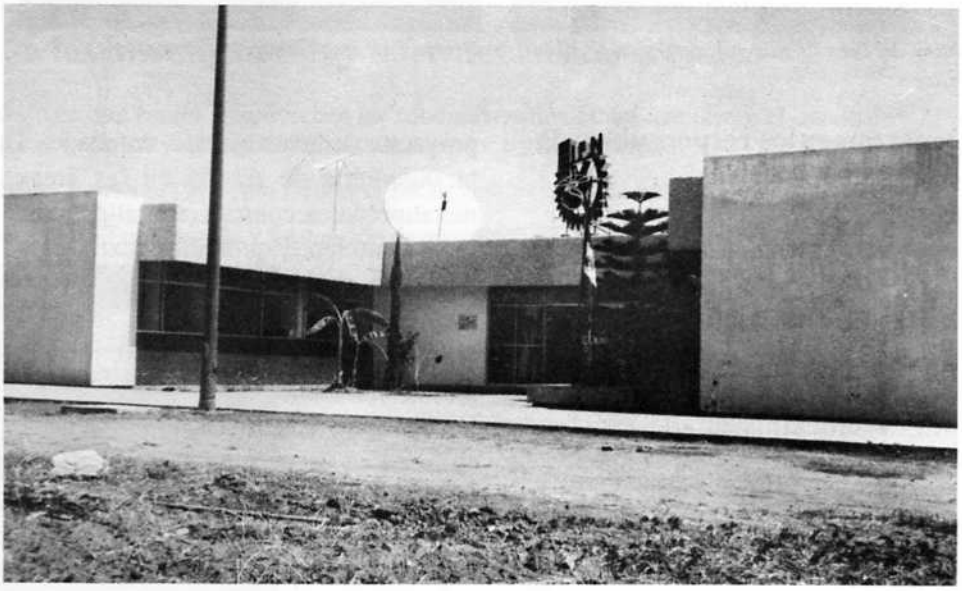
El Instituto Politécnico Nacional como institución educativa del Estado surge a la vida nacional en 1936, para coadyuvar al desarrollo del país a través de la educación, la investigación, el desarrollo tecnológico y la difusión de la cultura.

Como parte de su política de desconcentración crea el 15 de noviembre de 1983 el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, en Convenio de Cooperación Científica con el Gobierno del Estado de Oaxaca.

El Estado de Oaxaca cuenta con casi todos los tipos de climas; su orografía tiene una amplia variación desde cero hasta 3,200 metros sobre el nivel del mar. La población total asciende a 2'800,000 personas, de las cuales el 68% es rural y 32% urbana. Existen 17 grupos étnicos que representan el 50% de la población total.

La extensión territorial del Estado es de 95,364 Km^2; con un litoral formado por 509 km; cuenta con 8,462 km de carreteras; 648 km de vías férreas; un puerto de altura en Salina Cruz y cinco de cabotaje; un aeropuerto internacional, dos aeropuertos de mediano alcance, tres de corto alcance y cien aeródromos.

La ubicación geográfica del Estado se considera estratégica por la existencia de la región denominada Istmo de Tehuantepec la cual es la parte más angosta de la República Mexicana. En esta zona se ha establecido el transporte Multimodal Transístico, cuya finalidad es facilitar el tránsito interoceánico de mercancías por medio de contenedores.



Oaxaca presenta una situación contradictoria: existe un amplio potencial de recursos naturales y una ubicación estratégica y sin embargo es uno de los estados con los mayores índices de marginación y desnutrición.

El CIIDIR-IPN-OAXACA basa su acción en la vinculación de la investigación, el desarrollo tecnológico y los estudios de postgrado con la problemática regional, fundamentalmente la rural, y busca su participación directa y precisa en los planes federales, estatales y municipales de desarrollo.

Objetivo

Coadyuvar al desarrollo regional a través de la investigación orientada, el desarrollo tecnológico y la docencia a nivel postgrado.

