



Revista *Márgenes*. Vol.4, No.2, abril-junio, 2016.

**TÍTULO: ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE DEL CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR: MINIRREVISIÓN**

**Autores:** Ing. Alberto Ramón Martínez Cancio<sup>1</sup>, MSc Adapmerys Hernández Pérez<sup>2</sup>, MSc Regla María Bernal Gutiérrez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>UEB 18 de Servicios Integrales Sancti Spíritus. Correo electrónico: [alberto@alastorssp.co.cu](mailto:alberto@alastorssp.co.cu)

<sup>2</sup>Profesora del CRAI. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: [ahernandez@uniss.edu.cu](mailto:ahernandez@uniss.edu.cu)

<sup>3</sup>Profesora de la Facultad de Agronomía. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Correo electrónico: [regla@uniss.edu.cu](mailto:regla@uniss.edu.cu)

**RESUMEN**

El crecimiento de la economía mundial ha traído aparejado un consumo creciente y desmedido de energía a partir de los combustibles fósiles; la combustión de estos emite una enorme cantidad de gases de efecto invernadero, que ha provocado gran afectación ambiental y el llamado calentamiento global. Por tal motivo, se deben buscar alternativas que minimicen su impacto y fomentar el uso de las fuentes renovables de energía. El presente artículo se centra en examinar el estado del arte sobre la energía, sus fuentes y clasificación, así como el comportamiento en el mundo y en Cuba del uso de la misma. Además, se exponen los resultados que han obtenido algunos países con el uso de las fuentes renovables, en particular, la energía solar térmica. También se presenta una valoración sobre la utilización de los calentadores solares, como fuente de generación de calor para la obtención de agua caliente. Se muestran las principales características técnicas así como el principio de funcionamiento de los colectores de tubos de vidrio al vacío.

**Palabras clave:** calentadores solares; colectores solares; energía renovable; energía solar térmica; tubos de vidrio al vacío.

**TITLE: STATE ANALYSIS OF THE ART OF WATER HEATING WITH SOLAR ENERGY: A MINIREVIEW**

**ABSTRACT**

The world economy's growth has brought a growing and excessive consumption of energy starting from the fossil fuels. The combustion of these fossil fuels emits an enormous quantity of gases of greenhouse effect that has caused great environmental damage and the so-called global warming. Therefore, alternatives that diminish the impact of the greenhouse effect and that foster the use of renewable sources of energy should be found. This article has the objective of analyzing the art state of energy, its sources and classification, as well as its performance in the world and in Cuba. Moreover, the results obtained by some countries with the use of renewable sources, mainly the thermal solar energy, are showed. An appraisal of the use of the solar heaters as a heat source generator for obtaining hot water is also presented. The main technical characteristics are shown, as well as the operation principle of the collectors of vacuum glass tubes.

**Key words:** renewable energy; thermal solar energy; hot water; solar collectors; vacuum glass tubes.

**INTRODUCCIÓN**

La vida es un proceso continuo de conversión y transformación de energía. Los logros de la civilización se han basado, en gran medida, en la capacidad para acceder a diferentes tipos de energía, al desarrollar las técnicas para un aprovechamiento y transformación cada vez más eficientes. Esta resulta indispensable para el progreso de la humanidad y el crecimiento económico. La disponibilidad de energía de características adecuadas y a precios asequibles es esencial para la reducción de la pobreza, incrementar el bienestar y elevar los niveles de vida en el mundo.

El desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas primarias de tipo fósil. Producto de su uso indiscriminado se ha generado un deterioro ambiental global, que puede llegar a niveles insostenibles para la especie humana entre otras, si no se toman correctivos oportunos. Evidencias

## MINIRREVISIÓN

palpables de la degradación del ecosistema mundial son: el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono, el aumento del nivel de los mares y la lluvia ácida. Por estas razones, existe la necesidad de desarrollar otras fuentes energéticas que reemplacen los combustibles fósiles. Así, la segunda mitad del siglo XX ve el resurgimiento por una parte, y el nacimiento por otra; de un conjunto de fuentes energéticas armónicas ambientalmente, renovables y sustentables. Entre estas se incluyen la radiación solar directa, la energía solar indirecta (hidráulica, viento, olas, biomasa, térmica de los océanos), la geotérmica, las mareas y la nuclear (Posso, 2002, p. 55).

En la actualidad existe una búsqueda incesante de formas de aprovechamiento de estas energías, que sean factibles técnicamente y atractivas económicamente. Su desarrollo a gran escala permitirá una participación importante a mediano plazo en el mercado energético mundial, una mejora en la calidad de vida, un desarrollo humano sustentable y evitará así el continuo deterioro del ecosistema mundial.

La energía solar es la fuente de energía más abundante de la Tierra. Además de renovable, disponible y gratuita; está en cantidad muy superior a las necesidades energéticas de la población mundial. Durante el año, el sol arroja sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que se consume y sólo se utiliza una pequeña parte, por lo que el camino a recorrer es todavía largo. (Cuesta, s. f., p. 11).

En los últimos años se ha originado un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica, debido a la mayor sensibilidad social y política hacia temas medioambientales, y a la continua mejora y reducción de costos de los sistemas solares térmicos.

La energía solar térmica puede utilizarse para: la calefacción, la refrigeración o la deshumidificación del aire ambiente, la generación de calor de proceso y con fines de secado, el calentamiento de agua para fines industriales y domésticos hasta el tratamiento de materiales y la generación de electricidad. Esto contribuye de forma decisiva a reducir los costos energéticos y ahorrar en combustibles fósiles durante la generación de calor.

Existen autores e instituciones internacionales que han abordado este tema, promueven el uso de la energía solar térmica y logran probar en sus investigaciones

## **MINIRREVISIÓN**

la factibilidad de esta (Tomes *et al*, 2011; Vertés *et al*, 2010). En Cuba pueden citarse a Henríquez (2014), Arrastía y Limia (2011), Bértiz y Álvarez (2008), Pichs (2004, 2008), Cabrera, (2000), así como: Ministerio de Energía y Minas (2013), Ministerio de Educación (2007), Ministerio de la Industria Básica (2002) y Rensol (2013). Todos coinciden en que es imposible pensar en el desarrollo contemporáneo y mucho menos que sea sostenible, sin tener en cuenta la energía renovable.

Estos autores concuerdan además, que en el país se han ejecutado un conjunto de acciones en las que exponen, de forma demostrativa; las posibilidades del desarrollo de las fuentes renovables de energía y se promueve el uso de estas, principalmente la hidráulica, el biogás, la biomasa, la solar térmica y la eólica en casi todas las provincias del país. Por todo lo expuesto, el objetivo de este artículo se centró en analizar el estado del arte, sobre el uso de la energía solar térmica para el calentamiento de agua.

## **DESARROLLO**

La energía es el motor del mundo: mueve a las personas, climatiza sus casas, ilumina las calles, alimenta las industrias, desplaza los medios de transporte, definitivamente, es la base de cualquier actividad.

Arrastía y Limia (2011, p. 21) definen la energía como: “la capacidad de los sistemas para cambiar sus propiedades o las propiedades de otros sistemas, y que se produzcan los cambios mediante la realización de trabajo, el calentamiento o la radiación”.

El desarrollo socioeconómico está ligado a los servicios energéticos y a su vez a todo el proceso desde la extracción de los portadores, su transportación, la transformación, transmisión, distribución y consumo de la energía. Ello provoca una significativa producción de desechos, que van a parar al medio ambiente. La Figura 1 muestra el ciclo de la energía. (Arrastía, 2012).



