

Manuales sobre
energía renovable

SOLAR TÉRMICA



HIDRÁULICA A PEQUEÑA ESCALA • SOLAR FOTOVOLTAICA • EÓLICA • SOLAR TÉRMICA • BIOMASA



FOCER Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central

621.47
M2946m

Manuales sobre energía renovable: Solar Térmica/
Biomass Users Network (BUN-CA). -1 ed. -
San José, C.R. : Biomass Users Network
(BUN-CA), 2002.
42 p. il. ; 28x22 cm.

ISBN: 9968-904-01-5

1. Energía Solar. 2. Recursos Energéticos -
América Central. 3. Conservación de la Energía.
4. Desarrollo Sostenible. I. Título.

Hecho el depósito de Ley. Reservados todos los derechos.

©Copyright 2002, BUN-CA, Setiembre del 2002

1ª edición
San José, Costa Rica

Este Manual puede ser utilizado para propósitos no-comerciales con el debido reconocimiento al autor.

Esta publicación ha sido posible gracias a la asistencia financiera del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) e implementando por el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en el marco del Programa Operacional #6 del Área Temática de Cambio Climático del GEF. Las opiniones expresadas en este documento son del autor y no necesariamente reflejan el parecer del Fondo para el Medio Ambiente Mundial o del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

SOLAR TÉRMICA

Manual sobre energía renovable

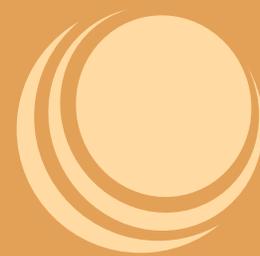
Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central



Energía solar térmica en América Central Tabla de contenido

Tabla de Simbología	2
1. Introducción	3
2. ¿Qué es la energía solar?	4
3. Funcionamiento de la energía solar térmica	6
4. Calentamiento de agua	7
4.1 Calentamiento de piscinas	10
4.2 Sistemas para uso doméstico	13
4.3 Sistema solar para hoteles	14
5. Otras aplicaciones	14
5.1 Secadores solares	14
5.2 Cocinas solares	17
5.3 Aplicaciones industriales y generación de electricidad	18
6. Costos de inversión, operación y mantenimiento	20
7. Aspectos ambientales	21
8. Ventajas y desventajas	22
9. Experiencias en América Central	24
9.1 Programa de colectores solares	25
9.2 Sistemas producidos y diseminados	25
9.3 Potencial técnico y económico	26
9.4 Principales barreras	26
9.5 Futuro de la energía solar en América Central	26
Anexos	27
Anexo 1. Publicaciones y sitios web recomendados	28
Anexo 2. Suplidores de equipos y ONGs en América Central	31
Anexo 3. Conceptos básicos de energía	34
Anexo 4. Algunos aspectos técnicos de la energía solar térmica	40

Tabla de simbología



A	Amperio	kWH	Kilovatio hora
AC	Corriente alterna	kWH/m ²	Kilovatio hora por metro cuadrado
Ah	Amperio-hora	LPG	Gas de petróleo líquido
B/N	Blanco y negro	lts	Litros
Btu	Unidad térmica Británica (1 Btu = 1055.06 J)	M	Mega (10 ⁶)
BUN-CA	Biomass Users Network Centroamérica	m ²	Metro cuadrado
CO	Monóxido de Carbono	m ³	Metros cúbicos
CO ₂	Dióxido de Carbono	mm	Milímetros
DC	Corriente Directa	m/sg	Metros por segundo
EPDM	Ethylene Propoylene Diene Monomer	MW	Mega vatios
G	Giga (10 ⁹)	°C	Grados Centígrados
GEF/FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	ONG	Organización No Gubernamental
Gls	Galones	Psig	Libras de presión por pulgada cuadrada
GTZ	Cooperación alemana para el desarrollo	PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
GW	Giga vatio (10 ⁹ vatios)	PV	Fotovoltaico (por sus siglas en inglés)
Gwh	Giga vatios hora	PVC	Cloruro de polivinilo
HC _S	Hidrocarburos	T	Tera (10 ¹²)
HR	Humedad relativa	TcE	Toneladas de carbón equivalente
Hz	Hertz	TM	Tonelada métrica
J	Joule (0,239 caloría ó 9,48 x 10 ⁻⁴ , unidades térmicas británicas, Btu)	US\$	Dólares USA
J/s	Joules por segundo	UV	Ultravioleta
K	Kilo (10 ³)	V	Voltios (el monto de “presión”de electricidad)
Km/sg	Kilómetros por segundo	W	Vatios (la medida de energía eléctrica, Voltios x amperios = vatios)
kW	(1000 vatios) unidad de potencia	Wp	Vatios pico
Kw/m ²	Kilovatios por metro cuadrado	W/m ²	Vatios por metro cuadrado

1. Introducción



Para la región de América Central, las tecnologías de energía renovable a pequeña escala presentan una alternativa económica y ambiental factible para la provisión de energía a comunidades rurales remotas y para la expansión de la capacidad eléctrica instalada, ya sea por medio de sistemas aislados o por proyectos conectados a la red eléctrica. La región cuenta con suficientes recursos para desarrollar sistemas hidráulicos, solares, eólicos y de biomasa, principalmente.

Adicionalmente, estas tecnologías pueden disminuir la contaminación del medio ambiente, causada por las emisiones de gases de los sistemas convencionales, que utilizan combustibles fósiles, como el carbón y productos derivados del petróleo. Estos gases contribuyen al efecto invernadero y al calentamiento global de nuestro planeta.

Sin embargo, existen barreras que dificultan un mayor desarrollo de este tipo de energía: la falta de conocimiento de las tecnologías y las capacidades institucional y técnica aún incipientes.

Con el fin de remover la barrera de información existente, se ha elaborado una serie de manuales técnicos con los aspectos básicos de cada una de tecnologías, como:

- Energía de biomasa.
- Energía eólica.
- Energía solar fotovoltaica.
- Energía solar térmica.
- Energía hidráulica a pequeña escala.

Estas publicaciones han sido elaboradas por la oficina, para Centroamérica, de Biomass Users Network (BUN-CA), en el contexto del proyecto "Fortalecimiento de la capacidad en energía renovable para América Central" (FOCER) y con el apoyo de consultores específicos en cada tema. FOCER es un proyecto ejecutado por BUN-CA, conjuntamente con el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el patrocinio del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF), dentro del área focal de Cambio Climático (Programa Operacional #6).

FOCER tiene como objetivo remover barreras que enfrenta la energía renovable y fortalecer la capacidad para el desarrollo de proyectos de este tipo a pequeña escala, en América Central, con el fin de reducir las emisiones de gases que contribuyen el efecto invernadero. Este proyecto se ejecuta por medio del apoyo técnico y financiero a desarrolladores de proyectos, de la organización de seminarios y talleres de capacitación, y de la asistencia a gobiernos en la implementación de políticas y regulaciones apropiadas para la energía renovable.

El presente manual, entorno a la energía solar térmica, tiene el objetivo de informar al lector sobre esta tecnología en el ámbito centroamericano, así como a darle fuentes adicionales de información.

2. ¿Qué es energía solar?



El sol, fuente de vida y origen de las diversas formas de energía que el ser humano ha utilizado desde el inicio de su historia, puede satisfacer prácticamente todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional su luz.

El sol es una estrella formada por diversos elementos en estado gaseoso, principalmente hidrógeno, en condiciones tales que producen, de forma espontánea e ininterrumpida, un proceso de fusión nuclear, el cual emite luz y calor. Este es el origen de la inagotable energía solar.

Fuerza del Sol

La fuerza del sol que llega a la tierra equivale a 10.000 veces el consumo mundial de energía. Este astro es como una gran estrella corriente, capaz de hacer llegar hasta nosotros grandes cantidades de energía radiante. Se encuentra a una distancia de unos 150 millones de kilómetros de la Tierra y la radiación que emite tarda algo más de ocho minutos en alcanzar nuestro planeta, a una velocidad de 300.000 km/s. Desde el punto de vista cuantitativo se puede decir que sólo la mitad de la radiación solar llega a la superficie de la Tierra. La restante se pierde por reflexión y absorción en la capa de aire.

La forma más usual de medir la fuerza del Sol es en kw/m^2 de área horizontal. En el mapa mundial de radiación solar (www.energie-atlas.ch/sonn-e.htm), se indica la radiación promedio anual en kwh/m^2 . Así muestra que la mayoría de América Central recibe una cantidad de 1.950 kwh/m^2 por año, un valor muy alto si se compara con Europa Central que recibe apenas, 1.100 kwh/m^2 por año.

El aprovechamiento activo se puede regir bajo dos puntos de vista bien diferenciados: la conversión térmica o aprovechamiento del calor contenido en la radiación solar, y la conversión eléctrica o aprovechamiento de la energía luminosa (fotones), para generar directamente energía eléctrica (efecto fotovoltaico). Este manual discute la conversión térmica, mientras que en otro de esta serie se trata el tema de la energía fotovoltaica.

Historia del desarrollo y estado actual de la tecnología

El aprovechamiento térmico del sol era conocido ya por los romanos. Ellos sabían que un cuerpo negro absorbe más el calor que un cuerpo claro, pero fue hasta la gran crisis del petróleo de los años setenta en el siglo pasado, cuando se empezó la difusión masiva de los sistemas solares térmicos.

Durante esta crisis energética, en todo el mundo, nacieron empresas que se dedicaban a la fabricación e instalación de colectores solares, pero por falta de experiencia y conocimientos, la mayoría fracasó. Así en esa época, tales empresas se dieron cuenta de que la energía solar térmica, a primera vista, parece una tecnología primitiva y simple, pero requiere unas especificaciones técnicas apropiadas con respecto al uso de materiales, pues no cualquiera soporta temperaturas máximas que superen los 150°C . En el pasado no se calcularon los problemas de dilatación de los materiales en cambios de temperatura muy bruscos, lo que significaba que se quebraban los vidrios de los colectores. Los problemas de corrosión por el contacto directo de diferentes metales eran otra polémica que provocó que muchas instalaciones solares no lograran el rendimiento esperado, por lo que la vida útil se quedó muy por debajo de lo calculado teóricamente.

¿Qué es energía solar?



Mientras en los países desarrollados hoy los productos han alcanzado una buena calidad, con una vida útil de más de veinte años y con un rendimiento alto; en los países en vías de desarrollo continúa la falta de buenos materiales en el mercado, y el elevado costo de un sistema solar de calidad.

La aplicación de la energía solar térmica que ha tenido mayor uso y divulgación es el calentamiento de agua para uso doméstico. Las primeras patentes de calentadores solares aparecieron en Estados Unidos hacia finales del siglo XIX. En México se han estado utilizando y desarrollando estos sistemas desde la década de los cuarenta y países como Japón, Israel, Chipre, Barbados, Grecia o España han instalado varios miles de unidades. El incremento del precio del petróleo favorece aún más, también en la región de América Central, este uso de la energía solar para hogares, piscinas, hospitales, hoteles y procesos industriales.



3. Funcionamiento de la energía solar térmica



Características

La energía solar presenta dos características especiales muy importantes que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales: dispersión e intermitencia.

a. Dispersión: En condiciones favorables, la densidad de la energía del sol apenas alcanza 1 kw/m^2 , un valor muy por debajo del que se requiere para producir trabajo. Esto significa que, para obtener densidades energéticas elevadas, se necesitan grandes superficies de captación, o sistemas de concentración de los rayos solares.

b. Intermitencia: La energía solar no es continua, lo cual hace necesarios sistemas de almacenamiento.

