

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**“Comparativo entre dos tipos diferentes de materiales económicos para la construcción de calentadores solares”**

**P O R**

**ANDREA MONSERRATH DE LA ROSA MUÑOZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

Torreón, Coahuila

Diciembre de 2012

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Comparativo entre dos tipos diferentes de materiales económicos para la  
construcción de calentadores solares”

TESIS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

POR:

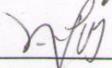
ANDREA MONSERRATH DE LA ROSA MUÑOZ

APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES

ASESOR PRINCIPAL

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOEL LIMONES AVITIA

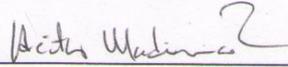
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
MC. NORMA L. ORTIZ GUERRERO

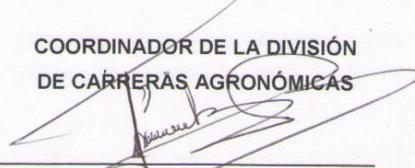
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. HECTOR MADINAVEITIA RÍOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

  
\_\_\_\_\_  
DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

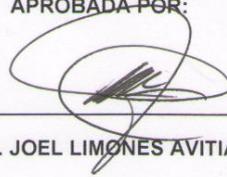


Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO  
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE:  
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

APROBADA POR:

PRESIDENTE



ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL



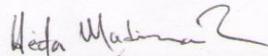
MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO

VOCAL



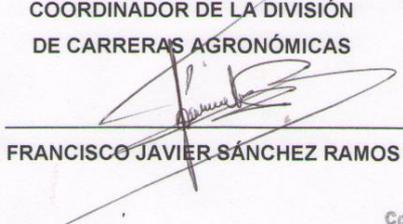
DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE



DR. HECTOR MADINAVEITIA RÍOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN  
DE CARRERAS AGRONÓMICAS



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

*Por todas las bendiciones que me has dado a mi vida, por darme la oportunidad de realizar mi sueño de terminar mi carrera y hoy se convierte en realidad. Por siempre tomarme de la mano para levantarme y nunca dejarme caer en los momentos difíciles.*

### **A MI "ALMA TERRA MATER":**

*Por darme la oportunidad de finalizar mis estudios en esta Institución, por enseñarme hacer una diferente persona, por esas enseñanzas que día a día me las dabas. Por conocer a personas de diferentes estados y compartir con ellos alegrías, logros, emociones y felicidad.*

### **A MIS ASESORES:**

*Ing. Joel Limones Avitia, M.C Norma Ortiz, DR. Alfredo Ogaz y DR. Héctor Madinaveitia por haberme ayudado a realizar mi Tesis. Por dedicar un tiempo para atenderme y por su apoyo.*

*A la I.Q.I Gabriela Muñoz Dávila por atenderme cuando más lo necesite, apoyarme y darme consejos para salir adelante.*

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

*A cada una de las personas que conocí en estos cuatro años y medio, estoy agradecida por haberme brindado su amistad. Sus palabras, su*

*confianza, sus alegrías, sus tristezas, sus logros, sus enojos, compartir esos convívios, hablar cada uno de sus costumbres, sus comidas, sus tradiciones de cada uno de los estados. Fue bonito compartir con ustedes todo eso, esos cumpleaños de cada uno, divertirnos mojándonos, apoyándonos, salirnos de clases, esos momentos cuando teníamos exámenes que todos nos sentábamos hasta atrás, pasarnos copia, reclamar si algo no nos parecía correcto, esa unión en momentos difíciles. Fue muy agradable convivir con diferentes personas, de carreras diferentes y me llevare recuerdos que no olvidare. Existo en su vida y fue un gusto conocerlos.*

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PAPAS:**

*Gracias por haberme apoyado en esta última etapa de mis estudios. Estoy muy agradecida con ustedes porque siempre me dieron ánimos para salir adelante, nunca dejarme vencer y sobre todo echarle ganas al estudio. Fue una etapa muy importante en mi vida, ustedes sabían que esta no era la carrera que quería estudiar pero me dijeron que iba hacer algo importante y así lo fue. Ahora ya soy toda una profesionalista gracias a su apoyo saque la carrera adelante y siempre trayéndoles buenos resultados, gracias también por apoyar mi decisión de irme a realizar mis prácticas fuera de la casa, fue una experiencia bonita y sobre todo aprendí muchas cosas, fue triste dejarlos un tiempo solos porque sé que yo soy su compañía de todos los días, estoy a un paso de terminar la carrera y me siento muy feliz que ustedes también comparten esa felicidad a mi lado. Son unos excelentes padres y unos muy buenos ejemplos a seguir. Gracias por estar en esos momentos importantes a mi lado, los AMO muchísimo Papá y Mamá.*

### **A MIS HERMANAS:**

*Gaby y Fer, gracias porque ustedes también me apoyaron a salir adelante. Gaby gracias por atenderme en tu casa esos tres meses que estuve allí realizando mis prácticas profesionales. Fer tu siempre apoyándome en todo y dándome ánimos para salir adelante, Gracias Hermanas las quiero mucho.*

***A MIS SOBRINAS:***

*A mis tres hermosas princesas Annel, Frida y Renata, y a mi Angelita Regina (†). Mis niñas gracias por siempre darme una sonrisa, sus travesuras, esas peleas, esos gritos, verlas bailar, brincar y mi Regina por mandarme esas bendiciones para salir adelante en mi carrera Te Extraño pequeña. Las quiero mis princesas.*

***A MIS CUÑADOS:***

*Luis y Jorge, Gracias por siempre ayudarme y echarme la mano cuando lo necesito, esos ánimos que me dan y porque sé que ustedes me quieren ver siempre con la cara en alto y no dejarme caer. Los quiero.*

***A JUAN CARLOS CARMONA NAVARRETE:***

*Gracias por ser el compañero que me siguió desde el principio de la carrera y ahora estamos a un paso de terminarla y seguimos juntos. Esas palabras, esos ánimos, esos halagos, esas pláticas me sirvieron de mucho, no dejarme vencer, siempre me quieres ver con una sonrisa, esos apoyos que siempre me has dado. Por compartir alegrías, tristezas, llantos, enojos, estrés y desesperos, siempre estabas y estas ahí para apoyarme y nunca me has dejado sola. Fue una hermosa etapa en la que nos conocimos y sigue siendo hermosa porque compartimos toda la carrera juntos. Gracias, Te Amo.*

## Contenido

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS .....	iii
Resumen .....	vii
Introducción.....	1
Objetivo .....	3
Objetivo general.....	3
Hipótesis .....	3
Revisión de Literatura .....	4
¿Qué son las energías renovables? .....	4
Fuentes de Energía.....	5
Energía Renovable .....	6
Energía No Renovable.....	7
Clasificación de Energía Renovable y No Renovable .....	8
Uso de la Energía .....	8
¿Qué es la Energía?.....	9
¿Qué es la Energía Solar?.....	11
Ventajas de la utilización de la Energía Solar .....	14
Inconvenientes de la utilización de la Energía Solar .....	15
Energía Solar Fotovoltaica.....	16
Calentadores solares .....	17
Tipos de calentadores.....	21
Colectores solares planos.....	22
Calentador solar de agua.....	23
Calentadores solares de agua pasivos y activos .....	24
Colectores solares .....	25
¿Por qué un calentador solar?.....	26
¿Cómo funciona un calentador solar? .....	27
Ventajas de los calentadores solares.....	28
Desventajas de los calentadores solares.....	28
Materiales y métodos .....	29

Resultados y Discusión .....	31
Conclusiones .....	33
Recomendaciones.....	33
BIBLIOGRAFIA .....	34

## Resumen

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el tiempo desde su concepción

La energía proveniente del sol, puede ser transformada para adaptarla a nuestras necesidades de consumo eléctrico o de consumo de calor. Las ventajas de la energía solar son innumerables, y se resumen en que es una fuente de energía inagotable y limpia.

La energía del sol sólo la podemos captar durante el día, para hacer gestionable la energía solar, deberemos acompañarla de otras fuentes de energía renovable que suplan las carencias de suministro durante la noche, o acompañar a las centrales solares termoeléctricas de sistemas de almacenamiento de energía.

Un calentador solar es un aparato que utiliza el calor del sol (energía solar) para calentar alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, salmuera, glicol o incluso aire. Su uso más común es para calentar agua para uso en albercas o servicios sanitarios (duchas, lavado de ropa o trastes etc.) tanto en ambientes domésticos como hoteles. Son sencillos y resistentes, pueden tener una vida útil de hasta 20 años sin mayor mantenimiento.