**Figura 1. Ciclo de la energía**

La energía es un factor fundamental tanto para la subsistencia como para el desarrollo, es un instrumento de poder, causa de todas las guerras contemporáneas. Arrastía y Limia (2011, p. 25) refieren que: “Cuando un sistema interactúa con otros y entrega parte de su energía a través del calentamiento, la radiación o la realización de trabajo, se dice que está actuando como una fuente de energía”.

Por su parte Posso (2002, p. 55) plantea que: “...las fuentes de energía pueden clasificarse de variadas formas según el criterio usado, la clasificación más amplia de la misma es en renovables y no renovables. Las primeras son fuentes que pueden reponerse al generarse por procesos cíclicos de periodicidad variable (desde horas hasta años) o son inagotables. Se conocen genéricamente como energías alternativas (EA). Las segundas, son aquellas que se consumen a una mayor velocidad de lo que la naturaleza puede reemplazarlas; tal que la cantidad total disponible es cada vez menor y su posibilidad de reposición remota, en esta categoría se ubican las fuentes fósiles”.

Los autores de esta minirrevisión concuerdan con la clasificación emitida por Posso, pero desean aclarar que no es lo mismo fuente renovable que alternativa de energía. El carácter convencional o alternativo tiene que ver con el uso que se le dé a ese portador en un país o región dada. También precisar que la energía nuclear es una fuente no renovable, y que esta alternativa es todavía más peligrosa que la elección de los combustibles fósiles.

Con el pretexto de reducir el incremento del efecto invernadero, se busca desarrollar aún más las fuentes nucleares de energía. Antes del accidente de 2011 en Fukushima, Japón; funcionaban en el mundo alrededor de 440 reactores nucleares

## MINIRREVISIÓN

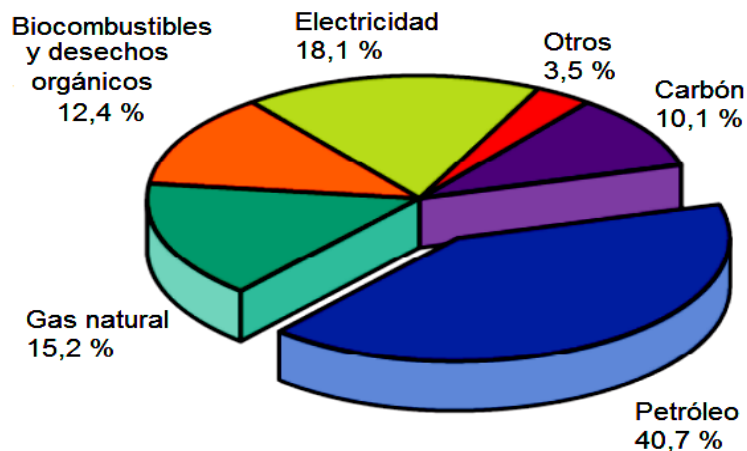
en 30 países: 104 en EE.UU., 58 en Francia y 54 en Japón, entre otros; y se estaban construyendo 59 nuevos reactores y casi 500 estaban propuestos. (Turrini, 2012, p. 38).

Henríquez (2014, p. 14) sostiene que: “La energía nuclear para la generación de electricidad contribuye al calentamiento global por la transformación de la masa en energía lo que rompe el equilibrio termodinámico del planeta”.

La energía nuclear, si bien produce muy poco dióxido de carbono, su operación presenta grandes amenazas para el ser humano y para el medio ambiente: riesgos y daños medioambientales provocados por la minería de uranio, su procesamiento y transporte, el peligro de la proliferación de armamento nuclear, el problema no resuelto de los residuos radiactivos y el riesgo potencial que conlleva un accidente grave.

Inmenso también es el gasto de agua. Para refrigerar un reactor de 1 000 MW se necesitan alrededor de 30 000 litros (L) de agua por segundo. Lo cierto es que hasta hoy ya se han producido centenas de accidentes en reactores nucleares, y no se ven soluciones concretas y seguras para eliminarlos.

La política energética mundial va en vías de dominar a los pueblos y destrucción de la naturaleza y por lo tanto, al ser humano. La Figura 2, ilustra el consumo de energía en el mundo en el 2012. (Balance Energético Mundial, 2014, p. 12).



**Figura 2.** Consumo de energía en el mundo en el 2012

Las tres fuentes de energía más importantes actuales (el petróleo, el carbón y el gas natural), son resultado de la acumulación de restos orgánicos en la naturaleza desde

## MINIRREVISIÓN

hace millones de años. El uso masivo que hoy se hace de ellas, ha provocado una drástica disminución de sus reservas en tan sólo un siglo.

El futuro de la energía a nivel mundial depende en gran parte de lo que ocurra con la producción y el consumo de los países líderes, dentro de los cuales se destacan Estados Unidos, la Unión Europea y China. Ellos determinarán el panorama futuro de la energía, que incluye la apertura de oportunidades para naciones de menor tamaño. Casi la cuarta parte de la energía que consume Estados Unidos proviene de petróleo importado y sólo el 6% se origina en fuentes renovables, aunque el país produce 20% de la polución ambiental mundial y tiene sólo 4% de la población total. (Infante, 2014, p. 9).

Este mismo autor hace referencia a que en los últimos años la oferta de energía primaria se mantiene de forma creciente en el mundo, el petróleo con la mayor participación hasta ahora. Existen grandes diferencias en cuanto a la producción y consumo per cápita de energía entre países desarrollados y en vías de desarrollo, el 33% de la energía primaria se pierde en su transformación básicamente en generación eléctrica. El petróleo es la energía primaria comerciada por excelencia entre países excedentarios y países deficitarios.

El carbón suministra el 29 % de la energía primaria consumida en el mundo, solo por detrás del petróleo. Las reservas más importantes se encuentran en Estados Unidos, Rusia, China, Australia e India. China es el mayor productor y consumidor con el 49,5 % de la producción mundial.

De los combustibles fósiles es el carbón el que más CO<sub>2</sub> y partículas volantes (hollines) emite a la atmósfera durante su combustión. El gigante asiático emite más CO<sub>2</sub> que los Estados Unidos desde 2006. Este gran aumento está vinculado a los cerca de 1 350 000 000 de personas que lo habitan, o sea unas cuatro veces más población que los Estados Unidos de América. También se debe al rápido desarrollo industrial y urbano alcanzado, y al privilegiado lugar que ocupa como exportador mundial, es la segunda economía del planeta.

En cuanto a la situación actual de la energía en Cuba, el Ministerio de Energía y Minas (2013, p. 4) afirma que existe:

## MINIRREVISIÓN

- 1.- Alta dependencia del combustible importado (53%) y por tanto baja seguridad energética.
- 2.- Baja eficiencia en el uso de los portadores energéticos, lo que implica altos costos en la producción y el consumo de energía.
- 3.- Baja utilización de las fuentes renovables de energía (FRE), solo el 4,3% en la generación de electricidad.
- 4.- Insuficiente número de empresas de servicios energéticos y de capacidades para la realización de estudios de factibilidad.

En los Lineamientos 07, 12, 244, 246 y 248 de la Política Económica y Social aprobados en el VI congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC, 2011), se puede apreciar la importancia que le concede la máxima dirección de la nación, a la eficiencia energética y en los Lineamientos 113, 247 y 267 a fomentar el incremento del uso de las fuentes renovables de energía (FRE).