Funciones

a) Realizar investigación orientada a la optimización del manejo y conservación de los recursos naturales, proponiendo soluciones a problemas regionales.
b) Desarrollar investigación en el área de biotecnología para el aprovechamiento integral de los recursos bióticos.
c) Rescatar tecnologías tradicionales, promover el uso de tecnologías apropiadas a la región e impulsar el desarrollo tecnológico para aumentar la productividad y generar empleos en el Estado.
d) Establecer cursos de especialización y maestría para formar recursos humanos de alto nivel académico.
e) Establecer intercambio científico-tecnológico con instituciones y organismos estatales, nacionales e internacionales.
f) Promover y apoyar acciones orientadas a la industrialización y al desarrollo integral regional.

* CIIDIR-Oaxaca.

Taller de Tecnologias Adecuadas del CIIDIR, Oaxaca.

Centro Cultural Científico y Tecnológico.

Prototipo de maquinaria lavadora de lana en funcionamiento en Nochixtlán, Oaxaca.

Departamentos responsables de Investigación

Ingeniería y Tecnologías Adecuadas.

La necesidad de crecimiento económico a nivel estatal y la preocupación cada día mayor sobre el mejoramiento de la calidad de vida de la mayoría de la población y principalmente de las comunidades marginadas, han generado en el CIIDIR-IPN-OAXACA, en congruencia con sus objetivos, líneas de investigación orientadas a la participación en el crecimiento, creación y establecimiento del desarrollo industrial integral que garantice una calidad de producción competitiva y genere empleos y satisfactores básicos a través del incremento y optimización de la producción.

El Departamento de Ingeniería y Tecnologías Adecuadas a través de la adecuación e innovación tecnológica como principal objetivo, orienta sus líneas de investigación con programas definidos a proyectos de investigación, enfocados a la ingeniería de diseño en las áreas metalmecánica, construcción, alimentos, medio ambiente, química y textil, produciendo prototipos económicamente factibles para la región utilizando materiales locales y promoviendo el autoequipamiento y la autoconstrucción. Dichas áreas ven materializados sus resultados en los proyectos de desarrollo integral donde se aplican las tecnologías adecuadas a las comunidades, involucrando la localización, rescate tradicional, la explotación mesurada de recursos naturales, las características socioeconómicas y la organización política.

Recursos Naturales

En el Estado de Oaxaca la degradación del ambiente avanza a un ritmo acelerado, debido al uso de métodos inapropiados de explotación de los recursos naturales, provocando erosión, desecación de mantos acuíferos, extinción de especies, baja productividad en el campo, etc., lo anterior aunado a crecimiento de la población da como resultado un incremento en la demanda de aprovechamiento de los recursos naturales.

Ante esta problemática, el Departamento de Recursos Naturales tiene el objetivo de "Realizar investigación que permita identificar, cuantificar y presentar alternativas para optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales". En este departamento se han establecido como líneas de investigación el inventario y la evaluación de los recursos naturales tanto florísticos como faunísticos, estudios de ecología y biogeografía de los recursos bióticos, cultivo, desarrollo tecnológico y explotación de la producción agrícola y de los recursos acuáticos; para obtener el desarrollo de estas líneas de investigación se tienen en operación tres programas que inciden en el aprovechamiento y conservación de los recursos faunísticos, florísticos y agronómicos del Estado de Oaxaca.

Estanque piscicola experimental en una comunidad de la mixteca oaxaqueña.

Huerto ferrológico del campo experimental del CIIDIR.