Aprovechamiento

El aprovechamiento de la energía solar se puede llevar a cabo de dos formas: el aprovechamiento **pasivo y el activo**.

El aprovechamiento pasivo de la energía solar no requiere ningún dispositivo para captarla. Por ejemplo, se usa en la arquitectura para sistemas de calefacción en climas fríos, a través de grandes ventanas orientadas hacia donde el sol emite sus rayos durante la mayor parte del día. Otras aplicaciones comunes son el secado de productos agrícolas y de ropa.

Sin embargo, el uso o aprovechamiento activo ofrece soluciones más interesantes, pues ofrece alternativas para el uso de los recursos naturales que, comparadas con otras fuentes de energía, logran beneficios económicos sin deteriorar tales recursos. Los sistemas activos se basan en la captación de la radiación solar por medio de un elemento denominado “colector”.

El aprovechamiento térmico de la energía solar se divide en tres áreas:

- Aprovechamiento de baja temperatura (menos de 90°C): aplicado para calentamiento de agua y preparación de alimentos.
- Aprovechamiento de mediana temperatura (menos de 300°C): para aplicaciones industriales.
- Aprovechamiento de alta temperatura (hasta 4.000°C): aplicado para la generación de electricidad.

4. Calentamiento del agua

Esta tecnología incluye el calentamiento de agua por debajo de su punto de ebullición. Existen diferentes diseños y aplicaciones, pero el aprovechamiento térmico de los rayos del sol en su funcionamiento principal siempre es igual: un cuerpo negro (colector) recibe los rayos y los convierte en calor. Dicho colector, en la mayoría de los casos, es un cuerpo metálico pintado de negro.

4.1 Calentamiento de piscinas

El calentamiento del agua de las piscinas constituye una de las aplicaciones de la energía solar más lógicas en América Central, por las claras ventajas de economía y sencillez que presenta frente a otros sistemas que utilizan energías convencionales. Dado que los colectores utilizados aquí únicamente deberían ser capaces de mantener una temperatura no mayor de 30°C, lo ideal es usar unos plásticos sin recubrimiento, los cuales son mucho más económicos que aquellos para calentar agua de uso doméstico (ver sección 4.2).

Los fabricantes usan colectores de material plástico negro, los cuales son resistentes a los rayos ultravioleta del sol y a las condiciones climáticas. Los tres materiales más usados son polipropileno, polietileno y un monómero de etileno propileno conocido como EPDM (Ethylene Propylene Diene Monomer). Los colectores plásticos trabajan con una eficiencia muy alta, en un rango de temperaturas entre 20-28°C, ya que las pérdidas de calor son mínimas, debido a las temperaturas bajas de operación.

Calentar piscinas siempre significa un consumo de energía muy alto, por lo que algunos países lo prohibieron mediante fuentes de energía no renovables. Económicamente un sistema solar presenta números muy interesantes en comparación con calentadores a gas o sistemas eléctricos. Su tiempo de amortización siempre queda debajo de tres años, con una vida útil de veinte años y una garantía de diez años sobre los colectores.

Otra de las soluciones más eficientes para reducir las pérdidas caloríficas (sobre todo por las noches) es el uso de un cobertor térmico. Este es una manta plástica que flota sobre el agua y reduce las pérdidas en aproximadamente un 50%.

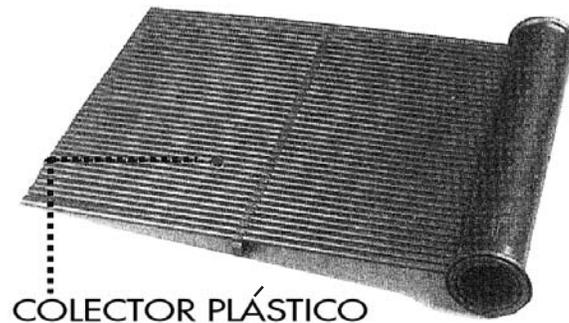


Figura 1. Corte de un colector solar para piscina

Calentamiento del agua



Instalación

Los cambios que se deben realizar para adaptar un sistema solar a un circuito existente de una piscina son sencillos. Solamente hay que instalar una válvula de tres vías y un control termodiferencial después del filtro que permite el paso del agua automáticamente hacia los colectores en caso de que haya sol (Figura 2). Desde éstos el agua retorna, más caliente, por medio de tubos de PVC, a la piscina.

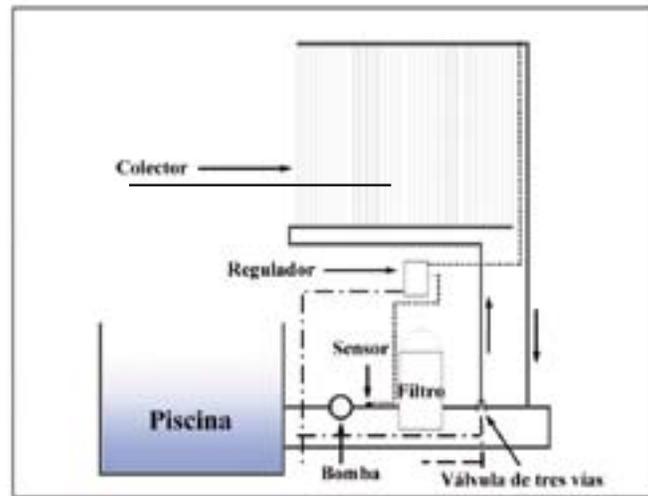


Figura 2. Esquema básico del sistema para calentamiento de piscinas.

Funcionamiento básico de un sistema solar para calentamiento de piscinas

Un reloj de tiempo (timer) enciende diariamente, a la misma hora, la bomba de la piscina y la apaga por la tarde. Apenas el sensor de los colectores mide una temperatura un poco más caliente que la del agua de la piscina, el control termodiferencial da una señal a la válvula de tres vías para abrir el paso del agua hacia los colectores. Desde éstos el agua regresa más caliente hacia la piscina. Si la temperatura del sensor mide igual que la del agua de la piscina (normalmente por la tarde), el control manda otra vez una señal a la válvula de tres vías para cerrar el paso del agua.

Dimensionamiento

Para lugares en América Central con una temperatura promedio de entre 20°C y 22°C (la temperatura del agua de las piscinas está normalmente entre uno y dos grados encima de la del medio ambiente), se requiere un colector entre el 70 y el 100% del área de la piscina (si existe un cobertor térmico, dicha área se puede reducir a un 50%), para aumentar la temperatura del agua en unos cuatro o cinco grados centígrados.

Calentamiento del agua

Según estos datos, el costo inicial de un sistema solar depende del tamaño de la piscina. Cuanto más grande la piscina, más elevado es el costo inicial del sistema solar.

4.2 Sistemas para uso doméstico

Los sistemas solares para uso doméstico son una alternativa a los convencionales para calentamiento de agua: tanques eléctricos, termoduchas o calentadores a gas. Para lograr temperaturas elevadas (entre 40 y 70 grados centígrados), se requiere el empleo de colectores planos que cuenten con un recubrimiento (normalmente de vidrio) que provoque un efecto invernadero dentro de ellos.



Figura 3. Colectores solares para calentamiento de piscinas.

El colector plano tiene cuatro componentes principales. Dentro de un marco de aluminio aislado se encuentra el absorbedor (registro de tubos de cobre, soldados a una lámina delgada de cobre pintado de negro, donde circula el agua), así como un vidrio especial de alta transmisión sellado a su marco. Para aumentar la eficiencia del absorbedor, se utilizan placas selectivas (aleaciones de varios metales con tratamientos especiales de la superficie).

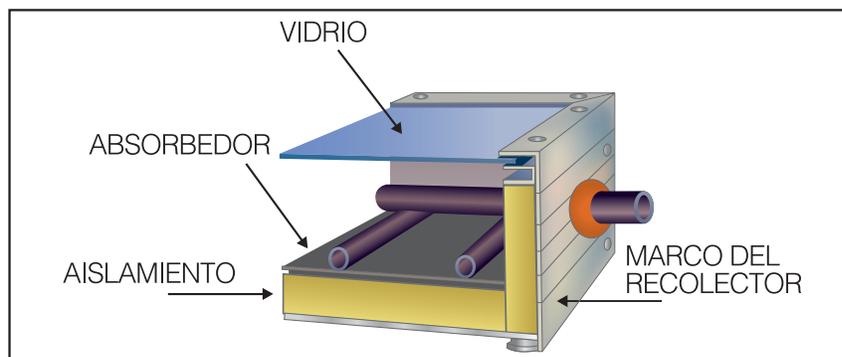


Figura 4. Corte de un colector solar plano.

Se habla, principalmente de dos diferentes sistemas solares para uso doméstico: el sistema termosifón y el forzado. Existe otro denominado integrado, el cual sólo tiene aplicación en zonas tropicales. El funcionamiento básico en todos ellos es el mismo: un colector capta los rayos solares y transmite el calor al agua circulando hacia un tanque de almacenamiento. Ahí ésta se queda dentro de un recipiente bien aislado hasta su consumo.

4.2.1 Sistema termosifón

El sistema termosifón es muy conocido en climas cálidos, donde no hay peligro de congelación. Por su fácil e independiente funcionamiento (circulación del agua entre colector y tanque por gravedad), es muy popular para casas o viviendas. Su instalación normalmente es sobre el techo y el tanque tiene que estar ubicado en una posición superior a la del colector. Hace años su desventaja era

Calentamiento del agua

su estética, pero hoy varios fabricantes han logrado mejorar su apariencia, integrando los componentes en una sola unidad.

Funcionamiento básico del sistema termosifón

El colector capta la radiación solar directa y difusa y, por el efecto termosifón, el agua caliente del colector sube hasta el tanque y la más fría, que es más pesada, baja al colector para ser calentada. El tanque cuenta con un excelente aislamiento que sólo permite pérdidas mínimas de calor durante la noche. Opcionalmente se puede instalar una resistencia eléctrica (encendido y apagado automático) para garantizar siempre agua caliente en condiciones climáticas adversas, cuando no haya radiación solar (Figura 5).

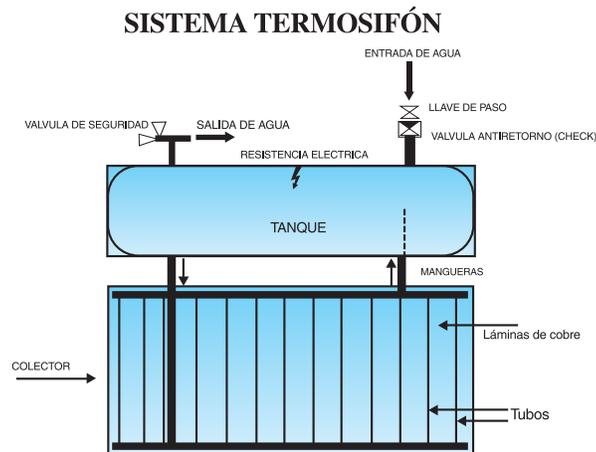


Figura 5. Sistema de termosifón

Dimensionamiento

El sistema básico para una casa consiste en un colector de 2,1 m² y un tanque de alrededor de 50 gls. (189 lt.). Este es capaz de cubrir las necesidades de agua caliente para cuatro personas en muchos hogares centroamericanos. Su temperatura depende de la radiación solar y del consumo, pero uno de buena calidad debería ser capaz de elevarse a unos 40°C, aunque, durante todo el día, haya una radiación solar difusa.