Los autores de este trabajo coinciden en que para la humanidad, el camino hacia el ahorro de energía y la disminución del impacto ambiental por la generación energética, debe conducirse a través de los siguientes elementos.

- Alternativas y tecnologías que ahorren energía.
- Elevar la eficiencia de la producción y uso de la energía.
- Incremento del uso de la cogeneración.
- Producción de energía a partir de fuentes renovables.

Los países desarrollados llevan años que aplican políticas energéticas acertadas, en cuanto a reducir costos en importaciones de combustibles derivados del petróleo y frenar sus dependencias hacia este tipo de energía primaria. Para ello han introducido las FRE, y aplican nuevas tecnologías cada vez más abarcadoras y eficientes, que logran reducir facturaciones energéticas, engrosar sus economías además de reducir el volumen de gases contaminantes de efecto invernadero al medio ambiente.

Con los sistemas renovables, por lo general solo se genera localmente lo que necesitan los usuarios, y evita que la diferencia entre producción y generación se traduzca en desprendimiento de calor excesivo que afecta el entorno. Además usan fuentes energéticas gratuitas o menos costosas e inagotables, y algunas no generan



## MINIRREVISIÓN

calor sino que por el contrario, producen sombra, absorben la energía solar o mejoran el ambiente (Henríquez y Hernández, 2013, p. 5).

Los autores entienden que Henríquez y Hernández con su afirmación, defienden la generación descentralizada con fuentes renovables y en contra de los sistemas centralizados con distribución a larga distancia, que por supuesto traen aparejado grandes pérdidas, lo que conlleva a generar más de lo necesario.

Una de las características de estas fuentes renovables de energía es que en su explotación llevan implícito un respeto al medio ambiente, se encuentran y se pueden explotar de forma descentralizada para producir tanto pequeñas como grandes cantidades de energía. Si se tratan correctamente se tendrá fuentes renovables mientras brille el sol (Henríquez, 1997, p. 2).

Las energías renovables potencian el desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, de la creación de empleo, de la conservación de recursos energéticos no renovables, de la reducción de la dependencia de energéticos importados mediante el aprovechamiento de recursos locales, y de la reducción de gases de efecto invernadero y de partículas que pueden dañar el ambiente y la salud pública, entre otros.

Además, las fuentes renovables mal manejadas se pueden transformar en fuentes no renovables, al exterminar en especial las plantas y transformar en desiertos los lugares donde éstas crecen.

Más de un millardo de personas el 15% de la población mundial, aún no cuentan con acceso a la electricidad. Con una capacidad total instalada de casi 147 Giga Watt (GW), toda África cuenta con una capacidad de generación de energía menor a la de Alemania. Además, aproximadamente 2,9 millardos de personas carecen de acceso a formas limpias para cocinar. (Renewables Energy Policy Network for the 21st Century, 2015, p. 103).

Las tecnologías de generación distribuida de energía renovable ayudan a reducir estos números, al proporcionar servicios de energía esenciales y productivos en áreas remotas de los países en desarrollo. Las tecnologías renovables cada vez tienen un papel mayor (por medio de sistemas individuales y al promover un número

## MINIRREVISIÓN

creciente de mini y micro-redes), en gran parte porque son más baratas y más convenientes que las opciones convencionales.

Para Herrera (2012, p. 32) “los cinco países más importantes en capacidad instalada de energía renovable para generación de electricidad, que incluye las grandes hidroeléctricas son: China (282 GW), Estados Unidos (147 GW), Brasil (86 GW), Canadá (74 GW) y Alemania (65 GW)”.

China es el productor más importante de energía hidroeléctrica, seguido por Brasil, Estados Unidos, Canadá y Rusia. La mitad de la capacidad hidroeléctrica se concentra en estos cinco países ubicados en diferentes regiones del mundo.











Sin embargo, la construcción de grandes presas incluye el necesario desplazamiento de la población y una importante degradación del ecosistema.

Actualmente, la central hidroeléctrica más grande del mundo, la Presa de las Tres Gargantas, se encuentra en el cauce del río Yangtsé, en China, y cuenta con una capacidad instalada de 22 500 MW, se terminó de construir en 2010. La siguiente hidroeléctrica más grande en operación se encuentra en la presa de Itaipú, en el río Paraná entre Brasil y Paraguay, con una capacidad instalada de más de 14 000 MW. Cabe mencionar que Brasil produce más de 78% de su electricidad con centrales hidroeléctricas.

Un artículo publicado (Anónimo, 2013, p. 2), refiere que las energías renovables representaron el 42,4 % del total de la cobertura de la demanda eléctrica en España. La aportación renovable se incrementó en 10,5 % y permitió una reducción del 23,1% en las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector eléctrico peninsular, hasta las 61,4 millones de toneladas.

En 2014 las energías renovables representaron aproximadamente el 58,5% de las adiciones netas en la capacidad mundial de generación de estas. Las del tipo hidráulica, eólica y solar fotovoltaica (FV) dominaron el mercado. Hacia el final del año, las energías renovables constituyeron un estimado del 27,7% de la capacidad generadora de energía del planeta, suficiente para abastecer cerca del 22,8% de la electricidad mundial. La Tabla 1 compila datos al respecto (Renewables Energy Policy Network for the 21st Century, 2015, p. 17).

Tabla 1. Indicadores de Energía Renovable 2014

INDICADORES DE ENERGÍA RENOVABLE 2014				
		INICIO DE 2004 <sup>1</sup>	2013	2014
<b>INVERSIÓN</b>				
Inversión nueva (anual) en energía renovable y combustibles <sup>2</sup>	billones de dólares	45	232	270
<b>ENERGÍA</b>				
Capacidad de energía renovable (total, sin incluir hidráulica)	GW	85	560	657
Capacidad de energía renovable (total, incluir hidráulica)	GW	800	1.578	1.712
 Capacidad de energía hidráulica (total) <sup>3</sup>	GW	715	1.018	1.055
 Capacidad de bioenergía	GW	<36	88	93
 Generación de bioenergía	TWh	227	396	433
 Capacidad de energía geotérmica	GW	8,9	12,1	12,8
 Capacidad solar fotovoltaica (total)	GW	2,6	138	177
 Energía solar térmica de concentración (total)	GW	0,4	3,4	4,4
 Capacidad de energía eólica (total)	GW	48	319	370
<b>CALOR</b>				
 Capacidad de calentamiento solar de agua (total) <sup>4</sup>	GW <sub>th</sub>	86	373	406
<b>TRANSPORTE</b>				
 Producción de etanol (anual)	billones de litros	28,5	87,8	94
 Producción de biodiésel (anual)	billones de litros	2,4	26,3	29,7

**Simbología:** GW<sub>th</sub>: Giga Watt térmico

Según Cabrera (2000, p. 25), el desarrollo sostenible debe ser entendido como “un proceso para elevar la calidad de vida del ser humano como objeto y sujeto del desarrollo, por medio del progreso económico equitativo sobre la base de métodos de producción y patrones de consumo, que mantengan el equilibrio ecológico y garanticen la calidad de vida de las generaciones futuras”.