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50%-75% o inclusive 100% si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad. Aunque muchos países en vías de desarrollo cuentan con climas muy propicios para el uso de estos sistemas, su uso no está extendido debido al costo inicial de la instalación. Los calentadores tienen una elevada eficiencia para captar la energía solar.

**Palabras clave:** desarrollo, energía solar, radiación, renovable, tecnología.

## Introducción

El hombre, a lo largo de su historia evolutiva ha realizado mediante su propio esfuerzo físico actividades que consumían energía, apoyándose adicionalmente en los animales domésticos como los caballos, bueyes, etc. Hasta la llegada de la Revolución Industrial, la utilización de sistemas mecánicos para proporcionar energía se limitaban a los molinos de viento o de agua. Cualquier aplicación de estas tecnologías para la realización de trabajos resultaba de poco rendimiento. ([http://www.natureduca.com/energ\\_introd\\_historia1.php](http://www.natureduca.com/energ_introd_historia1.php)).

A partir aproximadamente del año 3.000 a.c. se empieza a utilizar una fuente de energía diferente, que permite el movimiento de pequeñas embarcaciones en el Nilo sin la necesidad de efectuar un arrastre desde las orillas del río: el viento. Esta situación se mantiene estable hasta hace unos trescientos años, cuando surge la primera revolución industrial, basada esencialmente en el carbón. Así, durante los tres últimos siglos, la industrialización de todos los países del mundo se ha basado esencialmente en la combustión de carbones e hidrocarburos. La mayores exigencias de calidad de vida de los países más avanzados, ha acarreado una fuerte dependencia y consumo de estas fuentes de energía. ([http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/amedioa/historia\\_renovables.pdf](http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/amedioa/historia_renovables.pdf)).

El Sol se formó hace unos 4500 millones de años por la compresión gravitatoria del fondo interestelar, rico en hidrógeno. El calentamiento originado por ese aumento de presión le permite alcanzar temperaturas interiores del orden de  $10^7$ °K que son lo suficientemente altas para provocar la fusión de los núcleos de hidrogeno, formando helio y liberando una gran cantidad de energía. La energía solar es por lo tanto de origen nuclear pero nos llega a la Tierra en forma de emisión térmica después de un largo proceso de interacción con las cargas que constituyen sus capas de externas. La mayor parte de la energía utilizado por los seres vivos en la Tierra proviene en origen del Sol. (G.García, 2008).

Prácticamente toda la energía que llega a la Tierra procede del Sol. Una pequeñísima parte de ella se utiliza para mantener la vida orgánica en la biosfera y el resto, dejando aparte la acumulación debida al calentamiento global, se disipa al exterior. Por otro lado, la diferencia de radiación solar entre las distintas zonas de la Tierra a lo largo del año y la variación diaria para una zona determinada provocan los fenómenos meteorológicos (vientos, lluvias, nevadas, etc.). O sea que la mayor parte de las energías utilizables, exceptuando la nuclear y la geotérmica, provienen de una fuente única que es el Sol. (L. Jutglar, 2004)

El Sol representa un papel destacado en nuestra vida, y no hay más que pensar en su influencia en los ciclos agrícolas o en la distribución de tareas a lo largo del día. Una influencia que ha llevado a numerosas civilizaciones a lo largo de la historia a dotar al sol de un fuerte valor simbólico, y una influencia de la que el hombre siempre ha intentado sacar provecho. (M. García, L. Arribas 1999)

El efecto fotovoltaico se descubrió por primera vez en 1839 por el físico Alexandre-Edmond Becquerel. Sus estudios fueron fundamentados para el desarrollo del aprovechamiento de la energía fotovoltaica. En el año 1883 el inventor norteamericano Charles Fritts construyó la primera celda solar con una pequeña eficiencia del 1%. La construyó usando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de otro, su costo era muy elevado al usar oro en su fabricación, por lo que esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad, se empleó para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. (M. Fernández, 2010)

## **Objetivo**

### **Objetivo general**

Comprobar el funcionamiento de calentadores solares contruidos con dos tipos diferentes de materiales económicos.

### **Hipótesis**

Los materiales económicos pueden emplearse para la construcción de calentadores de agua mediante la captura de la energía solar.

## Revisión de Literatura

### ¿Qué son las energías renovables?

De una forma sumamente sencilla, se puede definir las Energías Renovables como aquellas fuentes primarias de energía, que de forma periódica, se renuevan a través de ciclos naturales, por lo que se pueden considerar inagotables; es decir, se renuevan de forma continua, en contraposición con los combustibles fósiles de los que existen unas determinadas reservas agotables en un plazo de tiempo determinado; el hombre puede aprovechar las fuentes renovables de energía mediante su transformación en energía útil. (E. López, 2000).

Han sido aprovechadas por el hombre desde hace mucho tiempo, básicamente acompañadas de la energía animal, y su empleo continuo durante toda la historia hasta la llegada de la “Revolución Industrial”, en la que la aparición del carbón, con una densidad energética muy superior a la de la biomasa y su menor precio, desplazó a estas. Posteriormente, el petróleo fue desplazando en muchas aplicaciones al carbón debido a su mayor limpieza, mayor poder calorífico y su carácter fluido. En el siglo XX aparece un nuevo recurso, más limpio y con mayores reservas, el gas natural, del que se dice será la energía del siglo XXI, con lo que es de suponer que también sufrirá una crisis a lo largo de este siglo. Durante los últimos años, precisamente pensando en el futuro agotamiento de la fuente de energía fósil, en la gran dependencia exterior de muchos países de estas, en el progresivo incremento de su costo y en los problemas medioambientales derivados de su explotación, transporte y consumo, se está produciendo un renacer de las energías renovables. Las energías renovables son aquellas que se producen de manera continua y son inagotables a escala humana. (J. Méndez *et al* 2007).

La energía permanece constante, pero puede cambiar de forma, lo que tiene lugar mediante diferentes procesos o dispositivos. La primera y más importante transformación tiene lugar en las plantas verdes, que convierten la energía luminosa

que les llega del Sol en energía química almacenada en su biomasa. El hombre, al descubrir el fuego, comenzó a transformar esta biomasa en energía térmica, que usó para calentarse y cocinar. (J. De Juana, 2003).

Las energías renovables o energías del futuro, y son aquellas que producen electricidad a partir del sol, el viento y el agua. Son fuentes inagotables pero que todavía presentan grandes dificultades de almacenamiento y son menos eficientes ya que las instalaciones tienen poca potencia y el coste de producción es elevado. (<http://www.energiarenovable.com>).

Se pueden definir las energías renovables como aquellas fuentes primarias de energía que, de forma periódica, se renuevan a través de ciclos naturales, por lo que se pueden considerar inagotables; es decir, se renuevan de forma continua, en contraposición con los combustibles fósiles de los que existen unas determinadas reservas agotables en un plazo de tiempo determinado; el hombre puede aprovechar las fuentes renovables de energía mediante su transformación en energía útil. (E. Domingo, 2000).

## **Fuentes de Energía**

La principal fuente de energía para la Tierra es el Sol. Sin su energía sería imposible la vida, y en lugar de ser un planeta vivo, lleno de vida, sería un planeta muerto, como el resto de los planetas de nuestro sistema solar. Es muy importante aprovechar esta energía, abundante y gratuita, que nos proporciona el Sol y evitar que la mala utilización de otras energías alteren el equilibrio ecológico de los sistemas, y de forma especial la atmósfera, los campos, los ríos y mares y la vida que en ellos se desarrolla. (J. Roldán, 2009)

La energía se produce en diferentes fuentes y es almacenada de distintas formas. Las fuentes se pueden clasificar en primarias o secundarias, según pueda obtenerse

de ellas la energía directamente o sea necesario recurrir a otra fuente. (J. De Juana, García 2003).

Son recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable en sus actividades. El origen de casi todas las fuentes de energía es el Sol, que recarga los depósitos de energía. ([http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/fuentes.htm?4&0](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/fuentes.htm?4&0)).

Otra fuente natural es la radioactiva (energía nuclear, energía geotérmica) y finalmente el aprovechamiento de la fuerza gravitatoria que origina las mareas y los saltos de agua. (G. García, 2008)

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: permanentes (renovables) y temporales (agotables). En principio, las fuentes permanentes son las que tienen origen solar, de hecho todos sabemos que el Sol permanecerá por más tiempo que la especie humana. Así pues, los combustibles fósiles se consideran fuentes no renovables ya que la tasa de utilización es muy superior al ritmo de formación del propio recurso. ([http://www.edualter.org/material/consumo/energia4\\_1.htm](http://www.edualter.org/material/consumo/energia4_1.htm)).