4.2.2 Sistema forzado

En el sistema solar forzado sólo hay que instalar el o los colectores sobre el techo y el tanque en un lugar bajo techo (normalmente el cuarto de pilas). Se denomina forzado porque requiere una fuerza (bomba de recirculación) que transporte el agua del tanque al colector para ser calentada y viceversa. El sistema solar forzado siempre se ve más estético que un sistema termosifón; sin embargo, requiere más material y, por lo tanto, el costo es más elevado.

Calentamiento del agua



Funcionamiento básico del sistema forzado

Un regulador termodiferencial, a través de dos sensores (uno ubicado en la parte más caliente del colector y otro en la más fría del tanque), enciende la bomba de recirculación (consume 38W, menos que un bombillo incandescente) apenas para que el sensor del colector mida una temperatura más caliente que la del tanque.



Figura 6. Sistema solar tipo termosifón

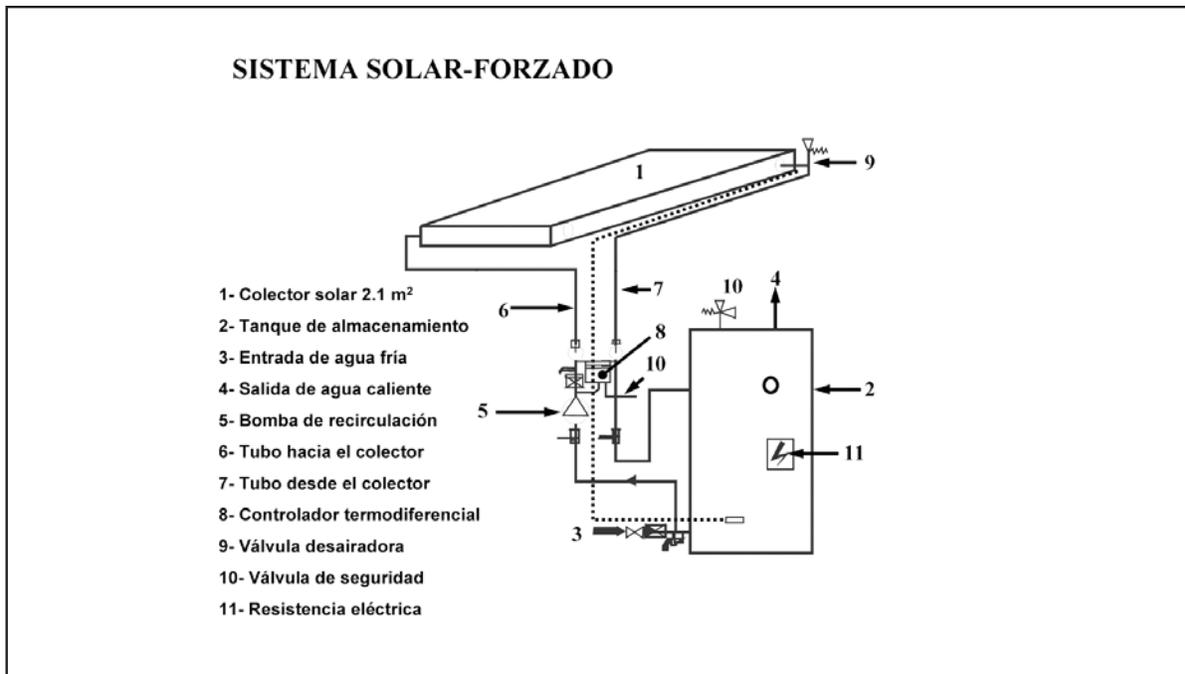


Figura 7. Esquema de un sistema solar forzado

Calentamiento del agua



La bomba lleva el agua más fría del tanque hacia el colector, para ser calentada y, una vez caliente, regresa al tanque. Si la temperatura del colector es la misma que la del tanque, el regulador apaga la bomba (normalmente en la tarde). El agua tiene pérdidas caloríficas mínimas en el tanque (bien aislado) y se conserva hasta su consumo, el cual puede ser hasta el día siguiente.



Fig 8. Sistema solar tipo forzado instalado en Costa Rica

4.2.3 Sistema Integrado

Para lugares en el trópico (con temperaturas promedio superiores a los 25° C, existe la posibilidad de generar agua caliente a un costo sumamente atractivo por la facilidad de construcción que presentan estos sistemas. La gran diferencia entre los sistemas tradicionales y el integrado es su construcción. Mientras el termosifón cuenta con dos componentes (colector y tanque), y el forzado con tres (colector, tanque y grupo hidráulico), el integrado solamente necesita un solo componente, el cual une las funciones de absorber calor y almacenar agua caliente.

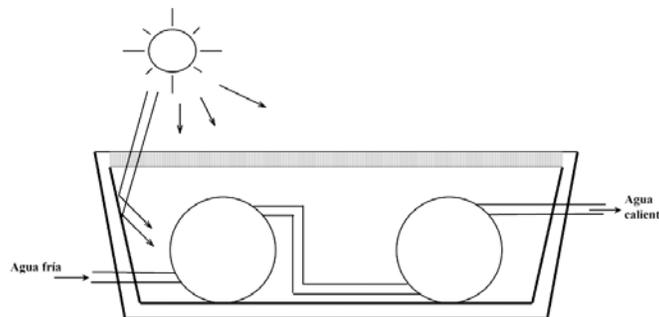


Figura 9. Sistema integrado.

El sistema integrado tiene un costo significativamente menor que el termosifón y el forzado, pero su mayor problema es la alta pérdida de calor durante las horas sin sol, a través del recubrimiento transparente, por la falta de un buen aislamiento.

Calentamiento de agua



Funcionamiento del sistema integrado

Dentro de una caja aislada por sus costados, y en su parte inferior, se instala un cilindro metálico negro que debe recibir la radiación del sol directa, y la reflejada por los lados, los cuales cuentan con papel aluminio reflejante. De esta manera se calienta el agua dentro del recipiente durante las horas de sol y el cobertor térmico transparente reduce las pérdidas caloríficas al mínimo durante las horas sin sol. Hasta el momento, este tipo de sistema no ha sido aplicado en América Central.

4.3 Sistema solar para hoteles

En hoteles son más recomendables los sistemas solares tipo forzado, por cuanto la cantidad requerida de agua caliente es elevada y debe estar disponible siempre. Por su parte, en los sistemas termosifones los tanques tienen mucho peso, lo cual puede presentar un problema para la estabilidad de la estructura.

Económicamente los sistemas solares para hoteles presentan un tiempo de amortización más corto que los de tipo residencial, dado que se requieren los mismos componentes, como regulador o bomba de recirculación, para un mayor número de colectores. El costo de un tanque de almacenamiento de agua caliente grande también es proporcionalmente más económico que el de sistemas para viviendas.



Fig. 10. Sistema solar para hotel

Experiencia hotelera en El Salvador

El Hotel Terraza en San Salvador cuenta, desde hace 7 años, con un sistema solar para calentamiento del agua de sus 80 habitaciones. El sistema instalado está formado por 3 grupos de 20 colectores cada uno. El agua se bombea desde una cisterna de 16 m³ haciéndose pasar por los colectores cuantas veces sea necesario hasta alcanzar una temperatura aproximada de 60 grados. El total de inversión de alrededor de US\$ 120.000, se recuperó a principios del 2002 aún cuando los cálculos iniciales indicaban un período de recuperación de la inversión de 10 años.

5. Otras aplicaciones



5.1 Secadores solares

El secado al aire libre, donde los productos se exponen directamente al Sol colocándolos sobre el suelo, es uno de los usos más antiguos de la energía solar térmica y es, aún, uno de los procesos agrícolas más común en muchos países del mundo. Este procedimiento es de muy bajo costo, pero puede sufrir grandes perjuicios por las lluvias y el ataque de insectos y otros animales.

Para evitar esos problemas y lograr mayor eficiencia, se han desarrollado diferentes sistemas de secado solar, que cuentan principalmente con dos elementos:

1. El colector, donde la radiación calienta el aire.
2. La cámara de secado, donde el producto es deshidratado por el aire caliente que pasa.

Los elementos pueden ser diseñados de diferentes formas para integrarse a los equipos de secadores. Existen distintos tipos de diseños, como secadores solares indirectos (utilizan el calor del sol para secar), secadores solares directos (utilizan la radiación solar directa) y mixtos.

La combinación del colector y la cámara en una sola unidad puede ser más económica en muchos casos, especialmente en secadores de menor tamaño. Su funcionamiento consiste en que el aire circula dentro del secador con el fin de eliminar la humedad evaporada del producto. Como se muestra en la Figura 11, la circulación se logra por convección natural o forzada cuando el aire es movido por ventiladores.

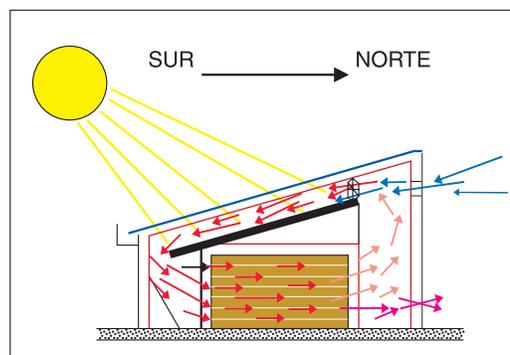


Figura 11. Secador solar para madera

Deshidratación de alimentos

La conservación de los alimentos mediante la deshidratación se basa en la disminución de la cantidad de agua que limita las reacciones químicas de degradación posibles, así como el desarrollo de los microorganismos responsables de su deterioro. Un procedimiento sencillo de remoción de agua es hacer circular alrededor de los alimentos aire caliente y seco; por ejemplo, aire a 50° C y 30% de humedad relativa.



Funcionamiento del deshidratado solar

Las condiciones termodinámicas indicadas pueden ser fácilmente alcanzadas mediante un proceso de calentamiento solar. Tal como se indica en la Figura 12, el proceso de deshidratación consiste básicamente en exponer una superficie absorbedora, normalmente una placa metálica pintada de negro, a radiación solar de onda corta. Cuando la placa se calienta, comienza a emitir radiación de onda larga, pero la cubierta transparente que la envuelve no permite que esta energía escape lográndose un incremento mayor que la temperatura del aire. Este efecto es similar al que ocurre en el interior de un vehículo con los vidrios cerrados o en un invernadero. El aire caliente es luego empujado por el aire fresco, hacia la zona del producto donde ocurre el proceso de deshidratación.

El flujo constante de aire se logra mediante la operación de un pequeño ventilador ubicado a la entrada del deshidratador.

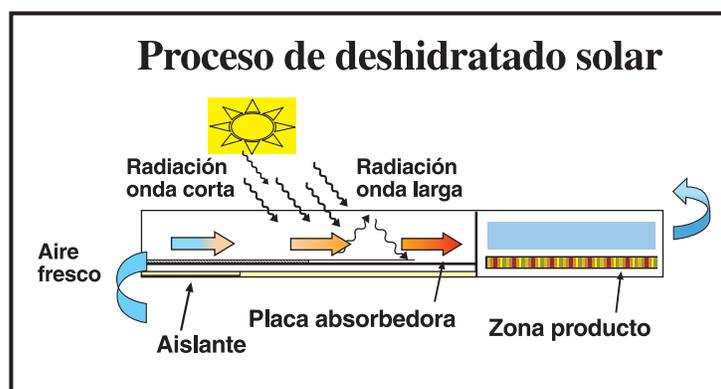


Figura 12. Sistema de deshidratación solar.