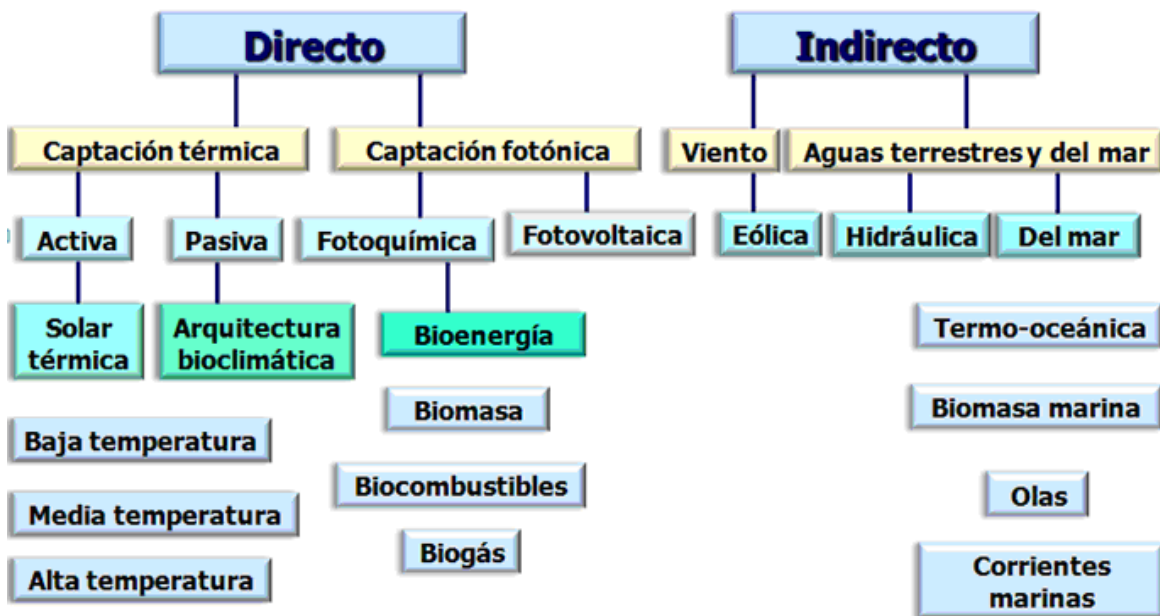
Arrastía y Corp (2013, p. 41) refieren que: “El Sol, fuente de vida y origen de las demás fuentes de energía que se han utilizado desde los albores de la historia, puede satisfacer todas nuestras necesidades si se aprende a aprovechar de forma racional la energía que continuamente incide sobre el planeta...”

## MINIRREVISIÓN

La utilización de la luz solar, el viento, la corriente de los ríos, los mares y la biomasa, más que alternativas; son las soluciones posibles hasta el momento, a las exigencias energéticas del país y del mundo de cara al desarrollo sostenible.

Si se tiene en cuenta que las previsiones actuales apuntan a que, en los próximos 6 000 millones de años, el Sol tan solo consumirá el diez por ciento del hidrógeno que contiene en su interior, se puede asegurar que se dispone de una fuente de energía gratuita, asequible a todos (cualquier país puede disponer de ella) y respetuosa con el medio ambiente, por un período de tiempo prácticamente ilimitado. (López, 2006, p. 12).

Posso (2002, p. 57) expone que: “Con las excepciones de la energía nuclear, geotérmica y mareas, todas las formas de energía usadas en la tierra se originan a partir de la energía del sol...”. La Figura 3 muestra cómo se manifiesta la energía solar (Arrastía y Corp, 2013, p. 44).



**Figura 3.** Aprovechamiento de la energía solar

Como muestra la Figura 3, la energía que proviene del Sol se manifiesta de manera directa e indirecta, y se puede transformar en energía eléctrica o térmica.

## MINIRREVISIÓN

La radiación es el único mecanismo de transferencia de calor que no requiere de un medio material, pues las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío. Es la forma por la cual la energía térmica llega desde el Sol a la Tierra.

La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, que considera la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, se llama constante solar, y su valor medio es  $1\,353\text{ W/m}^2$ , la cual varía en un 0,2% en un período de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, siendo alrededor de  $1\,000\text{ W/m}^2$ , debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Esta porción de energía se conoce como radiación directa. (Guevara, 2003, p. 3).

Otra parte de la energía solar que llega a la superficie de la tierra se denomina radiación difusa que es aquella energía solar reflejada por la atmósfera terrestre, en especial por las nubes.

La radiación total es la suma de las radiaciones directa, difusa y reflejada que se reciben sobre una superficie.

La radiación emitida por el Sol, está en el intervalo de longitudes de onda entre  $0,1\ \mu\text{m}$  y  $3,0\ \mu\text{m}$ , conocida como banda solar. Del total de la energía contenida en esas longitudes de onda, el 7% está en la región del ultravioleta, el 46,8% en la visible y el resto en la banda del infrarrojo cercano. La radiación emitida por cuerpos a  $100\text{ }^\circ\text{C}$  ó más, ocurre en la región del infrarrojo, entre  $0,7$  y  $100\ \mu\text{m}$ . La región de longitudes de onda superiores a  $3,0\ \mu\text{m}$  se conoce como banda de emisión. (Boero y Blengio, 2009, p. 7)

Cuando un rayo de luz llega a un cuerpo éste es reflejado, absorbido o transmitido. La propiedad de un cuerpo de reflejar los rayos de luz está determinada por su reflexividad ( $\rho$ ); la de absorción de la luz por su absorbencia ( $\alpha$ ), y la de transmitir o dejar pasar la luz por su transmisividad ( $\tau$ ). La suma de la reflexividad, la absorbencia y la transmisividad de un cuerpo es la unidad, lo que puede expresarse por:

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

Para las longitudes de onda del espectro solar lo importante es el valor de absorptividad, y para la banda de emisión es la emisividad. Una pintura negra común presenta el valor de ambas propiedades elevadas y constantes para todas las

## MINIRREVISIÓN

longitudes de onda. Una pintura selectiva, en cambio, tendrá absorptividad y emisividad elevadas para longitudes de onda menores a  $3 \mu\text{m}$  y bajas para mayores. Las radiaciones de calor que provienen del sol son de "onda corta" o banda solar, las radiaciones de calor de los cuerpos a "baja temperatura" son radiaciones de onda larga o banda de emisión. Este hecho es muy importante para la comprensión de la forma de captación del calor del sol, en un panel colector solar cerrado.

Varios autores (Henríquez ,2014; Arrastía y Limia, 2011; Bérriz y Álvarez, 2008) coinciden que la intensidad de la radiación solar en Cuba, tiene un valor considerable, entre  $900 \text{ W/m}^2$  y  $1000 \text{ W/m}^2$ , cuando incide perpendicularmente sobre una superficie. Esto representa un promedio aproximado de  $400 \text{ W/m}^2$  sobre la superficie de la tierra, y más de  $5 \text{ KW/h}$  al día por  $\text{m}^2$  como valor promedio anual. Ello significa que en cada  $\text{m}^2$  del territorio cubano recibe diariamente la energía solar equivalente a  $0,5 \text{ kg}$  de petróleo, prácticamente invariable todo el año. La mayor insolación ocurre entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m.

Aunque es muy abundante, el aprovechamiento de la radiación solar está condicionado por tres aspectos:

- La intensidad de radiación solar recibida por la tierra.
- Los ciclos diarios y anuales a los que está sometida.
- Las condiciones climatológicas de cada emplazamiento.

La intensidad de energía solar disponible en un punto determinado de la Tierra depende, de forma complicada pero predecible, del día del año, de la hora y de la latitud.