## **Energía Renovable**

Las energías renovables son aquellas que se derivan de la energía que el sol nos envía de forma continua a la Tierra. Las podemos recuperar bajo diferentes formas: radiación solar, viento, movimiento de aguas y la materia orgánica que no tiene otras aplicaciones, fitomasa o biomasa según el contenido que queramos considerar en este concepto: materia vegetal o también la derivada de los animales. (E. Menéndez, 1997).

Son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana, aunque habría que decir que, para fuentes como la biomasa, esto es así siempre que respeten los ciclos naturales. El sol está en el origen de todas las energías renovables, porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que da origen a los vientos, fuentes de la energía eólica. Del Sol también procede la energía hidráulica, porque el ciclo del agua y causa la evaporación que dispone la formación de las nubes y, por tanto, de las lluvias. Las plantas se sirven del Sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer; toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente de las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica. (P. Mosquera, L. Ruesga, 2006).

### **Energía No Renovable**

Se denominan así aquellas fuentes de energía que se han formado a lo largo de las épocas geológicas pasadas y como consecuencia de condiciones geológicas determinadas. Recibe el nombre de combustibles porque generalmente se las ha utilizado y se las utiliza como tales, que forma que con su combustión liberan la energía solar que acumularon hace millones de años. El carácter de fuente de energía no renovable les viene dado por el hecho que de una vez liberada la energía que contienen deberían transcurrir muchísimos años para que volvieran a generarse. (J. Puig, J. Corominas, 1990).

La energía no renovable es un término genérico referido a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y que, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable, o la producción desde otras fuentes es demasiado pequeña como para resultar útil a corto plazo. (<http://www.slideshare.net/escuela15de6/energa-renovable-y-no-renovable>).

## Clasificación de Energía Renovable y No Renovable

Las energías se pueden dividir de la siguiente manera:

ENERGIAS RENOVABLES: SOLAR-HIDRAULICA-EOLICA-BIOMASA-MAREOMOTRIZ-ENERGIA DE LASOLAR-GEOTERMICA
ENERGIAS NO RENOVABLES: CARBON-PETROLEO-GAS NATURAL

Las energías renovables proceden del sol, del viento, del agua de los ríos, del mar, del interior de la tierra, y de los residuos. Hoy por hoy, constituyen un complemento a las energías convencionales fósiles (carbón, petróleo, gas natural) cuyo consumo actual, cada vez más elevado, está provocando el agotamiento de los recursos y graves problemas ambientales. (<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-solar-fenercom.pdf>).

### Uso de la Energía

El uso de la energía ha acompañado a la actividad de los seres humanos desde la más remota antigüedad. La mera existencia de un ser humano exige que este ingiera alimentos, que no son otra cosa que combustibles biológicos, en las cantidades precisas para mantener el metabolismo basal y llevar a cabo los procesos vitales, así como para realizar el trabajo necesario para sobrevivir. (J. González, 2009)

Al mirar a nuestro alrededor nos encontramos con manifestaciones continuas de consumo de energía. En general utilizada con un alto grado de derroche; se estima que manteniendo el mismo nivel de vida podríamos consumir una tercera parte

menos de energía que la que demandamos si aplicáramos medidas de uso eficiente, tanto técnicas como culturales. En las viviendas y edificios de servicio se consume energía eléctrica y combustibles, para la iluminación, calefacción, refrigeración y otras aplicaciones. (E. Menéndez, 1997).

## **¿Qué es la Energía?**

El hombre, a lo largo de su historia evolutiva ha realizado mediante su propio esfuerzo actividades que consumían energía, apoyándose adicionalmente en los animales domésticos como los caballos y bueyes. Hasta la llegada de la Revolución Industrial, la utilización de sistemas mecánicos para proporcionar energía se limitaban a los molinos de viento o de agua. Cualquier aplicación de estas tecnologías para la realización de trabajos resultaba de poco rendimiento. ([http://www.natureduca.com/energ\\_introd\\_historia1.php](http://www.natureduca.com/energ_introd_historia1.php)).

Las primeras utilizaciones de la energía solar se pierden en la lejanía de los tiempos. No obstante, por algunas tablillas de arcilla halladas en Mesopotamia, se sabe que hacia el año 2000 antes de J.C. las sacerdotisas encendían el fuego sagrado de los altares mediante espejos curvados de oro pulido. Arquímedes utilizó espejos cóncavos, con los cuales incendió las naves romanas durante el renacimiento. Kicher (1601-1680) encendió una pila de leña a distancia utilizando espejos por un procedimiento similar al utilizado por Arquímedes. Ehrenfried von Tschirnhaus (1651-1700), que era miembro de la Academia Nacional Francesa de la Ciencia, logró fundir materiales cerámicos mediante la utilización de una lente de 76 cm. de diámetro. George Louis Leclerc (1707-1788) fabricó un horno solar compuesto por 360 espejos con un foco común e hizo una demostración en los jardines del Palacio de Versalles, encendiendo una pila de leña a 60 m. El primer colector solar plano fue fabricado por el suizo Nicholas de Saussure (1740-1799), y estaba compuesto por una cubierta de vidrio y una placa metálica negra encerrada en una caja con su correspondiente aislamiento térmico. Este colector solar se utilizó para cocinar alimentos que se introducían en su interior. Antoine Lavoisier (1743-1794), célebre

químico francés descubridor del oxígeno, experimenté con lentes de 130 cm de diámetro y fundió el platino, cuyo punto de fusión es de 17600C. John Herschell, hijo del célebre astrónomo británico William Herschell, descubridor del planeta Urano, utilizó colectores solares de dos cubiertas también para cocinar alimentos, obteniendo en 1837 un prototipo que alcanzaba los 1160C. En 1874 se instaló en Las Salinas (Chile) un destilador solar pasivo, consistente en 4700 m<sup>2</sup> de superficie acristalada que producían 23000 litros de agua dulce al día. Este destilador funcionó durante 40 años hasta que fue traída el agua mediante una tubería desde Antofagasta. En 1875, el francés Mouchont realizó un colector cónico de 18.6 m<sup>2</sup> de área de abertura, destinado a la producción de vapor y que fue presentado en París. Este colector tuvo un accidente como consecuencia de haberse quedado sin agua. Abel Pifre utilizó en la Exposición de París del año 1878 un colector doble parabólico para la producción de vapor, con el cual se accionaba una pequeña imprenta. A principios del siglo pasado la utilización de la energía solar tuvo especial Interés en Estados Unidos, principalmente en California, donde se hicieron algunos trabajos y estudios en colaboración con astrónomos, construyéndose algunos prototipos de grandes dimensiones. El abaratamiento de los combustibles, como consecuencia de la I Guerra Mundial, dio al traste con todos estos trabajos. (<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/historia-de-la-energia-solar/>).

La energía ha llegado a ser algo familiar en nuestras vidas. En muchas ocasiones energía equivale a su trabajo en su sentido corriente y su empleo significa un ahorro de trabajo en el transporte de la tierra y por mar, y en los trabajos en las minas, canteras, obras públicas, y agricultura y en las fábricas. El uso de la energía no presenta un ahorro de trabajo en los procesos físico-químicos, en los que la energía es un componente esencial para lograr por ejemplo la fusión de los metales, ni cuando se consume directamente la energía para calentarse o iluminarse. En aquellos casos en que la energía equivale a ahorro de trabajo, lo mismo puede conseguirse con el esfuerzo personal que con el petróleo o los animales. La mayoría de científicos y técnicos saben de la energía que es la capacidad de realizar un trabajo usando ahora ambos términos en el sentido estricto de la física y poco más.

Algunos científicos y técnicos críticos, ecologistas y conservacionistas advirtieron especialmente después de la primera crisis del petróleo en 1973 de los problemas derivados del sistema energéticos: agotamiento de recursos fósiles, vertidos de contaminantes más allá de la capacidad de regeneración de los ecosistemas, dependencias de los suministros externos de energía y de tecnología, peligros de accidentes de consecuencias graves. Todos los seres vivos estamos profundamente relacionados con la energía puesto que precisamos de ella para sobrevivir y somos unos mecanismos transformadores de energía. Desde el inicio de la humanidad la energía ha sido utilizada para cubrir las necesidades básicas de alimentación, obtención y cocción de los productos y para conseguir una cierta calefacción e iluminación. Desde la civilización del fuego la energía se ha utilizado también con el fin de conseguir unos objetivos que sin ella serían imposibles. (J. Puig, J. Corominas 1990).

La energía es un importante insumo para satisfacer las necesidades humanas básicas y suministrar los servicios fundamentales, se utiliza para cocinar, proporcionar agua, luz eléctrica, servicios de salud, en las comunicaciones y la educación. También es un elemento vital para mejorar la producción rural y la seguridad alimentaria mediante la preparación de las tierras, su fertilización, para el riego, la industria agropecuaria, la conservación y el transporte. En muchas zonas rurales de los países en desarrollo, actualmente las necesidades de energía se satisfacen sobre todo con combustibles de biomasa, y con trabajo humano y animal. (B. Van *et al* 2000).