Un proceso de deshidratación también puede lograrse al aire libre; sin embargo, al hacerlo con un deshidratador, además de lograr una mejor calidad en sabor y apariencia de los productos, se obtienen las siguientes ventajas:

- Un proceso de deshidratado en menos tiempo, alrededor de dos a tres días menos.
- En los tiempos de lluvia no se necesita recoger el producto.
- Se evita una muy probable infestación de insectos y la contaminación y pérdida por los excrementos de pájaros y ratas.



Diseño de un modelo de deshidratador solar

Considerando los beneficios económicos que este tipo de agroindustria podría traer al desarrollo del sector agrícola, la Cooperación Alemana para el Desarrollo GTZ y la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA) en El Salvador suscribieron un acuerdo de cooperación para desarrollar un modelo de deshidratador solar, acorde con la tecnología, materiales y niveles de radiación solar disponibles en ese país.

Para lograr la accesibilidad de los posibles usuarios, se buscó reducir el costo de la inversión, desarrollar un diseño simple que pudiera reproducirse en el país, flexibilizar la aplicación por diferentes materias primas y obtener una alta calidad en los productos finales.

El modelo que se ha logrado desarrollar se muestra en la Figura 13. Básicamente el deshidratador consta de dos secciones, a saber: la de aprovechamiento de la energía solar de ocho metros de longitud, formada por lámina galvanizada pintada de negro y resistente a altas temperaturas; con una cubierta plástica transparente UV y una base con aislamiento térmico para mantener la temperatura en su interior. La sección de deshidratación mide diez metros de largo y está formada por una base de fibrolit aislamiento y con cobertura transparente resistente a la radiación UV. El flujo de aire se logra mediante dos ventiladores de 120V AC y 96 vatios.

Entre sus posibles usos productivos se mencionan el deshidratado de frutas tropicales, como piña, mango, papaya, coco, zapote, etc; hortalizas, especias, plantas medicinales, mariscos, maderas, etc.



Fig. 13 Deshidratador solar de la UCA, El Salvador



5.2 Cocinas solares

La mayor parte de los modelos de cocinas solares en uso corresponde a trampas de calor. Son cajas pintadas de negro mate en su interior, lo cual sirve de colector, con paredes aisladas. La cubierta transparente para recibir la luz solar por lo general consta de dos vidrios para evitar pérdida de calor hacia el ambiente.

Estas cocinas pueden tener uno o varios reflectores para concentrar la energía solar. Las temperaturas alcanzadas oscilan alrededor de 150°C, las cuales son adecuadas para la cocción de alimentos, para la purificación de agua a través de proceso de ebullición y para el horneado de panes y pasteles.

Para lograr temperaturas más elevadas, se tiene que aplicar otro principio. Para acumular la irradiación solar, un reflector con encorvadura parabólica crea un área de foco en donde se alcanzan temperaturas muy altas. La cocina tiene un soporte estable y la olla se coloca dentro del anillo sujetador en esa área. Debido a la corta distancia de foco, es necesario reajustar la posición en dirección al Sol cada 15-20 minutos. Las cocinas de reflector parabólico son modelos de menor difusión, probablemente por la aparente dificultad de su construcción y su mayor costo.

Ventajas y desventajas

Las principales ventajas que presentan estas cocinas es que no necesitan combustibles como leña, carbón, diesel, queroseno, parafina ni electricidad. Ello hace evidente su utilidad, pues ahorran gastos y tiempo. También son útiles para promover un modo de vida sostenible en cualquier otro lugar. Al no producir humo, se evitan riesgos para la salud, especialmente de ojos y pulmones. La cocina siempre es segura y fácil de usar. Su construcción es sencilla y estable. La comida no se quema y no necesita continua supervisión, permitiendo dedicar tiempo a otras tareas. La comida permanece caliente, aún varias horas después de haber sido cocinada.

Entre los inconvenientes que se identifican están que este tipo de cocinas no funciona sin sol. Por otra parte, las de tipo caja necesitan más tiempo para la cocción de alimentos y tampoco se puede freír la comida en ellas.



Fig. 14. Cocina solar tipo caja y cocina solar tipo foco



Cocinando con el Sol

En el noroeste de Nicaragua se desarrolla el proyecto “Cocinas solares, una alternativa limpia y ecológica”, ejecutado por la Fundación Nicaragüense para la Promoción y Desarrollo de Tecnologías Alternativas (FUNPROTECA), una organización no-gubernamental sin fines de lucro, que promueve el desarrollo económico, social, ambiental y cultural.

En el contexto del proyecto se produjeron 150 cocinas solares en su taller en León, las cuales fueron distribuidas a 150 familias en la comunidad de El Jiñocua, Municipio de Somotillo, Departamento de Chinandega. Para ello se utilizó un esquema muy participativo a través de la formación de cuatro comités comunales y la realización de 18 talleres de capacitación y un seguimiento intenso del uso de las cocinas. Los comités funcionan como puntos focales para su distribución, y para la capacitación y el seguimiento de su uso. Se ha logrado una disminución del consumo de leña en un 50% en las familias que usan las cocinas solares; además, se han brindado beneficios como la mejora de la salud y el ahorro de tiempo.



Fig. 15. Usuaris de cocinas solares en Somotillo

5.3 Aplicaciones industriales y generación de electricidad

Para obtener temperaturas superiores a los 100° C se debe concentrar la radiación solar por medio de lentes o espejos. Canalizando la radiación hacia un punto o una superficie llamada “foco”, se eleva su temperatura muy por encima de la alcanzada en los colectores planos.

El diseño de mayor capacidad para un sistema térmico a temperatura media es el “colector cilíndrico-parabólico”. Para aprovechar al máximo los rayos solares, los colectores necesitan un dispositivo que vaya haciendo girar los espejos a lo largo del día, sincronizado con el movimiento aparente del Sol.

Los colectores cilíndrico-parabólicos, al lograr desarrollar temperaturas considerablemente superiores que los planos, presentan interesantes posibilidades de utilización industrial. Se ha usado una cantidad mayor de estos colectores, de manera interconectada, en “granjas solares”, para producir calor o electricidad. Además de la producción de energía, estos sistemas son aplicados en procesos térmicos industriales, desalinización de agua de mar, refrigeración y climatización.



Figura 16. Sistema de espejos parabólicos para aplicaciones térmicas.

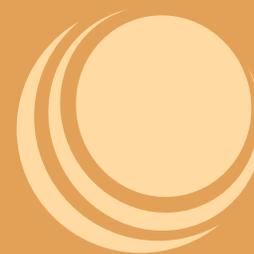
Existen colectores de concentración más complejos y costosos. Estos dispositivos reflejan y concentran la energía solar incidente sobre una zona receptora relativamente pequeña. Como resultado de esta concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor pueden acercarse a varios cientos, o incluso miles, de grados centígrados. Los concentradores, para trabajar con eficacia, son colocados sobre dispositivos que siguen la posición del Sol. Estos se llaman helióstatos o *dishes*.

La generación centralizada de electricidad a partir de energía solar está en desarrollo. En el concepto de receptor central, o de torre de potencia, una matriz de reflectores montados sobre helióstatos controlados por computadora reflejan y concentran los rayos del Sol sobre una caldera de agua situada sobre la torre. El vapor generado puede usarse en los ciclos convencionales de las plantas de energía para generar electricidad.



Fig. 17. Sistemas solares para generación de electricidad

6. Costos de inversión, operación y mantenimiento



Uno de los problemas principales en las tecnologías de energía solar es su alto costo inicial. La diferencia más significativa se nota al comparar sistema solar de uso doméstico y una termoducha. Los dos sistemas dan como producto final agua caliente, pero el costo inicial del sistema solar (\$1.200) es 40 veces más alto que el de la termoducha (\$30). Evidentemente, se obtiene más comodidad de un sistema solar, pues se pueden conectar varias terminales de agua caliente a la vez y su temperatura, por lo general, es también más caliente que la de la termoducha. Adicionalmente, el sistema solar tiene una vida útil mucho más larga (20 - 25 años contra 5 - 8 años para la termoducha), y no requiere un gasto adicional por electricidad.

La comparación más justa es entre un sistema solar doméstico y un tanque eléctrico (50 galones). El costo inicial del primero anda cinco veces más alto que el segundo, un valor aceptable si se toma en cuenta que el sistema solar no requiere costos mensuales desde su instalación. Además, no hay costos de operación y el mantenimiento se reduce a un tiempo mínimo por año para lavar, una o dos veces, el vidrio durante la temporada del verano, y para controlar visualmente, en forma regular el equipo desde la tierra.

Mucho más favorable es la comparación entre un sistema solar para calentamiento de piscina y un quemador de gas o una bomba de calor que requiere energía eléctrica para su funcionamiento. El costo inicial del primero solamente anda un 20% más alto que el del quemador de gas o de la bomba de calor (heat pump). En sistemas solares para calentamiento de piscinas no existen costos de operación ni de mantenimiento.

La siguiente tabla presenta costos para diferentes tipos de sistemas solares térmicos en la región:

Tabla 1. Costos de sistemas solares térmicos en América Central, 2001

Tipo sistema	Costo en US\$
Calentamiento de piscina, base 40 m ² área piscina (costo por m ² de piscina)	90
Sistema termosifón (colector 2m ² , tanque 50 Gls.)	1.250
Sistema forzado (colector 2m ² , tanque 50 Gls.)	1.700
Sistema integrado (tanque 42 Gls.)	± 400
Sistema forzado para hoteles (costo por habitación doble, base de 15 habitaciones)	200
Secador solar (costo base secar 2m ³ de madera)	3.500
Cocina solar tipo caja	100
Cocina solar tipo foco	150
Generación de electricidad a través de vapor (costo por kWh)	0,09



7. Aspectos ambientales

Si se quiere reducir el consumo de los recursos no-renovables y preservar el ambiente, es necesario incorporar las energías renovables en el nivel urbano. La energía solar tiene como ventajas, con respecto a otras fuentes, una elevada calidad energética, un impacto ambiental prácticamente nulo y ser un recurso inagotable. El generar energía térmica sin que exista un proceso de combustión supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio y no producir contaminación.

La instalación solar térmica para calentamiento de agua con un colector de aproximadamente 2 m para una familia de cuatro personas, evita, por año, la emisión de más de una tonelada de CO₂ a la atmósfera y, además, no contribuye al efecto de calentamiento global, por no utilizar combustibles fósiles.

Por su parte, para la construcción de los sistemas solares térmicos hay que usar materiales de cobre, aluminio, hierro, vidrio y aislantes que pueden producir efectos ambientales negativos durante su fabricación; sin embargo, todos esos procesos son mucho menos contaminantes y peligrosos que las fuentes energéticas “convencionales”, a saber, aquellas cuya base son combustibles fósiles.



Fig.18 Fogón mejorado en comunidad rural de Guatemala

8. Ventajas y desventajas



Aspecto económico

Los precios de las energías convencionales tienden a subir permanentemente, dada su dependencia a los combustibles fósiles. La principal ventaja de la energía solar es que no consume combustible, pues obtiene su energía del Sol, lo cual significa que, económicamente, en el largo plazo estos sistemas son más viables y estables. El alto costo inicial sigue siendo, no obstante, la desventaja desde el punto de vista económico.