La energía solar térmica puede obtenerse al emplear sistemas de captación, que se han desarrollado con el avance de la tecnología, ya sea un calentador de agua, de aire o un secador. Estos equipos deben cumplir los requisitos de captar un máximo de radiación solar, perder un mínimo de energía, trabajar con alta eficiencia a la temperatura requerida, ser duradero, mantenimiento sencillo; además, el costo debe ser el mínimo.

Las instalaciones para la producción de agua caliente mediante energía solar, están compuestas por: paneles, que transforman el calor proveniente del sol en energía térmica, mediante el "efecto invernadero". El calor se almacena al mantener la

## MINIRREVISIÓN

temperatura del agua alta, en un tanque aislado térmicamente, con suficiente capacidad para cubrir las necesidades de un día. El agua caliente sanitaria se usa a una temperatura de 50 °C, que se puede alcanzar fácilmente con captadores solares planos.

El mejor aprovechamiento del recurso solar, es uno de los requisitos para garantizar el buen funcionamiento de la instalación y menor inversión en la implantación del sistema, además de un mayor ahorro al final del mes. La instalación correcta y optimizada de una batería de colectores solares, exige una definición previa de las inclinaciones y orientaciones más adecuadas, que varían en función de la posición geográfica de la localidad en estudio y del perfil de consumo de agua caliente.

Según la temperatura alcanzada, los sistemas de energía solar térmica se pueden clasificar en:

- **Sistemas de Baja Temperatura:** El rango de temperatura de funcionamiento se encuentra por debajo de los 90 °C, para lo cual se emplean colectores solares planos, compactos y de tubos de vidrio al vacío. La mayor utilidad consiste en aplicaciones domésticas, como agua caliente, calefacción y otras.
- **Sistemas de Media Temperatura:** Hasta los 300 °C, mediante colectores de concentración, reciben la radiación debidamente concentrada en unos dispositivos para tal efecto. Sus aplicaciones se centran en procesos industriales y para la producción de electricidad.
- **Sistemas de alta temperatura:** Se utilizan dispositivos que consiguen la concentración en un punto de la radiación, alcanzando temperaturas superiores a los 350 °C. La aplicación principal es la obtención de vapor para generación de electricidad.

Las empresas alemanas de energía solar térmica como la “German Paradigma Group” y “Viessmann” poseen una vasta experiencia en la producción, planificación y construcción de instalaciones termosolares y sus componentes. Desde finales de los 80 y principios de los 90 del siglo pasado, se pusieron en marcha varios planes para la construcción de plantas de energía solar y tejados solares. Además el gobierno alemán ha fomentado la implantación de este tipo de energía con subvenciones y otras ayudas.

## MINIRREVISIÓN

Como muestra antes la Tabla 1, la capacidad acumulativa de captadores de agua alcanzó un estimado de 406 GW<sub>th</sub> al final del 2014. Una vez más, China reportó cerca del 80% del mercado mundial para captadores solares de agua, seguido por Turquía, Brasil, India y Alemania. La tendencia se dirige hacia un calentamiento doméstico de agua mayor en hoteles, escuelas y otros complejos de gran tamaño. (Renewables Energy Policy Network for the 21st Century, 2015, p. 68).

Chipre: resulta ser el país que más cantidad de energía solar produce por habitante, y más del 93% de sus edificios contienen captadores solares térmicos. Su potencia instalada es de 423 kW por cada 1 000 habitantes.

Grecia: es capaz de abastecer a uno de cada cuatro habitantes mediante la energía solar, y sus instalaciones de energía solar suponen más del 20 % de todos los países europeos.

China: nación con una mayor superficie de captadores solares instalados, con el 70 % de todos los captadores del mundo.

Israel: es uno de los países más avanzados. Una ley instaurada hace más de 20 años, obliga a que los edificios estén dotados de colectores solares, lo que implica que el 85% de las viviendas aprovechen la energía solar.

El Ministerio de Energías y Minas (2015) refiere que en Cuba se han instalado 10 500 calentadores solares, fundamentalmente en el sector turístico. Forma parte de la política para el Desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables y el Uso Eficiente de la Energía, donde se aprobó instalar a corto plazo 100 mil m<sup>2</sup> de calentadores en las viviendas y otros 100 mil m<sup>2</sup> en centros industriales y de servicio. Dentro de los sistemas de agua caliente solar por termosifón (en la que el fluido de trabajo circula por convección libre), están los clasificados como abiertos y directos que se caracterizan por:

- Menor complejidad constructiva
- No existe transferencia de calor entre fluidos.
- El agua que pasa por los colectores es la de consumo.
- Tienen mayor eficiencia

La Figura 4 compila imágenes de varios tipos de colectores solares para el calentamiento de agua. (Bérriz, 2008).





**Figura 4.** Calentadores solares más utilizados en Cuba

De ellos el de menor costo y más eficiente es el calentador solar de tubos de vidrio al vacío. Consiste en un conjunto de estos dispositivos integrados en una sola unidad y un tanque de almacenamiento, unidos mediante una junta hermética de silicona. El agua caliente es menos densa que la fría y tiende a subir por convección. Esto es lo que ocurre entre el colector de tubos y el termo tanque, con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo.

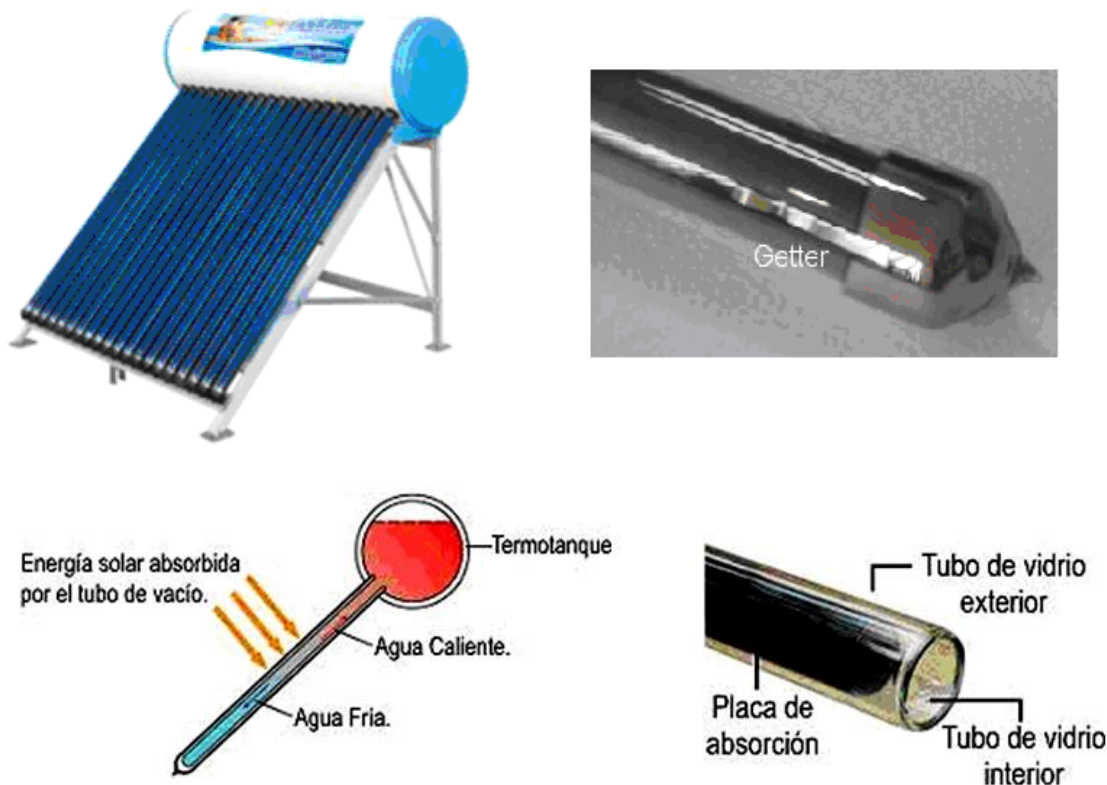
“Los calentadores solares de tubos al vacío son fabricados con alta calidad. Dada la baja emisividad del tubo (0,08), su alta absorptividad (0,93) y su aislamiento por vacío, se consiguen rendimientos superiores a otros tipos de colectores solares”. (Bérriz, 2007, p. 5).