### **¿Qué es la Energía Solar?**

La historia de la energía solar se remonta hasta los mismos límites de la prehistoria, quizás hasta la era de las tablillas de arcilla de Mesopotamia, cuando las sacerdotisas de los templos utilizaban vasijas de oro pulidas para encender el fuego de los altares. (A. Meinel, M. Meinel 1982).

La energía solar directa es la energía del Sol sin transformar, que calienta e ilumina. Necesita sistemas de capacitación y de almacenamiento y aprovechar la radiación del Sol de varias maneras diferentes: utilización directa, mediante la incorporación de acristalamiento y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica. Transformación de calor: es la llamada energía solar térmica, que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del Sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria (ACS), dar apoyo a la calefacción para atemperar piscinas, etc.(J. Méndez *et al* 2007).

La energía solar es la energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio. La energía radiante procedente del Sol proporciona excedentes de calor que superan con creces el suministro actual de energía. La Tierra recibe del Sol anualmente alrededor de  $5,4 \times 1.024 \text{ J}$ , lo que supone 4,500 veces el consumo mundial de energía. La energía solar también supera ampliamente a otras fuentes de energía, como la geotérmica, la de las mareas, la nuclear o la que proporcionan los combustibles fósiles. Por otro lado, los rayos solares conducen a otros tipos de energía, como la hidráulica, la eólica, la de las mareas, la de la biomasa, etc. Paradójicamente, otro indicador de la abundancia de energía solar es el mismo cambio climático. Entre los beneficios de la energía solar se encuentran ser una energía renovable, gratuita e inagotable. La energía solar implica un suministro seguro, igualdad y desarrollo, mejora en la salud, superación de las fluctuaciones del precio del petróleo, suministro de agua limpia, mitigación del cambio climático, y la común creencia según la cual “no abra necesidad de guerras a causa de la energía solar”. Los inconvenientes de la energía solar son bien conocidos: la radiación llega a la Tierra de forma dispersa, intermitente (disponible únicamente durante las horas del día) e inadecuadamente distribuida sobre la superficie terrestre. (M. Romero, 2009).

La energía solar es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma térmica o eléctrica, para su consumo posterior allá donde se necesite. El elemento encargado de captar la radiación solar y transformarla en energía útil es el panel solar, pudiendo ser de dos clases: captadores solares térmicos y módulos fotovoltaicos. La energía solar es una de las fuentes de energía que más desarrollo está experimentando en los últimos años y que más expectativas tiene para el futuro. (<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-solar-fenercom.pdf>).

La energía solar es la energía obtenida directamente del Sol. Aparte de su uso como fuente de iluminación, la radiación solar que incide en la Tierra puede aprovecharse de dos maneras:

Transformación de la radiación solar en calor: Se denomina energía solar térmica. Consiste en transformar la radiación solar en calor, que puede aprovecharse para producir agua caliente destinada al consumo doméstico. El calor también puede utilizarse para producir energía mecánica mediante un ciclo termodinámico y, a través de un alternador, generar energía eléctrica: es la denominada energía solar termoeléctrica.

Transformación de la radiación solar en electricidad: Se denomina energía solar fotovoltaica. Esta transformación se lleva a cabo en los elementos semiconductores que integran los paneles solares fotovoltaicos. La electricidad puede ser utilizada de forma directa, almacenada en baterías, e incluso se puede inyectar en la red de distribución eléctrica. (P. Rufes, 2005).

La energía solar térmica o energía termosolar, consiste en el aprovechamiento de la energía del Sol para generar calor mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Esta energía solar se encarga de calentar el agua u otro tipo de fluidos a temperaturas que podrán oscilar entre 40° y 50°, con un rendimiento aceptable, y no debiendo superar los 80°, con un rendimiento menor. Esta agua caliente se podrá

usar posteriormente para cocinar o para la producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción, o para producción de energía mecánica y a partir de ella, de energía eléctrica. La potencia de la radiación solar, de forma genérica, se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre, aunque varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas y la latitud. El Sol es fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la historia, para satisfacer sus necesidades. La energía que el sol arroja en un segundo sobre la tierra, equivaldría al consumo global mundial de energía durante el año. (M. Fernández, 2010).

Nuestro Sol, situado a una distancia de la Tierra 143 millones de kilómetros, es una esfera de alrededor de 1,4 millones de Km de diámetro que contiene gases, helio e hidrógeno a una alta temperatura; esta alta temperatura unida a una presión 70 billones de veces más alta que la de nuestra atmósfera produce una liberación de energía desde el centro de la esfera solar hacia el exterior. De esta manera y desde hace millones de años, una cantidad inmensa de energía proveniente del Sol llega cada día a la superficie terrestre y este proceso seguirá produciéndose durante millones de años. Esta energía puede ser capturada por el hombre para ser aprovechada en forma de calor, energía solar térmica o bien puede ser convertida directamente en electricidad a través de las llamadas células fotovoltaicas o energía solar fotovoltaica, se calcula que el potencial de energía solar aprovechable anualmente, con la tecnología actual, es mil veces superior al consumo energético anual de la población mundial. (E. Domingo, 2000).

### **Ventajas de la utilización de la Energía Solar**

Las ventajas del recurso solar para la producción directa de energía eléctrica se pueden concretar en:

- Un inmenso potencial, al no tener límite la energía solar que podemos captar y además disponer su superficie suficiente como para cubrir varias veces toda nuestra demanda de energía.
- Un balance energético muy positivo, pues genera, dependiendo de las tecnologías y la localización de las instalaciones, entre diez y veinte veces más energía de la que necesito para producirlas.
- La vida útil de los generadores fotovoltaicos es elevada y además exige un mantenimiento mínimo en tiempo, costo y especialización profesional, ya que puede instalarse de forma que un siempre particular se encargue de ello.
- Una producción máxima al mediodía, justo cuando hay mayor demanda de energía. Con ello se aplanan los picos de la demanda, se reduce el precio de la electricidad y se necesitan menos inversiones en las redes eléctricas de distribución.
- Una solución muy adecuada para suministrar electricidad a áreas remotas o rurales, aisladas de la red eléctrica, siendo en muchos lugares el único recurso energético aprovechable. En algunos casos, como en las aplicaciones especiales, es la solución óptima.
- Una enorme facilidad para integrar los paneles solares en la edificación, sustituyendo los materiales constructivos por elementos generadores de electricidad limpia y creando diseños arquitectónicos innovadores. (M. Romero, 2010).

### **Inconvenientes de la utilización de la Energía Solar**

El uso y aprovechamiento del recurso solar para la producción directa de energía eléctrica presenta también sus inconvenientes, al igual que el de los demás recursos renovables:

- Baja densidad energética obtenible del recurso, pues requiere una gran superficie en posible competencia con otros usos.
- Bajo rendimiento en el proceso de transformación de la energía solar en energía eléctrica.

- Generación discontinua de electricidad debido a la propia naturaleza de la fuente de energía (día-noche).
- Debido al factor anterior, en sistemas aislados se requiere una mayor capacidad de almacenamiento de energía para abastecer normalmente consumos nocturnos.
- Debido al costo de la inversión para una instalación fotovoltaica, en muchos casos su implantación es dependiente de las primas a la producción concedidas por las entidades gubernamentales y de otras subvenciones. (M. Romero, 2010).

## **Energía Solar Fotovoltaica**

Las células fotovoltaicas convierten la luz solar en electricidad. A pequeña escala, esta tecnología puede producir energía eléctrica para iluminar, refrigerar y prestar otros servicios, especialmente en áreas geográficas remotas y medios rurales a los que no puede llegar la red eléctrica general o su extensión hasta estos lugares es muy costosa. A mayor escala, las tecnologías fotovoltaicas pueden ser utilizadas en centrales de generación para verte la electricidad generada a la red. Las mayores virtualidades de los sistemas solares fotovoltaicos radican en su fácil utilización, bajas necesidades de mantenimiento, su carácter no contaminante y, sobre todo, en que la luz solar es gratuita e inagotable. (E. Domingo, 2000).

El aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica se realiza a través de la transformación directa de la energía solar en energía eléctrica mediante el llamado efecto fotovoltaico. Esta transformación se lleva a cabo mediante “células solares” que están fabricadas con materiales semiconductores que generan electricidad cuando incide sobre ellos la radiación solar. (<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-solar-fenercom.pdf>).