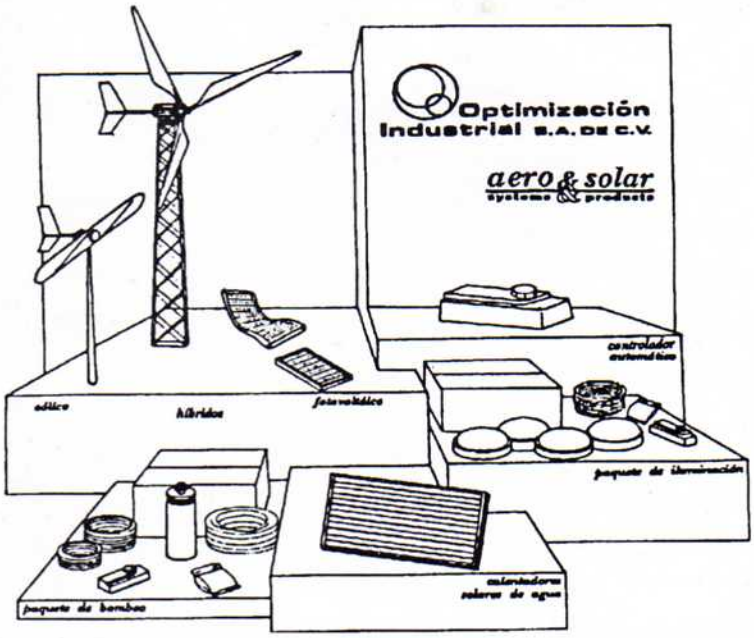
Prototipo de trilladora de tipo estacionario.

Optimización
Industrial S.A. de C.V.

Don Juan Manuel No.14
Col. San José Insurgentes
México D.F. 03900

Tel 593 24 67 Tel/Fax 660 59 25

Productos, Ingeniería y Proyectos



División: Fuentes No Convencionales de Energía

Fabricante y distribuidor de productos:

- Aerogeneradores
  de 400 watts a 400 Kwatts, modelos terrestres y marinos,
  corriente directa (C.D.) y corriente alterna.
- Módulos Fotovoltáicos
  de 5 a 64 watts de silicio semicristalino y amorfo modelos rígidos y flexibles.
- Calentadores solares
  Colectores planos de 1.92m^2 y 2.5m^2, cubiertos y desnudos.
- Paquetes de bombeo
  en C.D. de 12-24 volts, con bombas sumergibles.
- Paquetes de iluminación
  en C.D. 12 y 24 volts, para interiores y exteriores.
- Periféricos
  luminarias para interiores y exteriores
  C.D. 5,7,9 y 13 watts
  controladores 12 y 24 volts
  balastras 5,7,9,13 y 20 watts, etc.

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

El Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
CIIDIR-IPN-OAXACA

invita

a los investigadores y docentes en año sabático

para que realicen su programa de trabajo en este centro y aprovechen las condiciones favorables que ofrece el estado de Oaxaca en cuanto a clima, comunicaciones e infraestructura de educación superior e investigación.

Se requieren profesores investigadores para fortalecer las siguientes areas de trabajo:

Tecnologia de alimentos • Diseño mecánico • Formulación y evaluación de proyectos • Informática • Recursos naturales

El CIIDIR-Oaxaca ofrece:

Posibilidad de apoyo económico.

Tramitar beca de año sabático ante Conacyt.

Participación en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico con financiamiento de instituciones nacionales e internacionales.

Mayores informes:
Ing. Magdaleno Caballero Caballero
Subdirector de desarrollo tecnológico
y apoyo académico.
Tel. 91 951 6-66-10 (Fax) y 91 951 4-24-46
o escribir al CIDIIR-IPN-OAXACA,
Apto. Postal 674, Oaxaca, Oax.

Equipos y Sistemas de Captación Solar

• Calentadores Solares ITE

PARA AGUA DE ALBERCAS, USO DOMESTICO, INDUSTRIAL Y RURAL

ABSORBEDORES SOLARES 100% DE COBRE

PRONOSTICOS DE TEMPERATURA POR COMPUTADORA

SUPERFICIE SELECTIVA DE CROMO NEGRO

• Plantas Solares de Energía Eléctrica

PARA ILUMINACION, BOMBEO DE AGUA Y CUALQUIER APARATO ELECTRICO

• **CUBIERTAS TERMICAS FLOTANTES, Filtros, Bombas y Accesorios para alberca.**

EQUIPOS E INSTALACIONES GARANTIZADOS

INSTALACIONES TECNICAS ESPECIALIZADAS, S.A.

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

Tels. 260-0573, 260-5284, 260-2799 Fax 260-2685