El termo tanque, está forrado con un aislante térmico de poliuretano inyectado a alta presión, que disminuye las pérdidas de temperatura nocturnas entre 3 °C y 5 °C.

Bérriz (2008) sostiene que los calentadores de tubos de vidrios al vacío tienen el mismo principio de trabajo que los colectores de plato plano, o sea, la radiación es recibida por el absorbedor y llevada en forma de calor hacia un tanque acumulador. La diferencia consiste en que el absorbedor está formado por tubos, en los cuales se ha hecho vacío para disminuir las pérdidas de calor. Dentro del mismo van colocadas

## MINIRREVISIÓN

las secciones del plato absorbedor, como se muestra en la Figura 5 (Placco, Saravia, y Cadena, 2008).



**Figura 5.** Calentador solar termosifónico de tubos de vidrio al vacío

Durante la fabricación para formar el vacío, el aire es extraído del espacio entre los dos tubos de vidrio. Con el vacío entre ambos tubos se disminuyen considerablemente las pérdidas por conducción y convección, la sustancia portadora de calor queda aislada del medio ambiente. Ello evita que el frío o el viento puedan afectar su rendimiento, y lograr así, alcanzar temperaturas elevadas en breve tiempo. Para completar el vacío, se expone a altas temperaturas una pequeña cantidad de bario, que reacciona con el oxígeno que pudiera quedar entre los dos tubos de vidrio. El fondo del tubo exterior se cubre con una capa de bario puro, el cual le proporciona color plateado. Esta coloración indica que el tubo mantiene el vacío, de perderse el mismo, la capa toma color blanco, lo que indica ineficiencia en el trabajo del tubo. Gracias a esta tecnología, los calentadores solares pueden elevar la temperatura del agua entre 60 °C y 75 °C en solo tres horas de exposición a la luz solar, lo que supera la capacidad de caldeoamiento de un calentador ordinario. Los componentes

## MINIRREVISIÓN

clave son: los tubos de vidrio al vacío de alta tecnología, que absorben no solamente los rayos solares directos (radiación solar directa), sino también la radiación difusa.

Bérriz (2008, p. 64) expone que estos equipos trabajan a presión atmosférica, toleran como máximo 1,5 m de altura de columna de agua sobre el nivel del tanque. Los tubos tienen buena resistencia a golpes, capaz de resistir el impacto de un granizo de hasta 25 mm de diámetro. Con estos sistemas se puede esperar un promedio de temperatura de hasta 45°C a 95°C. Proporciona suficiente agua caliente al considerar que durante el baño, la temperatura usual es de 32°C a 43°C.

La estructura del colector (la forma redonda de los tubos y la separación entre ellos), permiten que el sol y el viento puedan circular libremente entre los tubos. Este hecho, hace que estos colectores sean menos dependientes de la orientación respecto al sol y más resistentes a los vientos, sobre todo cuando se montan en azoteas planas. Con anclaje correcto en un ángulo de inclinación máximo de 30° y el tanque termo lleno de agua, soportan vientos máximos de hasta 150 km/h. Además, el polvo no se acumula tanto como en los planos, lo que los hace más limpios.

Como todo sistema de calentamiento de agua, las altas concentraciones de calcio y magnesio provocan incrustaciones. En el caso del vidrio de los tubos, la limpieza manual o química es mucho más sencilla, se recomienda siempre lograr un contenido de sales de calcio y magnesio inferior a 150 mg. L<sup>-1</sup>.

El mantenimiento requerido es el mismo que un sistema convencional, con la ventaja que cada tubo es independiente, y pueden ser sustituido de manera rápida.

La vigilancia y mantenimiento preventivo aumentan la fiabilidad y prolongan la duración del sistema. Implica limpiar los tubos con periodicidad, revisión semestral o anual por personal calificado, en dependencia de las dimensiones del campo de colectores y la sustitución de elementos desgastados por el uso.

La creciente demanda, la experiencia y las nuevas tecnologías de fabricación de los tubos de vacío a nivel mundial; han permitido que en la actualidad, los colectores de tubo de vacío sean más económicos que los colectores planos.

Para la instalación de los calentadores de tubos de vidrio al vacío, se deben considerar los siguientes requisitos técnicos.

- Suministro permanente de agua.

## MINIRREVISIÓN

- Tanque acumulador de agua (TA) a temperatura ambiente. Puede ser el propio tanque de la vivienda.
- Altura máxima (presión) del nivel del líquido en el TA, no exceder de 3,5 m.
- Altura mínima debe ser 1,5 m desde el nivel de piso donde se ubica el calentador, hasta el fondo del TA,
- La orientación sur (en el hemisferio norte) corresponderá con la línea longitudinal de los tubos al vacío.
- Los calentadores no se ubicarán bajo la sombra.
- Si se ubican en techos, estos deben tener la resistencia para soportar el peso del equipo y del personal encargado de la instalación, el mantenimiento o reparación.

En Cuba, un gran porcentaje de la población calienta agua para el aseo personal y mayoritariamente emplea electricidad para satisfacer este servicio. Ello implica generar 855 GWh al año y combustionar 190 mil toneladas de combustible fósil. En este proceso se emiten 600 mil toneladas de GEI, que se evitarían en gran medida si se emplean calentadores solares (Ministerio de Educación, Cuba, 2007, p. 3).

Para diagnosticar el ahorro que pudiera significar la introducción del uso de esta fuente, los autores de este artículo valoran que se debe considerar lo siguiente:

- Utilizar el calentador de tubos al vacío modelo LPC 47-1510-30 ACF de 1 m<sup>2</sup> con termo tanque de 90 L. Se producen en Cuba (Rensol, 2014).
- Capacidad de entrega de los colectores de 90 L a 130 L de agua caliente a 45 °C al día.
- Eficiencia del calentador 70 % a 50 °C.
- La temperatura media del agua (en Sancti Spiritus es de 25,9 °C).
- Como valor promedio de la radiación solar, se utiliza en los cálculos de diseño 5,00 kWh/m<sup>2</sup> día, que equivale a 1 825 kWh/m<sup>2</sup> al año.
- Índice de consumo de combustible para la generación de electricidad = 0,240 kg/kWh.
- Costo de la energía eléctrica=0,21 \$/kWh. (Stolik, 2014, p. 34)

La valoración inicial con los usuarios definitivos de una instalación solar, examinará sobre el alcance de la red de agua caliente que identifica el uso:

## MINIRREVISIÓN

- Sanitario en el aseo.
- En cocinas
- En bares y cafeterías
- En baños públicos
- La cantidad de personas que accedan al servicio en cada uno de estos lugares.