La electricidad es la forma más versátil de energía que tenemos. Es una tecnología que genera corriente continua (potencia medida en vatios o kilovatios) por medio de

semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones. Mientras la luz incide sobre una célula solar, que es el nombre dado al elemento fotovoltaico individual, se genera potencia eléctrica; cuando la luz extingue, la electricidad desaparece. Las células solares no necesitan ser cargadas como las baterías. Algunas células solares vienen manteniéndose en operación terrestre o en el espacio desde hace 30 años. ([http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_2e5c69a6.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf)).

La energía solar fotovoltaica es un claro ejemplo de aprovechamiento. Consiste en transformar la energía luminosa procedente del sol en energía eléctrica, mediante la exposición al sol de ciertos materiales convenientemente tratados (silicio purificado a partir de arena mediante complejos procedimientos, fundamentalmente), y la posterior recogida de la electricidad generada. A grandes rasgos, los sistemas que aprovechan la Energía Solar Fotovoltaica consta de un generador (paneles fotovoltaicos, responsables de la producción de electricidad), un acumulador (para poder almacenar la energía sobrante y utilizarla cuando sea necesaria), y un regulador (elemento de control entre los anteriores y los equipos que consumen la energía). La posibilidad de almacenar la energía para su posterior utilización permite adecuar los procesos de generación y consumo, si bien con ciertas limitaciones. (M. García, L. Arribas 1999).

## **Calentadores solares**

En el siglo XIX, científicos europeos y estadounidenses desarrollaron los calentadores solares de caja, actualmente llamados compactos. Demostraron que en estos equipos se podían conseguir temperaturas del agua superiores a 90 °C, pero cuando pretendieron comercializarlos, no pudieron, pues en los meses de invierno estos equipos se congelaban. Desarrollaron entonces equipos complejos, con intercambiadores de calor y sustancias anticongelantes que, aunque más costosos y menos eficientes, pudieran resistir las condiciones del clima prevalecientes en esos países. La mayoría de los calentadores solares que se comercializan en el mercado

internacional están diseñados para países fríos, donde el agua se congela si no se toman medidas especiales. Por eso están formados por una placa captadora de la radiación solar y un tanque termoacumulador independiente. Son equipos caros y poco eficientes Científicos cubanos, formados por nuestra Revolución, estudiaron en la década de los años setenta los distintos tipos de calentadores solares disponibles en el mercado mundial y comprobaron que aunque en Cuba el agua no se congelaba, su dureza provocaba rápidas incrustaciones en la placa captadora expuesta directamente al Sol y en poco tiempo los equipos dejaban de funcionar, por muy buenos y costosos que fueran. Desde aquel momento empezaron a desarrollar nuevos modelos de calentadores solares compactos con una eficiencia superior a 60 %, y demostraron que estos equipos resultaron muy superiores a los existentes en el mercado para los países tropicales. Estos logros fueron presentados en eventos internacionales y publicados en revistas científicas. Fue entonces cuando algunos países industrializados empezaron a producir calentadores solares compactos, para seguir controlando su comercio en los países del trópico. Los calentadores solares compactos son muy sencillos, eficientes y de bajo costo, y han demostrado ser una solución energética eficaz para el calentamiento de agua. Es bueno destacar que el calentador solar sirve, además, para ahorrar energía durante la cocción de alimentos, debido al uso de agua precalentada. No lleva el mismo tiempo calentar agua de 20 a 100 °C, que de 60 a 100 °C. Toda energía que se entregue al agua por medio de la radiación solar en el proceso de cocción de alimentos, es energía que no es necesario generar con electricidad ni con combustible. (<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia33/HTML/articulo02.htm>).

La historia nos dice que ya en el año 212 a.C. Arquímedes atacó la flota romana en Siracusa concentrando los rayos solar para quemar las naves. Los egipcios y posteriormente los incas veneraban al Sol como un dios importante, reconociendo con esto la influencia del Sol en la agricultura y en las condiciones climáticas. Modernas teorías explican el origen de variadas y antiguas construcciones

megalíticas como calendarios o instrumentos rudimentarios que calculan el paso del tiempo y determinan el año solar. Stonehenge (2400 a.C) en Inglaterra; Teotihuacany el calendario azteca en México, Tiahuanaco en el altiplano boliviano, las pirámides mayas en Tikal y muchas otras construcciones en los diversos continentes, son testigos de la preocupación e importancia que el hombre antiguo dio a la determinación del movimiento del sol a través del año. Posteriormente en las últimas décadas del 1700. Lavoisier realizó experimentos con concentradores u hornos solares. El Ingeniero Charles Wilson instalo en 1872 un destilador solar de aproximadamente 5000 metros cuadrados de superficie, que producía alrededor de 21500 litros por día de agua dulce para la población que trabajaba en las faenas mineras del Salitre. Esta instalación funciono durante cuarenta años hasta que la mina fue abandonada. Fue por lo tanto la primera aplicación industrial de la energía solar en gran escala. En Egipto, Norteamérica y otros países, en los primeros años de este siglo se fabricaron y patentaron numerosos calentadores o maquinas impulsadas por la energía solar, pero sin llegar a difundirse, debido principalmente al bajo costo del petróleo. En los satélites puestos en órbita por el hombre en los últimos años de la década del 50, iban celdas solares que convertían directamente de la energía solar en energía eléctrica necesaria para los instrumentos de a bordo. (P. Sarmiento, 2007).

En el verano de 1909, en una pequeña tienda al aire libre de un suburbio de Los Ángeles, un ingeniero llamado *William J. Bailey* comenzó a vender, un colector solar para la producción de agua caliente domiciliaria, el cual se puede considerar como uno de los primeros calentadores solares de la historia, tal y como los conocemos ahora. Una de las novedades de este calentador era que no sólo suministraba agua caliente durante el día, sino que también lo hacía por la noche. Antes de instalarse en el oeste en busca de una cura para su tuberculosis, Bailey había trabajado con la Carnegie Steel en Pennsylvania. Pronto descubrió que su médico, el doctor Remington, experimentaba con calentadores solares de agua en su clínica. Para ello, separaba el calentador solar en dos partes o unidades: un colector de calor solar, y un depósito de acumulación de agua. El colector consistía en un serpentín colocado

en el interior de un cajón con tapa de vidrio, suspendido sobre el muro sur de su casa. El reducido volumen de agua contenido dentro del serpentín se calentaba rápidamente, para pasar a un depósito convencional situado en la cocina. Para mejorar la retención del calor aisló el depósito mediante polvo de piedra caliza, que lo separaba de una caja de madera que lo contenía. El serpentín del colector era de cobre y descansaba sobre una lámina metálica negra. La caja del colector estaba aislada con fieltro. Para garantizar suficiente agua caliente en épocas de mal tiempo o períodos de mucho uso, Bailey recomendaba a los clientes añadir un calentador auxiliar. Instalando el acumulador en un punto más alto que el colector, evitaría tener que poner una bomba para impulsar el agua entre el colector y el depósito acumulador, aprovechando el efecto termosifón (el agua caliente es menos densa que el agua fría, y por tanto tiende a elevarse por sí sola por las tuberías). El éxito del modelo fue tal que las ventas de la compañía le permitieron convertirse en sociedad anónima en 1911, sólo dos años después de que Bailey vendiera su primer equipo. Aunque el descubrimiento de una gran bolsa de gas en Los Ángeles restó ventas a la compañía, la cual fabricaba su última serie de calentadores en 1941. (<http://ecoinventos.com/2007/calentador-solar>).