Los sistemas que hoy llegan a cortos tiempos de amortización (3-6 años) son los sistemas térmicos de bajas temperaturas.

Los sistemas de conversión térmica de mediana y alta temperatura, hasta ahora, no han podido competir con los de generación de energía convencionales. La planta de torre solar más grande del mundo (ubicada en el desierto de Mojave, en California, USA) produce 200 megavatios con 120.000 espejos; de esta manera se logra producir energía eléctrica a un costo de \$ 0,09/kWh, un valor muy alto comparado con otras tecnologías. Lo irregular en la disponibilidad de la radiación del sol requiere que, en la mayoría de los casos, se utilice un apoyo al sistema solar, como respaldo (backup), lo cual significa un costo adicional.

Operación y mantenimiento

Un sistema solar adecuadamente diseñado (cuanto más sencillo, más eficientemente trabaja, porque cada vez que se mueve el agua caliente de un lugar a otro se pierde energía calorífica); no debería presentar problemas en su manejo de operación, y el mantenimiento se reduce a un control visual y un lavado de los vidrios de los colectores, especialmente durante el verano.

Para mayor consumo de energía, el gran espacio que requieren los colectores (preferiblemente con orientación hacia el sur) puede ser un problema. No obstante, desde el punto de vista ecológico, la energía solar no tiene competencia, pues es renovable y limpia.

Vida útil

En los sistemas solares domésticos para calentar agua, los componentes principales son el colector, el tanque y las tuberías de cobre con válvulas. Las cinco partes principales del colector son: vidrio, registro y lámina de cobre, aislamiento, marco de aluminio y sello especial para colocar el vidrio en el marco de aluminio. Todos estos componentes, en condiciones normales, tienen una vida útil de 30 o más años. En Europa ya hay varios colectores planos que, desde hace más de 25 años, están operando sin presentar alteraciones. Lo mismo cuenta para el circuito solar, las tuberías de cobre y las válvulas en los sistemas.

El punto débil con respecto a la vida útil de los sistemas domésticos son los tanques fabricados en Centroamérica, debido a que por el elevado costo del material inoxidable, los productores de tanques prefieren utilizar el hierro negro para su fabricación. Dependiendo del tratamiento interno que se dé al cilindro metálico (debería ser, al menos cuatro manos de pintura epóxica horneada) y la calidad del agua (cuanto más cloro haya en el agua, más corta es la vida útil del tanque), los tanques pueden tener vidas útiles entre 5 y 15 años, un tiempo mucho menor que el de uno hecho de acero inoxidable.



Ventajas y desventajas



De acuerdo con los productores de colectores plásticos para calentar piscinas, se puede esperar una vida útil para éstos de alrededor de 20 a 25 años. Los tubos PVC, en el circuito solar, deberían alcanzar una vida útil similar, sí se pintan con una pintura impermeable para protegerlos de los rayos solares. Las cocinas y los secadores solares pueden funcionar bien alrededor de 12 años.



9. Experiencias en América Central



Los sistemas solares con más divulgación en América Central son aquellos para uso doméstico. Hasta el momento, el mercado no ha sido suficientemente grande para que varias empresas puedan importar sistemas de calidad, a gran escala, que permitan la venta de los equipos a un precio accesible. Por esta razón, los sistemas que se ofrecen con frecuencia son los fabricados localmente que no siempre cumplen con criterios de calidad aceptables. Afortunadamente, existen ejemplos para casas y hoteles que han trabajado ya por más de ocho años sin presentar alteraciones. Estos sistemas, sobre todo para hoteles, han recuperado su inversión inicial en cinco años por el ahorro de energías convencionales que han producido.

En los últimos cinco años, en Guatemala, El Salvador y Costa Rica, los sistemas para calentamiento de piscinas tuvieron un fuerte crecimiento. Por la dificultad de fabricarlos, los colectores que se han instalado en América Central, en gran mayoría, son importados, de buena calidad, y con larga garantía.

9.1 Programa de colectores solares

En 1993, SwissContact, la Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, inició, en Costa Rica, un programa de cooperación para la promoción, producción y venta de equipo de calentadores solares de agua que, posteriormente, se extendió a otros países centroamericanos. La iniciativa tenía como objetivo difundir y masificar la producción y el uso de colectores e instalaciones solares, por parte de pequeñas y medianas empresas de calidad con el fin de reducir las emisiones de CO₂.

Se diagnosticaron diversos aspectos relacionados con el uso de los colectores como, por ejemplo, el nivel de conocimiento general y la capacidad local de fabricación. Además, se capacitaron 25 instructores en Centroamérica, se fabricaron 1.500 colectores planos para uso residencial y se instalaron 2.000 m² de colectores para sistemas de calefacción de piscinas en la región centroamericana. También, se elaboraron cuatro manuales técnicos (ver Anexo 1).

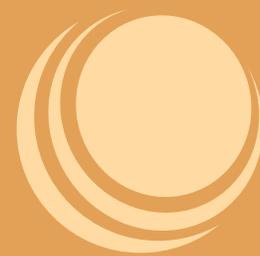
La experiencia demostró que, aunque muchas personas estuvieron interesadas y recibieron capacitación, la producción de colectores solares de buena calidad no fue factible, ya que requería una alta inversión de capital inicial para importar los componentes necesarios.

Con el fin de retroalimentar, fortalecer y ampliar el programa, en el 2001, SwissContact estableció una alianza con BUN-CA, alrededor de los siguientes objetivos:

- i. Diseminar, entre los sectores público, privado, industrial, comercial y ONG, los aspectos técnicos y financieros del colector solar.
- ii. Establecer estándares y normas de calidad (protocolos de fabricación) para colectores solares en la región.

Uno de los ejes de este programa es la creación de una base de datos sobre productores y suplidores de sistemas, ventas de repuestos, técnicos en instalación, operación y mantenimiento, agencias de micro-crédito, sitios demostrativos y la creación de una guía con las normas y estándares de calidad para el diseño e instalación de los colectores. Ambos aspectos, así como información general del proyecto, están disponibles en la página web www.bun-ca.org.





9.2 Sistemas producidos y diseminados

A pesar de que América Central recibe un 43% más de radiación solar que Europa Central, durante todo el año, en aquella, existe más área colectora instalada proporcionalmente por población que en América Central. Esto es, en primera instancia, por las economías fuertes que tienen sus países y, además, por la conciencia ecológica que está también muy avanzada.

La siguiente tabla muestra la cantidad, de sistemas de calentamiento de agua instalados, para hoteles y uso doméstico, en el período 1993-2001. Como se ve, los dos países centroamericanos con más sistemas solares térmicos son Guatemala y Costa Rica:

Tabla 2. Sistemas fabricados e instalados en América Central (estimación).

País	Nº de colectores fabricados	Nº de colectores instalados
Guatemala	2.000	4.000
Honduras	50	200
El Salvador	100	500
Nicaragua	100	300
Costa Rica	1.800	2.500
Panamá	100	300
Belice	-	20
Total	4.150	7.820

Fuente: Programa Solar SwissContact: 1993-2001

9.3 Potencial técnico y económico

Se puede decir que, técnicamente, hasta la fecha, América Central tiene una infraestructura limitada para la implementación masiva de sistemas solares térmicos. Además las instalaciones de fontanería para agua caliente muchas veces son de calidad insuficiente por la falta de personal capacitado. Como resultado, hay problemas de fugas en las tuberías, muchas veces difíciles de localizar, y errores en el diseño del dimensionamiento, lo cual perjudica la credibilidad en el funcionamiento de los sistemas solares.

Tuberías y accesorios de cobre con diámetros mayores de 19 mm (3/4) (lo que se requiere para la instalación de un sistema solar para un hotel) no se consiguen en todos los países de América Central o sólo con precios muy elevados, como en Nicaragua, donde andan alrededor de un 25% más altos que en Costa Rica o El Salvador. En muchas obras, además, no existen las tuberías de agua caliente, indispensables para la introducción de un sistema solar térmico para uso doméstico.

Importar colectores o sistemas completos para casas garantizaría una buena calidad de los productos, pero requiere la compra de varios elementos y, por lo tanto, una inversión inicial muy alta para obtener un costo por unidad aceptable.

Para su fabricación local, se presentan los mismos problemas de altas inversiones iniciales, al tener que importar los componentes principales del colector como vidrio, aislante, aluminio y cobre. Cuanta mejor variedad de productos haya en el mercado nacional, menos complicada se presentaría la fabricación local. En el 2002, América Central, los dos países con un mercado de distribuciones más



avanzado en cuanto a los materiales para la fabricación de sistemas solares térmicos son Guatemala y Costa Rica.

Hasta hoy, los sistemas solares son equipos con un precio elevado comparado con otros calentadores de agua (sobre todo termoduchas o tanques eléctricos). Los clientes potenciales son, la mayoría, familias de ingresos elevados. En correspondencia, los países con más posibilidades de vender e instalar estos equipos son aquellos con mayor poder adquisitivo.

9.4 Principales barreras

Las principales barreras para los sistemas solares térmicos son el alto costo inicial y la credibilidad, seguidos por la mala instalación de los sistemas, los cuales no cumplieron con lo que se esperaba. Para hoteles e industrias faltan más sistemas de referencias, de manera que los hoteleros puedan ver claramente las ventajas que presentan éstos frente a sistemas de agua caliente convencionales. Aunque los precios de la electricidad en América Central ya son altos, su aumento constante podría promover aún más los sistemas solares.

En cuanto a los sistemas de calentamiento de piscinas, generalmente, los propietarios no saben el gasto inmenso de electricidad o de gas que les espera después de la instalación de un heat pump (bomba de calor) o de un calentador de gas. Los vendedores de esos aparatos pocas veces informan a sus clientes sobre este punto esencial y, una vez realizada la compra de uno de estos equipos, los clientes no vuelven a reinvertir para adquirir un sistema solar.

Además, mientras algunos países de América Central aplican impuestos a la importación de equipos o componentes de equipos de energía renovable, la de combustibles fósiles está exonerada de impuestos. Esto causa que las fuentes de energía renovables difícilmente puedan competir con las convencionales.

9.5 Futuro de la energía solar térmica en América Central

El futuro de la energía solar en América Central depende del avance técnico en los sistemas (cuya meta es producir más barato con la misma eficiencia) y del desarrollo de los costos de energías convencionales. Hay esperanza de que, con materiales nuevos (sobre todo plásticos), se logrará, en un futuro cercano, reducir los costos en la fabricación, en un 20 a 25%, lo que posiblemente abriría un mercado nuevo para usuarios de ingresos medio-altos.

El cambio sustancial en la producción de energía debe venir por la introducción masiva de las energías renovables. Por sus propias características, ellas están asociadas a un desarrollo industrial y social más autóctono y menos sujeto a los vaivenes de la economía global. El uso de la energía solar térmica ya tiene la madurez tecnológica suficiente como para ocupar un nicho importante dentro del sistema energético, especialmente en el sector residencial.





ANEXOS

ANEXO 1. Publicaciones y Sitios Web Recomendados



Publicaciones

FENERCA (2001). Modelos empresariales para servicios energéticos aislados. Programa para el Financiamiento de Empresas de Energía Renovable en Centroamérica (FENERCA), E+Co, BUN-CA, PA Government Services, San José, Costa Rica.