Hasta tanto no se elabore la Norma Cubana (NC) correspondiente a la dotación de agua caliente, se recomienda utilizar los valores de las Tablas 2 y 3 (Berriz, L., Iglesias, J., Álvarez, M., Penelo, F., Morales, D., Pérez, W. y otros, 2015).

**Tabla 2.** L/día a 45°C recomendados según usuario

No	Usuario	L/día a 45 °C	Unidad
1	Vivienda	20-30	Por persona
2	Hospitales	20-30	Por cama
3	Hogares de Ancianos y Maternos	20	Por cama
4	Círculos infantiles	10	Por niño
5	Escuelas	10	Por estudiante
6	Duchas Colectivas	10	Por servicio
7	Gimnasios	15-20	Por usuario
8	Restaurantes	3-6	Por comida
9	Cafeterías	1	Por comida
10	Fabricas y Talleres	10	Por persona
11	Centros de elaboración de alimentos	2-4	Por comida

**Tabla 3.** L/día a 50 °C de acuerdo con el tipo de utilización sin incluir lavandería

Tipo de utilización	L/día de agua caliente a 50 °C
Por huésped en habitación hotel ☆☆☆☆☆	90

## MINIRREVISIÓN

Por huésped en habitación hotel	☆☆☆☆	70
Por huésped en habitación hotel	☆☆☆☆	50

Existe un alto potencial de ahorro de energía, pero el tiempo de recuperación no es el mismo en cada aplicación. La inversión se amortiza rápido donde se sustituyen consumos reales de agua caliente, la capacidad del calentador se emplea casi totalmente en grupos numerosos de personas. Entre las aplicaciones de rápida recuperación se presentan:

- Hospitales de menor formato o estructurados por pabellones
- Hogares maternos, de ancianos y de impedidos físicos
- Cocinas de numerosos comensales
- Albergues y alojamientos para estudiantes y trabajadores
- Círculos infantiles
- Habitaciones turísticas

La eficiencia del calentador de tubos al vacío LPC 47-1510-30 ACF de 1 m<sup>2</sup> es de 70% a 50 °C. Con el propósito de hacer un cálculo más conservador se utilizó el 60% de eficiencia, por tal se obtiene que cada calentador solar de de 1 m<sup>2</sup> de área de captación, puede producir como promedio 3 kWh cada día como energía térmica, o sea, 1 095 MWh al año. Con el consiguiente ahorro de \$230,00 CUC anuales.

El costo del calentador de tubos al vacío LPC 47-1510-30 ACF de 1 m<sup>2</sup> con termotanque de 90 L, producido en la Empresa RENSOL es de \$240,50 CUC. El costo del módulo de instalación para un calentador es de \$30,64 CUC, con lo cual el precio total del equipo instalado asciende a \$271,14 CUC (Rensol, 2014).

Se evidencia que el periodo simple de recuperación de la inversión de calentadores solares de tubos al vacío, para el calentamiento de agua, es de un año y tres meses. Algunos autores como Bériz, (2008) refieren que en aquellas aplicaciones donde se le dé un uso más intensivo al equipo, se aproveche al máximo su potencialidad y existan medidas estrictas de ahorro; la inversión se recupera en un año.

En viviendas, el consumo se determina en función del número de personas que la habitan, este se sitúa entre 20 y 25 litros de agua caliente a 45 °C por persona y día. Un calentador solar doméstico de un metro cuadrado de área de captación caliente,

## MINIRREVISIÓN

como promedio, 130 litros de agua a 45 °C, lo que es suficiente para un hogar de cuatro a cinco habitantes, no solamente para el baño, sino también para la cocina y el lavado de la ropa.

El caso masivo de las viviendas es más complejo. Una familia cubana típica de cuatro personas al calentar el agua en cubos, sin derrochar el preciado líquido, con un promedio de 12 L por persona, solo para el baño, es decir 48 litros de agua caliente a 38 °C, puede consumir un mínimo de 682 Wh/día. Este no incluye el despilfarro por sobrecalentamiento y el descuido, que son muy frecuentes en los moradores cuando calientan agua.

Es importante aclarar que el dispositivo eléctrico utilizado para el calentamiento de agua, puede distorsionar apreciablemente los valores de consumo para este propósito, por ejemplo al utilizar la hornilla eléctrica de resistencia con un jarro o cazuela del menaje vendido a la población, se gasta más del doble de electricidad que si se emplea el calentador de agua (tirabuzón).

Agua caliente para cocinar. Ahorro posible partiendo de usar agua a 50 °C. En raciones para cuatro personas. (Ministerio de la Industria Sideromecánica y la Electrónica, Cuba, 2007, p. 5).

Arroz blanco: 19 Wh

Frijoles: 44 Wh

Plátano hervido; 192 Wh

Yuca hervida: 85 Wh

Otros:

Una cafetera de 3 tazas: 13 Wh

Hervir 1 litro de agua: 53 Wh

Cálculos realizados por los autores de esta minirrevisión, en base a una familia de cuatro personas que haga ocho comidas en la casa a la semana, de ellas: arroz siete veces, frijol tres veces, vianda cinco veces y café doce veces; se obtendría 135 Wh/día, lo que resulta un consumo por persona de 33,75 Wh/día.

Consumo por familia (sin contemplar lavado y hervido de ropa, fregado y otros usos).

- Por bañarse: 682 Wh/día
- Por cocinar: 135 Wh/día

## **MINIRREVISIÓN**

El consumo total asciende a 817 Wh/día. Al considerar este gasto energético invariable durante el año, se obtiene que una familia de cuatro personas demande de la red eléctrica 298,21 kWh/año, por valor de \$62,62 CUC. Por lo tanto la inversión en un calentador solar de tubos al vacío de 1 m<sup>2</sup> con termo tanque de 90 L, puede recuperarse en cuatro años y cuatro meses.

Al realizar este mismo cálculo para una vivienda de cinco personas se puede obtener que el tiempo de recuperación de la inversión disminuye, sin embargo para una casa de dos habitantes, utilizando este mismo calentador, que es el más pequeño que se fabrica en Cuba, la inversión se recupera casi a los nueve años.

Los autores consideran que debido a la situación financiera que tiene el país, el caso de las viviendas debe ser bien analizado, cuando se tiene pocos fondos debe invertirse donde más de y mejor se recupere, por lo que los hogares con baja composición no deben ser los prioritarios en este tipo de inversión. Es preciso para este fin, desarrollar colectores pequeños con más bajo costo y adecuados al clima.

La disminución en el consumo eléctrico y con ello de la quema de combustibles fósiles, reduce la generación de gases contaminantes además de atenuar la contribución a efectos como la lluvia ácida y al efecto invernadero.

Canvi Climatic (2011) expone que cada kg de fuel-oil quemado produce 3,05 kg de CO<sub>2</sub>.

Un calentador solar de tubos al vacío LPC 47-1510-30 ACF de 1 m<sup>2</sup>, puede ahorrar al año, 1,1 MWh de energía eléctrica, lo que permite dejar de combustionar 262,8 kg de fuel oil y se evita la emisión de 801,5 kg de CO<sub>2</sub>.

## **CONCLUSIONES**

Las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar deben solucionar en el futuro, la mayor parte de las necesidades energéticas de la humanidad.

En aquellas instalaciones donde la capacidad del calentador solar se emplea casi totalmente, la inversión se puede recuperar en un año y tres meses.