John Ericsson, entre 1868 y 1886 dedicaba su tiempo a la utilización de energía solar: es el titular de la patente para el motor del Sol, inventa los primeros colectores cilíndricos-parabólicos que concentraban la luz solar que reflejada en calderas tubulares pintadas de negro, eran capaces de producir vapor. Charles Wilson diseñó e instaló el primer destilador solar de la historia. El destilador estaba constituido por piscinas con el fondo pintado de negro cubierta por un tejadillo de vidrio. Las piscinas se llenaban con agua salada, y el calor del Sol se utilizaba para evaporar el agua que se recuperaba, en forma de agua dulce, por condensación en los tejadillos de vidrio, dispuestos en ligera pendiente con lo que las gotas de agua escurrían hasta los canalillos del extremo de las piscinas. Clarence Kemp fabricante de tuberías y calefactores, patentó y sacó al mercado, en Estados Unidos, el calentador solar de agua "Climax". Este invento destinado a calentar agua con el sol combinó el modelo de los tanques de metal pintados de negro expuestos al sol, de uso común a

lo a lo largo de todo el siglo XIX en EEUU, con el principio de la caja caliente de Saussure. Kemp puso un tanque de agua pintado de negro dentro de una caja cubierta con un vidrio. Conforme el fondo de la caja se calentaba, el agua más fría dentro del tanque absorbía el calor y se calentaba lo suficiente como para poder bañarse. Así, se conseguía agua caliente, a mayores temperaturas que se conservara por más tiempo. Este sistema alcanzó una notable expansión en las regiones soleadas de Estados Unidos. La eficacia de este nuevo calentador de agua era casi un 75% mayor que la del tanque negro de metal. William Bailey patentó el calentador de agua solar "Día y noche". El diseño de Bailey es similar al calentador solar "Climax de Kemp", pero con múltiples ventajas ya que separa el calentador solar en dos partes o unidades: un colector solar y un depósito de acumulación de agua. El colector consistía en un conjunto de tuberías de cobre situadas sobre una placa metálica pintada de negro, conjunto que se situaba dentro de una caja de vidrio aislada. El colector se encontraba conectado a un depósito de almacenamiento de agua situado por encima. El depósito se encontraba en el interior de una caja de madera aislada mediante caliza en polvo, lo que mejoraba la retención del calor. El agua calentando en el colector, corría por una tubería hasta el depósito donde se mantenía caliente tanto por la noche como durante el mal tiempo. No se necesitaba bomba para impulsar el agua entre el colector y el depósito acumulador. El Día y Noche operaba según el principio del termosifón (el agua caliente más ligera que la fría tiende a elevarse por sí sola). (P. Román, 2011)

Los calentadores solares se basan principalmente en el efecto de concentrar en una superficie menos de los rayos que llegan del sol a una superficie más grande, es decir, concentrándolos por medios ópticos, ya sea lentes o espejos. El sistema accesible para construir en escala es similar a los reales, o sea mediante la combinación de espejos. (M. Barón, 2004).

## **Tipos de calentadores**

Todos los calentadores de agua solares tanto comerciales como caseros, buscan la misma función, acumular mucha calor dentro de una caja (colector), y cuando dicha caja esté muy caliente hacer fluir por dentro de ésta caja el agua de nuestro depósito, al mismo tiempo que el agua va pasando por la caja y se va calentado (y vuelve al depósito ya calentado), la caja irremediablemente se va enfriando, y cuando la caja ya esté fría o poco caliente, detendremos ese flujo de agua esperando a que se caliente mucho para volver a repetir la operación anterior, así hasta que la caja deje de calentarse (porque ya se fue el sol), con esto queremos conseguir calentar el agua de nuestro depósito a la máxima temperatura posible.

Todos los calentadores solares, tanto comerciales como caseros, constan de 3 partes para conseguir lo anteriormente descrito:

1- El colector: El elemento más importante, el que calienta el fluido caloportador o la propia agua.

2- El 'motor': Que puede ser una bomba de agua que mueve el flujo en los momentos oportunos y de una forma estratégica, o podemos prescindir de este 'motor' si montamos el colector y depósito en la forma adecuada para que la física se encargue de mover automáticamente este flujo.

3- El depósito: Elemento no menos importante, ha de estar apropiadamente montado y preparado, y correctamente aislado. Un depósito mal aislado arruinará todo nuestro montaje y hará que se caliente muy poco nuestra agua y se enfríe rápidamente. (<http://ecoinventos.com/2011/calentador-solar-casero-iii>).

## **Colectores solares planos**

Los colectores de placa plana se ha estudiado desde hace varios años, principalmente en las aplicaciones de calentamiento de agua. En cuanto al calentamiento de aire se destacan los estudios realizados por Ho *et al*, 2009. En el cual se estudia el efecto de la utilización de baffles y doble paso de aire en el desempeño de un colector solar de placa plan (Gupta *et al* 2009). Realizaron una

evaluación energética de un colector solar de placa plana, en el cual se estableció la relación de aspecto y la profundidad del ducto óptimas del colector. Evaluaron analíticamente el rendimiento termo-hidráulico de un calentador solar de aire, con base en la igualdad de poder de bombeo de colectores o subcolectores unidos en serie en paralelo, variando la profundidad del ducto y evaluando la eficiencia energética de los módulos de subcolectores en serie o en paralelo para deducir la mejor configuración para el conjunto de parámetros investigados. Los colectores de placa tienen gran aplicabilidad en sectores de la sociedad donde el factor costo es más importante que el de eficiencia; sin embargo, se requiere que la implementación de estos sistemas de baja eficiencia aprovechen la mayor cantidad de energía posible. (Karwaet *al* 2002).

Son dispositivos que se calientan al ser expuestos a la radiación solar y que transmiten el calor al fluido de trabajo (normalmente de agua), su ubicación en los techos de casas y/o edificios es la imagen más común de la tecnología solar. Su construcción y operación en todo el mundo. Se destaca, Israel, donde se usa la energía solar para calentamiento de agua desde hace más de 50 años y donde a partir de 1980, se hizo obligatoria su instalación en toda construcción residencial nueva. (Cassedy, 2000). Hoy en día esta tecnología experimenta un fuerte crecimiento en todo el mundo, siendo Japón el líder mundial con un crecimiento del 68% en año 2000 con respecto al año 1999; para el mismo año, en EE.UU existían en operación 2 millones de sistemas colectores y en la Unión Europea se crearon más de un millón de m<sup>2</sup>de nuevas instalaciones que permiten abastecer de agua caliente a cerca de 20 millones de persona. En el futuro cercano, Alemania líder mundial en instalaciones aspira a tener una capacidad total de 17 millones de m<sup>2</sup>para el año 2005. (Era Solar, 2001).

### **Calentador solar de agua**

Usar energía solar es una gran manera de reducir el impacto al medio ambiente gracias a la producción de energía limpia. La energía solar es producida al capturar

energía del sol y usarla para calentar aire o agua. Esto es logrado al usar diferentes componentes paneles solares, células solares, colectores solares y calentadores solares de agua. Todos estos componentes pueden trabajar por sí mismos o en combinación unos con otros, para capturar, almacenar y hacer útil la energía del sol. Existen tres tipos principales de calentadores de agua solares. Ellos son los colectores planos, los sistemas de colección y almacenamiento, y los colectores de tubos evacuados. Cada uno de estos calentadores de agua solares trabaja de una manera diferente para lograr el objetivo de capturar la energía del sol y usarla como agua caliente. Los colectores solares planos usan cajas aisladas o con una placa de absorción para calentar el agua. Cuando se usan para calentar agua de albercas se puede prescindir de la caja aislada. Los sistemas de recolección y almacenamiento operan al permitir el paso del agua fría a través del colector solar, el cual calienta el agua poco a poco. Los colectores de tubos evacuados usan tubos de vidrio y metal para calentar el agua. Éste tipo de calentadores frecuentemente se usan para propósitos comerciales más que para residenciales. (<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/los-calentadores-de-agua-solares/>).

### **Calentadores solares de agua pasivos y activos**

Los sistemas para calentar agua pueden ser tanto pasivos como activos. La ventaja de usar sistemas pasivos es que son menos costosos que los activos y generalmente duran más tiempo. La desventaja de usar sistemas pasivos es que el tipo de sistema no es tan eficiente como un sistema activo. Hay dos tipos de pasivos de calentadores solares. La recolección y el almacenamiento son ideales para el uso residencial, pero deben ser usados en donde las temperaturas no bajen más allá de los cero grados centígrados. Los sistemas de termosifón son sistemas costosos de colección y almacenamiento y trabajan al permitir el agua caliente suba a través del sistema y el agua fría para que sea calentada. Los calentadores de agua solares activos pueden ser de sistemas de circulación directos o indirectos. En un sistema de circulación directo el agua circula a través de los colectores y después hacia la casa. Éste tipo de sistemas trabajan mejor en climas templados en donde no se registren

heladas. Los sistemas de circulación indirecta son ideales para casas en áreas en donde se experimentan en las frecuentemente. Estos sistemas bombean el calor transferido a través de un fluido a través de los paneles solares para lograr el intercambio de calor. Esto es lo que calienta el agua del sistema. (<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/los-calentadores-de-agua-solares/>).

## **Colectores solares**

El elemento fundamental de una instalación solar térmica es el colector solar o captador solar. En general, este sistema se basa en el efecto invernadero: se trata de un armazón cubierto por el que circula, a través de una serie de tubos, el fluido caloportador. La radiación solar incide sobre el captador, atraviesa su cubierta y se refleja en su parte inferior con una longitud de onda diferente a la de la radiación incidente. La cubierta deja pasar la radiación incidente, pero retiene parte de la reflejada, provocando el calentamiento del colector. Con ello se incrementa la temperatura del fluido de trabajo. El captador más habitual en los sistemas para temperaturas moderadas es el colector plano; en él, el fluido caloportador circula por unos tubos o en espacio que dejan dos placas metálicas soldadas entre sí. Los elementos componentes del colector plano son las siguientes:

- La cubierta transparente, que debe tener buena capacidad de aislamiento y resistencia mecánica, además propiedades físicas adecuadas que permitan transmitir la energía de la radiación al fluido de trabajo.
- El aislamiento, que debe reducir las pérdidas de calor al exterior.
- El absorbedor, elemento encargado de recoger la radiación solar y transferir el calor al fluido de trabajo.
- 

La carcasa, que debe proporcionar consistencia mecánica y resistencia al conjunto. (M. Moro, 2010).