Progrensa (2000). Energía solar térmica de baja temperatura. Técnicas de energía renovables No. 5, Promotora General de Estudios S.A., Sevilla, España.

Serrano P. (2000). Cocinas y hornos solares. Fundación Nicaragüense para la Promoción y Desarrollo de Tecnologías Alternativas (FUNPROTECA), León, Nicaragua.

SwissContact - Pro-Eco (1998a). Energía y energía renovable. SwissContact: Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, Pro-Eco: Programa de Ecología Urbana, El Salvador.

SwissContact - Pro-Eco (1998b). Sistemas hidráulicos domésticos. SwissContact: Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, Pro-Eco: Programa de Ecología Urbana, El Salvador.

SwissContact - Pro-Eco (1998c). Construcción de Colector Solar, SwissContact: Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, Pro-Eco: Programa de Ecología Urbana, El Salvador.

SwissContact - Pro-Eco (2001). Ingeniería solar. SwissContact: Fundación Suiza de Cooperación al Desarrollo Técnico, Pro-Eco: Programa de Ecología Urbana, El Salvador.

Sitios web

1. Información educativa

<http://www.censolar.es/>

CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar), centro exclusivamente dedicado a la formación técnica en energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, mediante la enseñanza en presencia y a distancia. Propone: cursos profesionales, bibliografía y software, noticias y un interesante directorio internacional de publicaciones, instituciones y centros.

<http://solstice.crest.org/renewables/re-kiosk/solar/>

Sitio informativo sobre aplicaciones, tecnologías y aspectos económicos de la energía solar (en inglés).

<http://www.energie-atlas.ch/sonn-e.htm>

Mapa mundial de la radiación solar.

<http://www.nodo50.org/panc/Ere.htm#stern>

Información sobre las diferentes tecnologías de la energía renovable, incluso energía solar térmica (en español).

<http://witss.gdl.iteso.mx/solar/curso.html>

Curso en línea, de energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, del Grupo Solar del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, México.





Publicaciones y Sitios Web Recomendados

<http://www.delphiatoracle.com/SolarDome80.html>

Educación, en línea, sobre la energía solar de la Escuela de Energía Solar Térmica de SolarDome (en inglés).

http://www.starfire.ne.uiuc.edu/ne201/course/topics/solar_thermal/

Clase, en línea, sobre aplicaciones térmicas de la energía solar, incluyendo el aprovechamiento pasivo en edificios, estanques de sal, y aplicaciones a alta temperatura.

<http://www.dianet.com.ar/dianet/users/Solis/Informe2.htm#Energía Solar>

Información sobre el funcionamiento de la energía solar; además, información de otras fuentes de energía.

<http://www.aleph.gdl.iteso.mx:8080/acad/deptecno/invest/solarcap09.htm>

Calentamiento de agua para uso doméstico.

2. Fabricantes

<http://www.gredos.org/solartec/index.htm>

Solartec Ecosistemas, fabricante de calentadores solares de agua.

<http://www.heliocol.com/>

Heliocol, fabricante de calentadores solares de agua para piscinas.

http://www.chromagen.co.il/sp_copper.htm

Chromagen, fabricante de sistemas de energía solar.

<http://www.isofoton.es>

Isofoton, fabricante de colectores solares y sistemas fotovoltaicos.

<http://www.megasun-solar.com/>

Megasun, fabricante de calentadores y colectores solares.

<http://www.solardev.com/>

Developments, fabricante de calentadores y colectores solares para piscinas y usos domésticos.

<http://www.warmwater.com/>

Aquatherm, fabricante de calentadores solar de agua para piscinas.

3. General

<http://www.ises.org/>

International Solar Energy Society.

http://www.swisscontact.org.sv/Ecologia_Urbana/Solar/solar.htm

Información sobre el programa solar en Centroamérica de Swisscontact (Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico).

http://www.mech.unsw.edu.au/mech/laboratories/l_solar.html

Laboratorio de energía solar térmico de la Universidad de South Wales, Australia (en inglés).



Publicaciones y Sitios Web Recomendados



<http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/refbriefs/ac2.html>

Información de la Red de eficiencia energética y energía renovable del Departamento de Energía de los Estados Unidos sobre el aprovechamiento de la energía solar para refrigeración.

http://www.solstice.crest.org/renewables/seia_slrthrm/

Catálogo de sistemas solares térmicos en operación exitosa en los Estados Unidos.

<http://www.bun-ca.org>

Biomass Users Network (BUN-CA): oficina regional para Centro América, ONG regional con la misión de contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad productiva de América Central, en energía renovable, eficiencia energética y agricultura sostenible.

<http://www.energyhouse.com>

E+Co, Corporación (sin fines de lucro) de inversiones en energía renovable y eficiencia energética.



ANEXO 2. Suplidores de Equipos y ONG's en América Central



Sistemas de calentamiento de agua

Guatemala:

Isratec : distribuidor de Chromagen y Heliocol.
E-mail: inbal@infovia.cm.gt
Telefax: (+502) 332 - 8217

Prosolar

E-mail: ramon_schlemmer@yahoo.com
Telefax: (+502) 255 9630

Bélice:

Robert Nicolait & Associates
#49 A Eve Street Belize City
Tel: (+501) 235032
Fax: (+501) 245732

Kelosha Corporation Belize
Southern Highway Stann Creek
E-mail: mananoots@btl.net
Tel: (501) 12050

El Salvador:

Ing. Jaime Cea
E-mail: jaimeceag@yahoo.com
Tel: (+503) 278-2020
Fax: (+503) 2437373

Aire frío: distribuidor de MEGASUN.
Tel: (+503) 222 - 0009
Fax: (+503) 222 - 0014

Tecnosolar S.A.
Ing. Arturo Solano
Tel: (+503) 260-2440
Fax: (+503) 260-2491
E-mail: tecnosolar@navegante.com.sv
Tel: (+503) 260-2440
Fax: (+503) 260-2491

Honduras:

Solaris (Sistemas solares Honduras)
E-mail: solaris@interdata.hn
Tel: (+504) 232-8213
Fax: (+504) 239-1028

Suplidores de Equipos y ONG's en América Central



Nicaragua:

ALTERTEC S.A.: distribuidor de sistemas solares térmicos ECOSUN.

Semáforo 7 Sur, 1c al Norte, 1c al Oeste.

Managua- Nicaragua

E-mail: altertec@ibw.com.ni

Telefax (+505) 265-0693

ECAMI, distribuidor de MEGASUN.

Santo Domingo, Las Sierritas,

Managua, Nicaragua.

E-mail: ecami@ibw.com.ni

Tel. (+505) 2760252

Fax. (+505) 276-0240

TECNOSOL

Rotonda Bello Horizonte 150 mts. Arriba Casa L - I 20,

Managua.

E-mail: tecnosol@munditel.com.ni

Telefax: (505) 244-2205

Costa Rica:

Swissol de Centroamérica S.A.: distribuidor de ECOSUN y Heliocol.

E-mail: proecorr@intercentro.com

Tel: (+506) 438-1130

Fax: (+506) 438-2752

Equipos de refrigeración X S.A.

E-mail: ersarefr@racsa.co.cr

Tel: (+506) 443-2315

Fax: (+506) 442-9142

SOLTECA: distribuidor de Jacques Giordano.

E-mail: solteca@sol.racsa.co.cr

Telefax: (+506) 224-5203

Solpower de Costa Rica S.A. distribuidor de ECOCAL y Heliocol.

E-mail: energacr@sol.racsa.co.cr

Tel: (+506) 228-4541

Fax: (+506) 228-7163

ENERCOS

E-mail: solelect@racsa.co.cr

Tel:(+506) 386 6559

Fax: (+506) 260 3641



Suplidores de Equipos y ONG's en América Central



Panamá:

Swisscontrol S.A.: distribuidor de Jacques Giordano y ECOSUN.

E-mail: fstadlin@swiscontrol.com

Tel: (+507) 221-5066

Fax: (+507) 265-6049

IEM Panamá S.A.

E-mail: iaisa@cwp.net.pa

Telefax: (+507) 236-9957

ECO Energy INC.

Tel: (+507) 236-2692

Fax: (+507) 236-8703

Energía Renovable de Panamá S.A.

E-mail: energía@sinfo.net

Tel: (+507) 214-7292

Fax: (+507) 214-7293

PASS S.A.

E-mail: pass@bellsouth.net.pa

Tel: (+507) 263-8635

Fax: (+507) 263-8797

Cocinas solares

Nicaragua:

FUNPROTECA

León, Nicaragua.

E-mail: funprot@ibw.com.ni

Tel: (+505) 311-0595

Fax: (+505) 311-2090

Costa Rica:

Fundación Sol de Vida.

Santa Bárbara de Santa Cruz, Guanacaste.

Tel: (+506) 283-2905

Fax: (+506) 234-6253

ANEXO 3. Conceptos básicos de energía



1. Energía y potencia

La energía es parte de todos los ciclos de la vida y es un elemento esencial para prácticamente todas las actividades. Ella es un concepto que se relaciona con varios procesos (como quemar combustibles o propulsar máquinas), así como con las observaciones de dichos procesos. La energía se define científicamente como la capacidad de hacer trabajo.

Fuentes de energía

Existen diferentes fuentes de energía, las cuales se pueden clasificar en dos grupos:

- Fuentes renovables: no se agotan por su uso, como la energía del viento y del sol. El agua y la biomasa también se incluyen en esta categoría, aunque son renovables bajo la condición de que la fuente se maneje en forma apropiada, por ejemplo, las cuencas hidrológicas y plantaciones de árboles.
- Fuentes no-renovables: están disponibles en cantidades limitadas y se agotan por su uso, como los combustibles fósiles (carbón mineral, petróleo, gas natural). Estas tienen la característica de que, una vez utilizadas para la generación de energía, no se pueden volver a usar.

Formas de energía

La energía tiene diferentes formas, entre las cuales podemos citar las de mayor importancia:

- Energía cinética: la de un objeto en movimiento como por ejemplo, el agua de un río. La velocidad y masa del objeto determinan, en gran parte, la cantidad de su energía cinética. Cuanto más rápido fluye el agua, más energía estará disponible.
- Energía potencial: la de la posición de un objeto con respecto relativo a la tierra. Esta forma está almacenada y se convierte en energía cinética cuando el objeto se cae. Por ejemplo, el agua en un embalse tiene el potencial de caerse y, cuanto más alta la presa, más energía potencial contiene el agua.
- Energía térmica (calor): una forma de energía cinética causada por el movimiento de los átomos o las moléculas en un material, sea sólido, gaseoso o líquido. Su cantidad es determinada por la temperatura del material, entre más alta la temperatura, más energía está disponible. Por ejemplo, en la combustión de madera u otros materiales se genera calor.
- Energía química: la almacenada en átomos y moléculas; por ejemplo, en materiales combustibles y baterías (acumuladores).
- Energía eléctrica: más conocida como electricidad; es el flujo de los electrones en un material conductivo, como un cable eléctrico.
- Energía electromagnética (radiación): la que todos los objetos emiten en diferentes cantidades. La luz es una forma visible de radiación.
- Energía mecánica (o energía rotacional): la de rotación de un eje girando. Esta se produce, por ejemplo, en una turbina hidráulica propulsada por el agua.



Transformación de energía

“Utilizar” la energía significa, transformar una forma de ella en otra. Por ejemplo, aprovechando la fuerza del viento, se convierte la energía cinética en mecánica, la cual, luego se puede convertir en eléctrica. Para obtener iluminación, se convierte la eléctrica en electromagnética o radiación. Igualmente, “generar” energía significa convertir una forma de ella en otra; por ejemplo, la cinética de agua en movimiento a mecánica, en un sistema hidráulico.