En el caso de las viviendas la recuperación de la inversión varía en dependencia de la composición del núcleo familiar y de los hábitos de consumo de agua caliente.



## MINIRREVISIÓN

Para viviendas con baja composición de personas, no es factible el uso de calentador de tubos al vacío LPC 47-1510-30 ACF de 1 m<sup>2</sup>, se requerirá de un modelo más pequeño con factibilidad económica.

Por cada calentador solar de tubos al vacío de 1 m<sup>2</sup>, se puede evitar la emisión de 801,5 kg de CO<sub>2</sub> al año.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anónimo. (2013). *El buen comportamiento de las energías renovables*. Recuperado de <http://movil.ecoticias.com>

Arrastía, M. A. (2012). *Las fuentes renovables de energía*. La Habana: Cubaenergía. Recuperado de [www.cubaenergia.cu](http://www.cubaenergia.cu)

Arrastía, M. A. y Corp, S. (2013). *Energía: El invencible Dios Sol*. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica. ISBN: 978-959-05-0682-6

Arrastía Ávila, M. A. y Limia, M. E. (2011). *Energía y cambio Climático*. La Habana, Cuba: Editorial Academia. ISBN: 978-959-270-227-1

Balance Energético Mundial. (2014). *Situación y perspectivas relacionadas con refinación de petróleo*. Recuperado de [www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/industria/Introduccion.pdf](http://www.fing.edu.uy/iq/cursos/qica/industria/Introduccion.pdf)

Bérriz, L. (2007). Calentador solar de tubos al vacío: Una opción eficiente y sostenible para el calentamiento de agua. En revista *Energía y tú*, (39), 3-7. ISSN: 1028-9925

Bérriz, L. (2008). *Ventajas y desventajas de los calentadores solares*. En revista *Energía y tú*, (55), 12-14. ISSN: 1028-9925

Bérriz, L. y Álvarez, M. (2008). *Manual para el cálculo y diseño de calentadores solares*. La Habana, Cuba: Editorial Cubasolar. ISBN: 978-959-7113-36-2

Bérriz, L., Iglesias, J., Álvarez, M., Penelo, F., Morales, D., Pérez, W. y otros. (2015). *Recomendaciones para proyectos de instalaciones con calentadores solares de tubos al vacío termosifónico*. [Versión electrónica] La Habana, Cuba.

Boero, G. y G. Blengio. (2009). *Manual de energía solar térmica e instalaciones asociadas*. Uruguay: Universidad ORT. ISBN: 978-9974-8130-5-2

Cabrera, J. J. (2000). *Globalización y medio ambiente en América Latina y el Caribe*. La Habana, Cuba: Centro de Estudios de América.

## MINIRREVISIÓN

Canvi Climatic (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Oficina Catalana del Canvi Climatic. Cataluña, España: Comisión Interdepartamental del Cambio Climático.

Cuesta, J. R. de la (s. f.). *Diseño de instalaciones solares térmicas para la producción de agua caliente sanitaria. Aplicación a un edificio de viviendas*. Universidad de Sevilla, España: Escuela Superior de Ingenieros.

Guevara, S. (2003). *Teoría para el diseño de calentadores solares de agua*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental.

Henríquez, B, y Hernández A. M. (2013). Calor tecnológico y calentamiento global: El enemigo olvidado. *EcoSolar: revista científica de las fuentes renovables de energía*, (46), 47-52. ISSN: 1028-6004, RNPS: 2220

Henríquez, B. (1997). Las fuentes renovables de energía. *En revista Energía y Tú*, (0), 1-2. ISSN: 1028-9925

Henríquez, B. (2014). *Balance energético*. La Habana, Cuba: CubaSolar.

Herrera, J. H. (2012). *Prospectiva de Energías Renovables: 2012-2026*. México: Secretaría de Energía SENER. Recuperado de [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

Infante, A. (2014). *Perspectivas de la situación energética mundial. Las oportunidades para Colombia*. Recuperado de [www.scielo.org.co](http://www.scielo.org.co)

López, J. M. (2006). *Manual de Energía renovable: Energía solar térmica*. España: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Recuperado de [www.idae.es](http://www.idae.es)

Ministerio de Educación. (2007). *Curso Energía y Cambio Climático*. Universidad Para Todos: Parte 2. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación. ISBN: 978-959-270-178-6

Ministerio de Energía y Minas. (2013). *Tendencias actuales de la gestión, la eficiencia y la conservación energética en Cuba: Sistemas de gestión, eficiencia y conservación energética en Cuba*. [Versión electrónica]. La Habana, Cuba: Oficina Nacional para el Control del Uso Racional de la Energía (ONURE).

## MINIRREVISIÓN

Ministerio de Energía y Minas. (2015). *Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía: 8ª Conferencia Internacional de Energías Renovables (CIER)*. [Versión electrónica] La Habana, Cuba.

Ministerio de la Industria Básica. (2002). *Ahorro de energía y respeto ambiental: Bases para un futuro sostenible*. La Habana, Cuba: Editora Política. ISBN: 959-01-0509-2.

Ministerio de la Industria Sideromecánica y la Electrónica, Cuba. (2007). *Estudio preliminar sobre las oportunidades del ahorro de energía con calentadores solares*. [Versión electrónica]. La Habana, Cuba.

Partido Comunista de Cuba. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social: VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*. [Versión electrónica]. La Habana, Cuba.

Pichs, R. (2004). *Economía mundial, energía y medio ambiente*. Editorial Ciencias Sociales, La Habana, Cuba. ISBN: 959-06-0662-8.

Pichs, R. (2008). *Cambio climático. Globalización y desarrollo*: Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-05-0536-2.

Placco, C., Saravia, L., y Cadena, C. (2008). *Colectores solares para agua caliente*. Salta, Argentina: INENCO, UNSa –CONICET.

Posso, F. (2002). Energía y ambiente: pasado, presente y futuro: Parte 2. En revista *Geoenseñanza*. 7(1-2), 54-73.

Renewables Energy Policy Network for the 21st Century. (2015). *Renewables global status report*. Paris, Francia: Rue de Milan UNEP. Recuperado de [www. Ren21.net](http://www.Ren21.net) ISBN: 978-3-9815934-6-4.

Rensol, (2013). *¿Qué es un calentador solar de tubos de vacío y cómo funciona?* Recuperado de [http://www.alastor\\_ingenieria.cubaindustria.cu](http://www.alastor_ingenieria.cubaindustria.cu)

Rensol. (2014). *Calentador LPC47--1510 ACF*. Ficha de Precio. SIME.

Stolik, D. (2014). *Estrategia FV en Cuba*. Seminario UNE [Versión electrónica]. La Habana, Cuba.

Tomes, D., Lakshmanan, P. & Songstad, D. (2011). *Biofuels. Global Impact on Renewable Energy, Production Agriculture, and Technological Advancements*. Springer Science+Business Media, LLC 2011. e-ISBN 978-1-4419-7145-6.

## **MINIRREVISIÓN**

Turrini, E. (2012). Las lecciones de Fukushima. *Revista Energía y tú*, (59), 38-40.  
ISSN: 1028-9925, RNPS: 2220.

Vertés, A., N. Qureshi, H. P. Blascheh & Yukawa, H. (2010). *Biomass to Biofuels: Strategies for Global Industries*. USA: Edit. John Wiley & Sons, Ltd. ISBN 978-04-0470-51312-5.

**Recibido: 20/10/2015**

**Aceptado: 01/04/2016**