## ¿Por qué un calentador solar?

Son varios los motivos que hacen que los calentadores solares por termosifón sean una alternativa atractiva y cada vez más demandada y popular:

**Aspecto económico:** Inicialmente resulta más caro comprar un calentador solar que uno convencional de gas. Sin embargo el calentador solar utiliza la energía gratuita del sol mientras que el calentador convencional utiliza gas de origen fósil que no es gratuito. El gasto acumulado que implica la compra mes a mes de gas llega pronto a igualar al gasto realizado en la compra del calentador solar. Se estima que el periodo promedio de recuperación del dinero invertido en el calentador solar es de entre 1 y 3 años dependiendo del uso que se haga de él. A ello hemos de añadirle que el precio del gas está en constante aumento, lo que provoca que el tiempo de recuperación se reduzca cada vez más. El porcentaje de sustitución de gas por energía solar para calentar el agua se estima en torno al 80% cuando está correctamente dimensionado, siendo a efectos prácticos con frecuencia sensiblemente superior a esta cifra.

**-Independencia energética.** El contar con un calentador solar implica disponer de una mayor independencia energética con respecto a las compañías de gas o de electricidad para calentar el agua, con sus subidas de precios o los posibles problemas de suministro.

**-Aspectos ecológicos-** No menos importante que lo anterior es la implicación ecológica que conlleva el adquirir un calentador solar. Al no utilizar la combustión para el calentamiento del agua, dejamos de liberar una gran cantidad de anhídrido carbónico a la atmósfera y de contribuir al calentamiento global y a la contaminación atmosférica. Además se aprovecha un recurso energético muy abundante y gratuito como es el Sol. (<http://www.sitiosolar.com/GUIA%20PR%C1CTICA%20PARA%20EL%20COMPRADOR%20DE%20CALENTADORES%20SOLARES%20COMPACTOS%20POR%20TERMOSIFON.pdf>).

## ¿Cómo funciona un calentador solar?

El funcionamiento del calentador solar es sencillo y efectivo. El Calentador consta de dos partes fundamentales:

**-El colector** - Elemento encargado de captar la energía del sol y transformarlo en calor. Por medio de una estructura metálica se dota a los colectores de una inclinación idónea para lograr que la captación sea óptima en el conjunto del año.

El colector a su vez consta de las siguientes partes:

-Caja: Elemento metálico que contiene a los demás elementos.

-Absorbedor: Elemento encargado de transformar la radiación solar en calor. Se trata de una superficie de color negro de diferentes características según el tipo de colector

-Cubierta: Elemento transparente encargado de provocar el efecto invernadero dentro de la caja para aumentar la temperatura y el aprovechamiento del calor por el absorbedor

**-El acumulador o tanque**, Depósito donde se almacena el agua caliente para su consumo. Para evitar que el agua pierda su calor durante la noche el tanque acumulador se halla termo sellado con materiales aislantes apropiados.

El acumulador y el colector están unidos entre sí por tuberías. El proceso de calentamiento del agua se inicia cuando los rayos solares inciden sobre la superficie del colector y elevan la temperatura del agua que circula por los conductos que tiene en su interior. El agua al calentarse pierde densidad y tiende a ascender pasando a través de las tuberías al acumulador que está situado encima. El espacio que deja libre el agua que ha ascendido es reemplazado por agua que aún no ha sido calentada proveniente del acumulador. Esta agua se calienta a su vez por el mismo procedimiento y vuelve a ascender repitiéndose el proceso mientras los rayos solares incidan en el colector.

Así se establece un circuito natural en el cual toda la energía solar captada en el colector pasa al tanque.

Al final del día tenemos agua caliente, entre 45 y 75 grados centígrados, almacenada en el tanque termo sellado. Se estima que la pérdida media de temperatura durante la noche en el interior del tanque es de entre 3 y 7 grados centígrados, por lo tanto se puede disfrutar de agua caliente almacenada durante la madrugada o por la mañana antes de que vuelva a salir el sol. (<http://www.sitiosolar.com/GUIA%20PR%C1CTICA%20PARA%20EL%20COMPRADOR%20DE%20CALENTADORES%20SOLARES%20COMPACTOS%20POR%20TERMOSIFON.pdf>).

### **Ventajas de los calentadores solares**

- No consumen ni un tipo de energía para su funcionamiento.
- Son fáciles y reducidos en costos de darle su mantenimiento
- Se instala en cualquier lugar donde se encuentren los rayos del Sol la mayor parte del tiempo.
- Alta eficiencia térmica del sistema solar.
- Buena apariencia.
- El termo tanque queda oculto.
- Soporta bajas temperaturas durante el invierno.
- Mayor ahorro de combustible. (J. Carrillo, 2009).

### **Desventajas de los calentadores solares**

- Son costosos, pero a largo plazo se recupera lo invertido
- Quizá la razón más importante para que no sea tan generalizado el uso de calentadores solares en los hogares es que la mayoría de la gente desconoce la existencia de esta tecnología
- Precio elevado.
- Consumo de electricidad.

- Más mantenimiento.
- Mayor costo de instalación.
- Menor resistencia al vandalismo. (J. Carrillo, 2009).

## **Materiales y métodos**

La presente tesis se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) ubicada en Periférico Raúl López Sánchez y Carretera Santa Fe s/n, en la ciudad de Torreón y, tuvo como objetivo construir con materiales de bajo costo tres distintos tipos de calentadores solares.

Para construir los calentadores solares se utilizó los siguientes materiales:

- Madera con medidas de 50 cm x 30 cm.
- Papel Aluminio para el forro de la madera, las medidas del papel son iguales a la madera.
- Tubo de policloruro de vinilo (PVC), con una longitud total de 190 cm y un diámetro del tubo de 5 cm.
- Tubo de policloruro de vinilo colorado (CPVC), con una longitud de 217 cm y un diámetro de 5 cm.
- Pegamento para cada una de los distintos, tubos de PVC y CPVC
- Aerosol negro para el pintado de la tubería, tanto de PVC como de CPVC.
- Vidrio con medidas de 50 cm x 30 cm.

Los calentadores solares fueron contruidos de la siguiente manera:

1. Primeramente se forro la madera con el papel aluminio.
2. Posteriormente se segmentaron los tubos de PVC y CPVC, en tramos 53.6 cm y de 6.8 cm, para tubos de PVC, mientras que los de CPVC, se cortaron tramos de 42 cm y de 3.5 cm. Una vez segmentados los tubos se procedió a unir las diferentes secciones de tubería con codos y "Tes", y luego se pegaron con pegamento especial para este tipo de materiales.

3. Una vez que los tubos se pegaron, estos fueron colocados de manera horizontal y vertical, asegurados sobre la madera previamente forrada con el papel aluminio.
4. Una vez puestos los tubos sobre la madera forrada y asegurados, se procedió a pintarlos con espray de color negro, para mejorar la captura del calor.
5. Por último se sobre puso el vidrio sobre la tubería y se procedió a colocar el calentador solar en áreas donde pudieran captar la radiación solar sin obstáculo alguno.

Después se tomaron las muestras (colocando los calentadores solares con dirección a los rayos del sol) en diversos puntos de la UAAAN-UL.

La primera muestra que se tomo, fue la del calentador solar colocado afuera de las oficinas del Departamento de Biología.

El siguiente calentador solar se localizó afuera de las oficinas del Departamento de Parasitología.

Y el último calentador solar se ubico afuera del comedor Universitario.

El tiempo que se uso para tomar las lecturas de los calentadores solares fueron de 15 minutos y tomando seis lecturas por cada calentador.

Además se hizo pasar el flujo del agua en velocidad lenta, media y rápida: tomando como lecturas los siguientes flujos:

## Resultados y Discusión

Los calentadores solares fueron contruidos con materiales de bajo costo, como fue tubería de PVC y CPVC, así como madera, dos de los calentadores fueron contruidos con tubo de CPVC y uno más de tubería de PVC.