Los términos “utilizar” y “generar” energía científicamente no son correctos porque ella no se puede crear ni destruir. Se puede transformar de una forma a otra, pero no se “gasta” y su cantidad total se mantiene igual en cualquier proceso. Lo anterior es la base de la Primera Ley de la Termodinámica. Sin embargo, en términos prácticos sí se gasta la energía, debido a que se convierte en una forma que ya no se puede aprovechar. Por ejemplo, cuando se quema una rama seca, la energía química contenida en la madera se convierte en térmica, o sea, en calor, la cual se puede aprovechar; pero luego se dispersa en el ambiente y no se puede utilizar nuevamente.

Oferta, demanda y consumo

En el análisis de la utilización de energía en el nivel nacional o sectorial se pueden distinguir tres conceptos:

- Oferta de energía: se requiere de ella para aplicaciones como iluminación, cocción, procesos industriales y transporte. La oferta energética puede ser diferente de un lugar a otro, dependiendo de condiciones locales como el clima y las costumbres, y según los diferentes tipos de usuarios (viviendas, industrias, transporte, etc). Se puede satisfacer una necesidad específica de energía con diferentes fuentes e, igualmente, no todas las necesidades se pueden satisfacer por falta de fuentes o presupuesto.
- Demanda por energía: necesidad de fuentes que puedan satisfacer las necesidades de energía. Depende de factores como población, nivel de desarrollo económico, disponibilidad de tecnología, etc. Igual a éstas, no siempre se puede satisfacer la demanda por energía.
- Consumo de energía: utilización real de fuentes; también llamada “demanda expresada”.

Eficiencia

En todas las transformaciones de energía se pierde una parte de ella debido a su conversión parcial en una forma que no se puede aprovechar, generalmente en calor. La fracción de la energía utilizable, como resultado de un proceso de conversión, y su insumo se llama la eficiencia del proceso, la cual, generalmente, se representa como un porcentaje. En fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{egreso de energía utilizable}}{\text{insumo de energía}} \times 100\%$$

Cuanto más alta sea la eficiencia, menos energía se pierde. La siguiente tabla muestra eficiencias típicas para algunos procesos de conversión:



Eficiencias típicas de procesos de conversión energética

Equipo	Eficiencia típica (%)
Motor de diesel	30 - 45
Motor eléctrico	80 - 95
Turbina hidráulica	70 - 99
Bombillo eléctrico incandescente	5
Estufa de LPG	60 - 70
Estufa de leña	12 - 30

Potencia

Este es un concepto muy relacionado con el de energía. Se define como la capacidad de suplir una cierta cantidad de energía durante un período de tiempo definido. Esto se ilustra así: cuando aplicamos un proceso de conversión de energía estamos interesados en dos cosas:

- la cantidad de energía convertida, y
- la velocidad a cual se convierte. Esta velocidad se llama potencia (P), expresada como energía por segundo o, en fórmula, de la siguiente manera:

$$\text{energía} = \text{potencia} \times \text{tiempo} \quad \text{ó} \quad \text{potencia} = \frac{\text{energía}}{\text{tiempo}}$$

Por ejemplo, un tanque de gasolina de un vehículo contiene una cantidad dada de energía. Este se puede usar en un cierto período de tiempo, o sea, el proceso de combustión puede ser corto o largo. Cuanto más corto el período, más alta es la potencia. Este principio aplica para cualquier proceso de conversión de energía.

Si bien en lenguaje común estos términos se intercambian frecuentemente, cuando se habla técnicamente sobre un sistema de generación o utilización de energía es importante distinguirlos bien.

Unidades de medición

Existen diferentes unidades aplicadas para la expresión cuantitativa de energía y potencia. La unidad científica y más usada para energía es el **joule** (o julio, abreviado como J). Otras unidades usadas son, por ejemplo caloría, toneladas de carbón equivalente (Tce) y el British Thermal Unit (BTU). Existen factores específicos para convertir las diferentes unidades en otras.

La unidad para potencia es el **watt** (o vatio, abreviado como W). Este es definido como 1 joule por segundo ("J/s"). Otra unidad que se usa frecuentemente es el caballo de fuerza (HP).

Un joule y un watt son medidas muy pequeñas comparadas con las cantidades transformadas en la mayoría de las aplicaciones energéticas. Por eso, se usan múltiplos de 1.000; por ejemplo, 1.000 watt es equivalente a 1 kilowatt o 1 kW. La siguiente tabla resume los prefijos y símbolos usados:





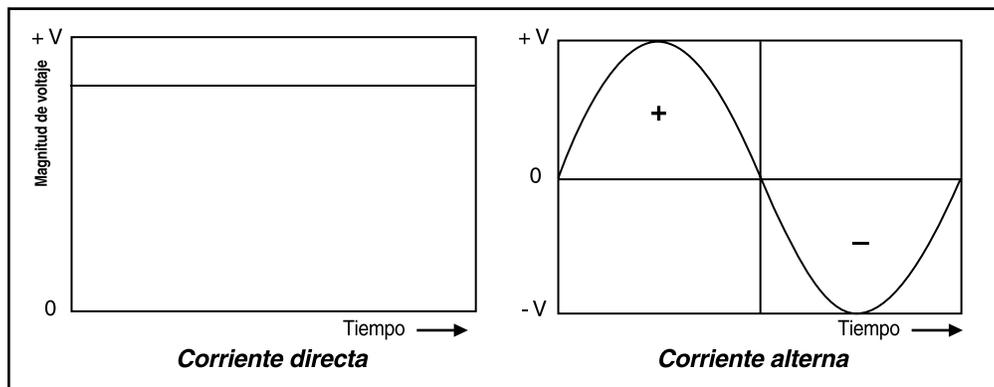
Símbolo	Prefijo	Multiplicador
k	kilo	1.000 ó 10^3
M	mega	10^6
G	giga	10^9
T	tera	10^{12}

Adicionalmente, se puede agregar índices a una unidad para indicar la forma de energía o potencia. Por ejemplo, para la potencia de un equipo de convertir energía térmica se usa kW_{th}. Igualmente, la potencia eléctrica se indica como kW_{el} y, la potencia mecánica como kW_m.

2. Electricidad

Corriente eléctrica

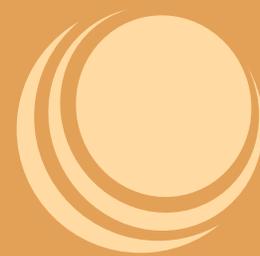
El flujo de la energía eléctrica, o la electricidad, se llama corriente, cuya unidad de medida son los **amperios** (A). Para generar una corriente eléctrica a través de un cable es necesario tener una “diferencia de tensión” entre sus dos extremos (diferencia de potencial). Igualmente si se quiere hacer que el agua se mueva a través de un tubo, necesita tener una diferencia de presión entre los dos extremos del tubo. Si se dispone de una gran diferencia de tensión, pueden transportarse grandes cantidades de energía por segundo a través del cable; es decir, grandes cantidades de potencia. La tensión eléctrica es equivalente a voltaje, medido en voltios (V). La potencia eléctrica en watts es igual al voltaje multiplicado por el amperaje ($P = V \times A$).



Los generadores eléctricos pueden producir dos tipos de corriente:

- Corriente directa (DC): donde la energía circula siempre en una única dirección, del punto positivo al negativo.

- Corriente alterna (AC): donde esta alterna continuamente su dirección en un patrón cíclico, en forma sinusoidal. Es causado por el ciclo sinusoidal del voltaje, con un pico positivo y uno negativo (véase la figura). Al número de ciclos por segundo se le llama frecuencia, expresado en hertz (Hz). En la red eléctrica, generalmente, es de 50 ó 60 Hz.



La corriente directa se utiliza sólo en sistemas de baja capacidad como, por ejemplo, baterías secas (pilas), baterías de vehículos y sistemas fotovoltaicos (de baja tensión). Sistemas grandes de alta tensión, como las centrales eléctricas, generan corriente alterna, la cual es suministrada a través de la red eléctrica a las viviendas y centros productivos. Una de las razones para el uso de la corriente alterna es que es más barato aumentar o disminuir su voltaje y, cuando se desea transportar a largas distancias, se tendrá una menor pérdida de energía si se utiliza la alta tensión. Con un inversor se puede transformar la corriente directa en alterna.

Para expresar la cantidad de energía eléctrica o electricidad, generalmente, se usa la unidad **watt/hora** (o vatio/hora, Wh). Un watt/hora es equivalente a la cantidad de energía convertida, durante una hora, por un equipo con una potencia de 1 watt. Para sistemas de baja tensión, como los fotovoltaicos, también se puede expresar la energía eléctrica en amperios/hora (Ah), equivalentes a la generación o utilización de una corriente de 1 amperio durante una hora. Para baterías, generalmente se indica la capacidad de acumulación en amperios/hora. La relación entre las dos unidades de energía eléctrica es la siguiente:

$Wh = Vh$ donde V es la tensión o el voltaje del sistema.

Factor de capacidad (factor de planta)

El factor de capacidad, o de planta, es un indicador para medir la productividad de una planta de generación eléctrica como, por ejemplo, una turbina eólica o un sistema hidroeléctrico. Este indicador compara su producción real, durante un período dado, con la cantidad que se habría producido si hubiese funcionado a plena capacidad en el mismo tiempo. En fórmula:

$$\text{Factor de capacidad} = \frac{\text{producción real}}{\text{producción teórica}} \times 100\%$$

Por ejemplo, un sistema de 1 kW, teóricamente, podría generar 8.760 kWh en un año¹. Sin embargo, la planta no puede funcionar el 100% del tiempo, por razones de mantenimiento periódico, fallas técnicas o falta de combustible o recurso renovable. Si la producción real de esta planta en un año dado fue de 6.000 kWh; entonces, el factor de capacidad para ese período sería de 68,5%.

Demanda máxima

La demanda máxima representa para un instante dado, la máxima coincidencia de cargas eléctricas (motores, compresores, iluminación, equipo de refrigeración, etc.) operando al mismo tiempo, es decir, la demanda máxima corresponde a un valor instantáneo en el tiempo. No es igual encender una línea de motores al mismo tiempo que hacerlo en arranque escalonado. Los picos por demanda máxima se pueden controlar evitando el arranque y la operación simultánea de cargas eléctricas

Factor de demanda

Es la razón entre la demanda máxima de la instalación o sistema y la carga total conectada, definida sobre un total de tiempo dado. El factor de demanda máximo es igual a la razón de la demanda máxima en un instante dado, entre la potencia del sistema.

¹ Energía= potencia máxima x tiempo, entonces la energía generada sería 1 kW x 24 horas/día x 365 días = 8,760 kWh





Sistema interconectado de generación eléctrica

Se usan diferentes fuentes para la generación de electricidad, en América Central, Las principales son la hidroeléctrica y la geotermia y los combustibles fósiles, como el diesel y el búnker. Dentro del sistema interconectado nacional, la demanda varía, dependiendo de la hora del día, el día de la semana y, también, de la temporada. Para atender la demanda, se debe planificar la generación eléctrica por parte de las diferentes plantas del sistema, según las variaciones esperadas. Plantas de generación de base operan en forma continua para satisfacer una demanda mínima y generalmente, son las que tienen los costos de operación más bajos.

Para las horas de alto consumo, u “horas-pico”, se aplican generadores adicionales para aumentar la producción de electricidad. En el mercado de ocasión eléctrico, se pagan tarifas mayores en estas horas.

Para la compra-venta de energía eléctrica, frecuentemente se aplica el término “potencia firme” de una planta de generación dada. Esta se define como la potencia que el generador puede garantizar durante un periodo dado; por ejemplo, en las “horas-pico”, o todo el año. Los contratos de compra y venta de electricidad, generalmente, se establecen con base en la capacidad firme. Dado que las fuentes renovables dependen de los recursos naturales, la potencia firme puede ser considerablemente más baja que la capacidad instalada, lo cual desfavorece su competitividad en el mercado eléctrico, a diferencia de la generación con base en combustibles fósiles que pueden operar ofreciendo “potencia firme” en cualquier momento, excepto en los tiempos de parada por mantenimiento.

Magnitudes de energía y potencia

Energía:

- 1 kWh Energía requerida para subir la temperatura de 1 litro de agua con 1 grado.
- 1 MWh Energía requerida para manejar 1 vehículo por 1.000 kilómetros.
- 4.7 TWh Electricidad consumida en un período de tiempo; por ejemplo, la electricidad en Guatemala en 1999.

Potencia:

- 1 kW Potencia de una placa de una estufa eléctrica.
- 10 kW Potencia de un pequeño tractor.
- 1 MW Potencia de una central eléctrica que supe electricidad a una comunidad de unas 20.000 personas.



Anexo 4. Algunos Aspectos Técnicos de la Energía Solar Térmica²

1. La energía del Sol

El Sol es una gran fuente de energía para llenar nuestras necesidades. Aparte de la que nos llega directamente de sus rayos, el Sol también es el origen de otras fuentes de energía. Por ejemplo, el viento es causado por las diferencias de temperatura en distintos lugares del mundo, y la energía hidráulica depende del ciclo hidrológico, el cual tiene su origen en la evaporación de las aguas causada por el Sol. Asimismo, los combustibles fósiles (petróleo y carbón, entre otros) se produjeron gracias a la energía transmitida por este astro, luego de transformarse a partir de su forma vegetal.

El Sol tiene un flujo radiante de $3,8 \times 10^{26}$ W, equivalente a una densidad de 62,5 MW por cada metro cuadrado de superficie solar. De esa enorme cantidad de energía radiante, solamente una pequeñísima fracción alcanza a nuestro planeta, pero todavía representa una cantidad muy grande en comparación con el consumo energético en el ámbito mundial.

En la utilización de la energía solar, el problema no es la cantidad total disponible, sino las dificultades para su aprovechamiento, dado que ésta se dispersa, repartiéndose por toda la superficie de la Tierra y los océanos. En promedio, la cantidad que llega a nuestra atmósfera exterior equivale a una potencia de 1,4 kw por cada m^2 , cantidad que se reduce hasta aproximadamente $1 \text{ kw}/m^2$ cuando llega al suelo.

2. La radiación solar

La radiación solar está formada por una mezcla de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Algunas de ellas pueden ser detectadas por el ojo humano³, constituyendo lo que se conoce como la luz visible. Otras, aunque no son visibles, hacen notar igualmente sus efectos, al ceder a los cuerpos la energía que transportan.

La radiación no es algo constante, sino que varía de forma aleatoria debido a los muy diversos efectos que provoca, sobre ella, la atmósfera terrestre. Una gran parte de la radiación sufre una absorción y una dispersión en la atmósfera, como consecuencia de su propia estructura y de los agentes variables que allí se encuentran, tales como la contaminación o la nubosidad. Por todo ello, para diseñar sistemas de energía solar, es necesario una caracterización de la radiación disponible bajo diversas condiciones atmosféricas.

La radiación global directa (procedente directamente del Sol) se refleja por la presencia de las nubes, el vapor de agua, etc., y se dispersa por las moléculas del agua, el polvo en suspensión, etc. Esta se divide en tres partes:

- Radiación directa: formada por los rayos procedentes directamente del Sol
- Radiación difusa: procedente de toda la bóveda celeste, excepto la que llega directamente del Sol. Originada por los efectos de dispersión de los componentes de la atmósfera, incluidas las nubes.
- Radiación del albedo: procedente del suelo, debido a la reflexión de la radiación incidente sobre él. Depende directamente de la naturaleza de éste. Al cociente entre la radiación reflejada y la incidente en la superficie de la tierra se le llama albedo.

² Esta sección está basada en el programa (2000) y la publicación en línea Renewable Energy in Latin America and the Caribbean del Center for Renewable Energy and Sustainable Technology (CREST).

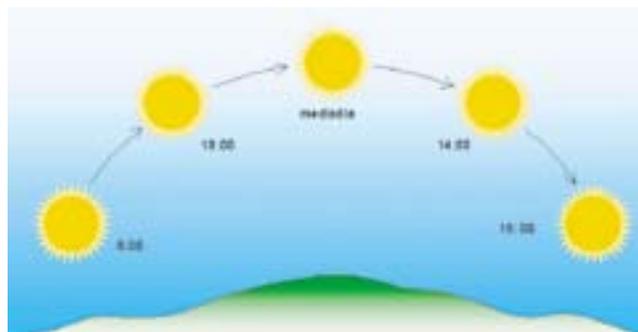
³ Esta sección está basada en información obtenida de la Asociación Danesa de la Industria Eólica (sitio web <http://www.windpower.org>)

ALGUNOS ASPECTOS TECNICOS DE LE ENERGIA SOLAR TERMICA

La radiación solar es una manifestación electromagnética de la energía, la cual presenta una amplia distribución espectral; es decir, una gran variedad de componentes elementales de distintas longitudes de onda. El rendimiento de cualquier conversión solar depende del margen de radiaciones para las que puede trabajar (los materiales de que estén formados los colectores determinan fundamentalmente esta propiedad).

Ciclos anuales y diarios

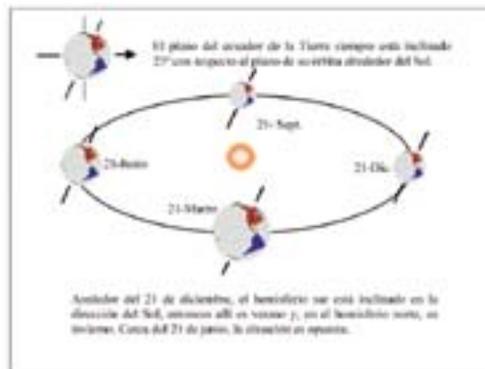
En el movimiento del Sol en el cielo existen dos ciclos: uno diario y otro anual, los cuales hacen que la intensidad de la radiación varíe. El primero es causado por la rotación de la Tierra alrededor de su eje, por lo que el Sol, aparentemente, sigue un arco en el cielo todos los días, saliendo en el este y poniéndose en el oeste. La altura del Sol en el cielo hace que la radiación sea más intensa alrededor del mediodía y menos en la madrugada y la tarde.



Ciclo diario del sol

Ciclo diario del Sol

El ciclo anual es causado por la inclinación del eje de la Tierra y la rotación alrededor del Sol, las cuales hacen que esté posicionado más alto en el cielo durante el verano que en el invierno y, por consecuencia, la radiación sea más intensa en el verano. Este fenómeno, que es más pronunciado en zonas más lejanas al Ecuador, genera las estaciones.



Inclinación del eje de la Tierra

ALGUNOS ASPECTOS TECNICOS DE LE ENERGIA SOLAR TERMICA

Absorción de la radiación solar por materiales

Cuando la radiación del Sol u otra fuente llega a una superficie, una parte es reflexionada, otra es absorbida y otra puede pasar, dependiendo del material del que esté hecha la superficie. Materiales brillantes con colores claros reflejan la mayoría de la radiación, mientras que los oscuros y mates la absorben. Materiales transparentes, como el vidrio, dejan pasar casi toda la radiación.

Para capturar y aprovechar la energía solar es que se usan los diferentes materiales.

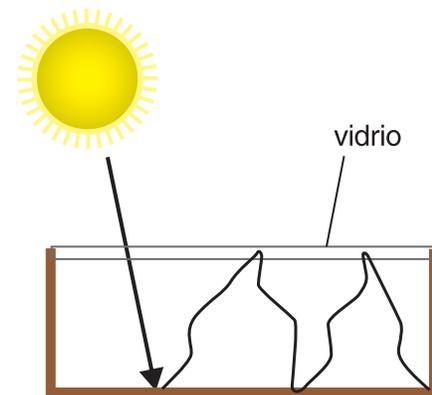
Material	Absorción (en %)	Reflexión (en %)
Pintura negra	98	2
Pintura azul oscura	90	10
Ladrillo rojo	70	30
Pintura blanca brillante	25	75
Aluminio pulido	12	88

Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno en que un vidrio (u otro material transparente) permite a la luz del Sol entrar en un espacio cerrado, pero no deja que se escape el calor, lo cual aumenta la temperatura dentro de ese espacio. Esto sucede con el vidrio porque es transparente para la luz visible, pero no para la radiación de onda larga, la cual emite muchos materiales cuando se calienta. Un ejemplo común de este fenómeno es el aumento de la temperatura dentro de un vehículo estacionado bajo el Sol.

El efecto invernadero también se efectúa a escala global. El vapor del agua y de CO₂ actúan en la atmósfera como un vidrio, permitiendo que la radiación llegue a la Tierra y manteniendo el calor. Sin este efecto, la Tierra sería demasiado fría para sostener formas de vida. Sin embargo, por la combustión de fósiles, se están incrementando las concentraciones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero en la atmósfera, lo cual causa que la temperatura del medio ambiente global aumente. A este proceso se le llama calentamiento global.

En la aplicación de la energía solar térmica, se aprovecha el efecto invernadero para calentar agua para usos domésticos e industriales, o para generar electricidad.



Efecto invernadero

Esta publicación se enmarca dentro de los esfuerzos llevados a cabo en la región de América Central por la Oficina Regional para Centroamérica de Biomass Users Network (BUN-CA) que ha ejecutado, en el período 2000 - 2002, la iniciativa regional "Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central" (FOCER), junto con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como agencia de implementación del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF).

La iniciativa FOCER tiene como objetivo la remoción de las barreras que enfrenta la energía renovable, a través del apoyo técnico y financiero a desarrolladores de proyectos, seminarios y talleres de capacitación y la asistencia a gobiernos en el desarrollo a políticas y regulaciones apropiadas para la energía renovable.

BUN-CA es una organización regional no gubernamental, que busca contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la capacidad de América Central para aumentar su producción por medio del uso sostenible de los recursos naturales, como medio para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, especialmente en las áreas rurales. El accionar de BUN-CA se enfoca en tres áreas temáticas: energía renovable, eficiencia energética y agricultura sostenible.

Manuales sobre energía renovable

SOLAR TÉRMICA



HIDRÁULICA A PEQUEÑA ESCALA • SOLAR FOTOVOLTAICA • EÓLICA • SOLAR TÉRMICA • BIOMASA



FOCER Fortalecimiento de la Capacidad en Energía Renovable para América Central

Bun-Centro América / Apartado Postal 573-2050 / San José, Costa Rica

Tel. (506) 283-88-35 / Fax. (506) 283-8845

Correo electrónico: bun-ca@bun-ca.org / biomass@racsa.co.cr

Página web: <http://www.bun-ca.org>