Durante el tiempo en que se llevo a cabo el ensayo con los calentadores solares, se tomo en consideración las siguientes variables:

a).- Área de los calentadores solares, las cuales variaron fueron de; 17043.18, 33992.11 y de 14922.6 cm<sup>2</sup>.

b).- Temperatura de entrada y salida del agua, el agua se tomo de la red de abastecimiento de agua potable teniendo una temperatura de entrada de 25, 26 y 29°C.

c).- Los flujo de agua de alimentación, los cuales fueron de flujo lento, flujo medio y flujo alto, para cada uno de los calentadores.

d).- Tiempo de calentamiento del agua alimentada a los calentadores solares, considerando un tiempo total de 15 minutos, y tomando lecturas de calentamiento cada 2 minutos y medio, para cada uno de los flujos.

Durante el tiempo que duro el ensayo se pudo observar lo siguientes; a).- Que en el calentador solar contruido con PVC, se obtuvieron temperaturas bajas a comparación con la temperatura de entrada del agua alimentada al calentador solar, tal como se puede observar en la tabla de resultados. b).- Por otro lado en los calentadores contruidos con CPVC, se pudo observar que las temperaturas obtenidas en un caso fueron mayores que el agua de entrada y en el otro equipo, se mantuvo la temperatura de entrada del agua.

Por lo anterior se puede concluir lo siguiente: Los calentadores construidos con los tubos de CPVC (cloruro de polivinilo pintado), mostraron ser mejores captadores de la energía solar, por lo que se observó que para uno de los casos sí hubo calentamiento del agua y, en otro de los casos se mantuvo la temperatura del agua.

Cuadro de resultados. En el siguiente cuadro se presentan los resultados obtenidos de las temperaturas que se tomaron de cada uno de los equipos anteriormente descritos.

<b>Área total de calefacción cm<sup>2</sup></b>	<b>Temperatura del agua de entrada</b>	<b>Flujo Lento 2.022 Lto/min.</b>	<b>Flujo medio 17.29 Lto/min.</b>	<b>Flujo Alto 44.32 Lto/min</b>
17043.18 PVC	29°C	32°C	28°C	27°C
		34°C	29°C	26°C
33992.11 CPVC	25°C	26°C	28°	28°C
		25°C	28°	29°C
14922.6 CPVC	26°C	28°C	26.5°C	26°C
		28°C	27°C	29°C

## **Conclusiones**

Los calentadores solares si nos sirven y son de bajo costo para mantener la temperatura del agua caliente, no contamina, se pueden instalar en cualquier parte donde le de los rayos del sol, se ahorra combustible y, no necesitan energía eléctrica.

Se diseñaron tres calentadores solares, una alternativa eficiente y amigable con el medio ambiente, con la cual se propone la reducción de gases de efecto invernadero y el aprovechamiento de fuentes de energías renovables. Mediante las pruebas realizadas al calentador solar se obtuvieron las siguientes soluciones:

- El uso de calentadores resulta más eficiente que los tradicionales.
- La cantidad de radiación durante un día soleado es bastante uniforme, por lo tanto, la cantidad de energía aprovechable es constante.
- Que a pesar de tener días nublados, se pueden obtener temperaturas adecuadas para el consumo humano.
- Que el mejor aprovechamiento de la energía solar es durante la zenit del sol. (Situación del Sol cuando alcanza el punto más alto de elevación sobre el horizonte.)
- El calentador solar puede ser aplicado en cualquier parte de México debido a su ubicación geográfica.

## **Recomendaciones**

Los calentadores solares son de bajo costo y son eficientes para obtener temperaturas altas y mantener el agua en una temperatura estable. Son de bajo costo, no usan energía eléctrica y no contaminan.

## **BIBLIOGRAFIA**

<http://ecoinventos.com/2007/calentador-solar>. Fecha de consulta Noviembre 2012.

<http://ecoinventos.com/2011/calentador-solar-casero-iii>. Fecha de consulta Noviembre 2012.

[http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia\\_solar\\_fotovoltaica\\_2e5c69a6.pdf](http://www.coitaoc.org/files/estudios/energia_solar_fotovoltaica_2e5c69a6.pdf). Fecha de consulta Noviembre 2012.

<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-solar-fenercom.pdf>. Fecha de consulta Noviembre 2012.

[http://www.natureduca.com/energ\\_introd\\_historia1.php](http://www.natureduca.com/energ_introd_historia1.php)). Fecha de consulta Noviembre 2012.

[http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/amedioa/historia\\_renovables.pdf](http://www.navactiva.com/es/descargas/pdf/amedioa/historia_renovables.pdf). Fecha de consulta Noviembre 2012.

[http://www.edualter.org/material/consumo/energia4\\_1.htm](http://www.edualter.org/material/consumo/energia4_1.htm). Fecha de consulta Noviembre 2012.

<http://www.sitiosolar.com/GUIA%20PR%C1CTICA%20PARA%20EL%20COMPRADOR%20DE%20CALENTADORES%20%20SOLARES%20COMPACTOS%20POR%20TERMOSIFON.pdf>. Fecha de consulta Noviembre 2012.

<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/los-calentadores-de-agua-solares/>. Fecha de consulta Octubre 2012.

<http://www.slideshare.net/escuela15de6/energia-renovable-y-no-renovable>. Fecha de consulta Noviembre 2012.

<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia33/HTML/articulo02.htm>. Fecha de consulta Octubre 2012.

<http://www.energiarenovable.com>. Fecha de consulta Octubre 2012.

[http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/fuentes.htm?4&0](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/fuentes.htm?4&0). Fecha de consulta Octubre 2012.

<http://www.dforcesolar.com/energia-solar/historia-de-la-energia-solar/>. Fecha de consulta Octubre 2012.

Barón Marcelo, Enseñar y aprender tecnología, 2004. Novedades educativas.

Carrillo Baeza J.G, Estudio, Desarrollo y Construcción de un Calentador Solar para Uso Residencial, 2009. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Cassedy E, ProspectsforsustainableEnergy, 2000. Cambridge: UniversityPress.

De Juana Sardón José M, García Adolfo de Francisco, Energías Renovables para el Desarrollo, 2003. PARANINFO-THOMSON.

Domingo López E, Régimen Jurídico de las Energías Renovables y la Cogeneración Eléctrica, 2000. INAP.

Era Solar, "Las cifras de la energía eólica en el año 2000", 2001. Vol 101.

Fernández Barrera M, Energía Solar: Electricidad Fotovoltaica, 2010. Liberfactory.

Fernández Barrera M, Energía Solar: Sistemas térmicos para ACS, 2010. Liberfactory.

García Gómez G, Fuentes de Energía: Sus orígenes, ventajas y desventajas. Recurso Energéticos: Situación actual y perspectivas, 2008.

García Villas M, Arribas L. Energía Solar Fotovoltaica y cooperación al desarrollo, 1999. IEPALA.

González Velsco J, Energías Renovables, 2009. REVERTE.

Gupta M, Kaushik S, "Performance evaluation of solar air heater having expanden metal mesh as artificial roughness on absorber plate", 2009. International Journal of Thermal Sciences, vol.48, n° 5.

Ho C, Yeh H, Cheng T, Chen T.C and Wang R, "The influences of recycle on performance of baffled double-pass flat-plate solar air heaters with internal fins attached", 2009. Applied Energy, vol 86, n° 9.

Jutglar L, Energía Solar, 2004. Ceac.

Karwa R, Garg S, Arya A, "Thermo-hydraulic performance of a solar air heater with n-subcollectors in series and parallel configuration", 2002. Energy, vol.27, n° 9.

Meinel A.B, Meinel M.P., Aplicaciones de la Energía Solar, 1982. Reverte, S.A.

- Méndez Muñiz J.M, Cuervo García R y ECA Instituto de Tecnología y Formación, Energía Solar Fotovoltaica, 2007. Fundación CONFEMETAL.
- Menéndez Pérez E, Las Energías Renovables un enfoque político-ecológico, 1997. Los libros de la Catarata.
- Moro Vallina M, Instalaciones solares fotovoltaicas, 2012. PARANINFO.
- Mosquera Martínez P, Ruesga Luis, Empresa y Energías Renovables, 2006. Fundación Confemetal.
- Puig Josep, Corominas Joaquim, La Ruta de la Energía, 1990. Anthropos.
- RománGómez P, Historia de la energía solar térmica I, 2011.
- Romero Tous M, Energía solar térmica, 2009. Ceac.
- Romero Tous M, Energía solar fotovoltaica, 2010. Ceac.
- Roldán Viloría J. Fuentes de Energía, 2009. PARANINFO
- Rufes Martínez P, Energía Solar Térmica Técnicas para su Aprovechamiento, 2005. Marcombo.
- Sarmiento M.P, Energía Solar en arquitectura y construcción, 2007. MASTERS RIL.
- Van Campen B, Guidi D y Best G, Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles, 2000. FAO.