



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Escuela Superior de Ciudad Sahagún
Licenciatura en Ingeniería Industrial

Título del proyecto:

"Desarrollo de un Calentador Solar de Agua para Casas Habitación
Ubicadas en Zonas Frías"

T E S I S

Que para obtener el título de:

Ingeniero Industrial

PRESENTA:

Josué Flores Leyva

Director de Tesis: Mtro. Isidro Jesús Gonzales Hernández

Co-Director de Tesis: Dra. Francisca Santana Robles

Ciudad Sahagún, Hgo. Enero 2015

DEDICATORIAS

Le agradezco a Díos por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Porfiria y Miguel por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mi esposa Adriana, que ha estado a mi lado dándome cariño, confianza y apoyo incondicional para seguir adelante para cumplir otra etapa en mi vida.

*A mis hijos Yamilette, Magdiel y Abdiel, que son el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación, ellos fueron quien en los momentos más difíciles me dieron su amor y comprensión para poderlos superar, quiero también dejar a cada uno de ellos la enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para poderlo **LOGRAR**.*

A mis hermanas Ivonne y Ariadna por ser parte de mi vida y representar la unidad familiar, a Karel y Grecia por su entereza.

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Escuela Superior de Ciuda Sahagún y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudímos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

ÍNDICE

Introducción	1
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Metodología	8
Hipótesis	9
Justificación del uso de la Energía y el Calentador Solar en México	10
Planteamiento del Problema Energético en México	12
Ventajas y desventajas de las principales fuentes de energía renovable	16
Capítulo I	18
Recursos renovables de México	18
1.1.- Fuentes renovables de energía	18
1.2.- Las tecnologías	22
1.2.1 Potencial	23
1.2.2 Radiación solar para aplicaciones térmicas	23
1.2.3 Tecnología	24
1.3.- México y el aprovechamiento de la energía termosolar	24
1.4.- Energías renovables en México	26
1.4.1 Estado actual de México	27
1.5.- ¿Por qué en México los calentadores solares no son tan comunes como deberían?	28
1.5.1.- ¿Por qué es así?	29
1.5.2.- Desconocimiento de la tecnología	29
1.5.3.- Costo inicial	30
Capítulo II	31
¿Cómo está impulsando México el uso del calentador solar a sus habitantes?	31
2.1.- CONUEE	31
2.1.1.- Antecedentes históricos	31
2.1.2.- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	32
2.2.- INFONAVIT	35
2.2.1.- Programa Hipoteca Verde para Casas Ecológicas	35
Capítulo III	38
Desarrollo de manufactura del calentador solar para uso doméstico	38
3.1.-Planteamiento del problema	38

3.2.- Justificación	38
3.3.-Sistema de Calentamiento Solar.....	39
3.3.1.- ¿Cómo es un calentador solar?.....	43
3.3.2.- ¿Cómo funciona?	43
3.3.3.- ¿Para qué nos sirve?	45
3.3.4.- ¿Cuánto ahorra el sistema?	46
3.3.5.- ¿Cuáles son los beneficios?	46
3.4.- Diagrama esquemático del sistema de termosifón para agua caliente.....	47
3.5.-El colector solar plano.	50
3.6.-EL termo tanque	56
3.7.- Instalación del Calentador Solar	59
3.8.- Plan de fabricación.....	63
3.9.- Plan Económico.....	67
Capítulo IV	70
Conclusiones.....	70
Referencias	74

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
Tabla 1.1 Clasificación de las energías renovables	21
Tabla 1.2 Capacidad y potencial para generación de energía a través de fuentes renovables en México, 2013 (Megawatts)	27
Tabla 2.1 Cotización de Monto Adicional para Hipoteca Verde	37
Tabla 3.1 Comparación de alternativas en calentadores	49
Tabla 3.2 Materia primas para panel	55

ÍNDICE DE TABLAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 3.1 Sistema de calentamiento solar con almacenamiento de agua	40
Figura 3.2 Funcionamiento y conexión del calentador solar de agua	45
Figura 3.3 Diagrama esquemático del sistema de termosifón para agua caliente	48
Figura 3.4 Componentes del calentador solar de agua	52
Figura 3.5 Modelo de placas colectoras, serpentín y en paralelo	53
Figura 3.6 Pérdidas de absorción	54
Figura 3.7 Representación del termo tanque y sus elementos	57
Figura 3.8 Diagrama a baja presión	60
Figura 3.9 Diagrama de instalación a presión	61
Figura 3.10 Gráfico de temperaturas de entrada y salida de los colectores solares	62
Figura 3.11 Gráfico de la temperatura del agua en el estanque a 300 (mm) de altura la base	62
Figura 3.12 Vista perspectiva a un punto de fuga o vista frontal	64
Figura 3.13 Vista isométrica con sombreado transparente	65
Figura 3.14 Vista perspectiva lateral derecho con transparencia	65
Figura 3.15 Vista perspectiva aérea posterior con transparencia	66

Resumen

Este proyecto se realiza con el propósito de diseñar un calentador solar como una fuente alterna de energía para el calentamiento de agua, asimismo se probará que el calentador solar es la opción más factible para la disminución o eliminación de combustible Gas LP, comprobando la facilidad de adquisición y la disminución en los egresos mensuales familiares.

Aun cuando México tiene una posición privilegiada para generar energía a través del sol, México no invierte lo suficiente en la innovación de sus recursos energéticos renovables sometiéndolo a la esperada crisis generada por el agotamiento de yacimientos de hidrocarburos fósiles dejándonos, a nosotros los mexicanos, sin la posibilidad de desarrollar nuestras propias soluciones, condenándonos a importar tecnología extranjera y el enorme potencial que tiene nuestro país se desperdicia. De frente a esta problemática se ofrece una pequeña opción que no solucionara el problema por sí sola, pero podrá contribuir de manera significativa si se emplea correctamente: el calentador solar de agua.

Los calentadores solares son sistemas en los que se canaliza la energía irradiada por el sol. Se compone de un panel solar plano y un tanque térmico. Se instala en el techo de una casa, orientando el panel de manera que quede expuesto a la radiación solar durante la mayor parte del día. El objetivo de cualquier colector solar térmico es utilizar por energía la radiación del sol y transmitir la energía térmica a un medio capaz de trasladarla. El colector solar requiere características excepcionales de durabilidad y confiabilidad; es decir, alto rendimiento económico, alta seguridad y suficiente eficiencia en relación a cantidad y temperatura.

Como comparativo, cada casa que instala un calentador solar de 2m², se logra ahorrar entre un 80 y 90% de gas LP; y cada metro cuadrado de calentador solar para uso doméstico ahorra aproximadamente unos 160kg de gas LP anual.

Las razones más importantes del porque los calentadores solares no sean comunes en los hogares mexicanos es porque la mayoría de la gente desconoce la existencia de esta tecnología y su costo de compra.

Méjico impulsa el uso del calentador solar a sus habitantes a través de la CONUEE con el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y por INFONAVIT con el programa Hipoteca Verde para casas ecológicas.

Abstract

This project is carried out with the purpose of designing a solar heater as an alternative source of energy for heating water, also will prove that the solar heater is the most feasible option for reducing or eliminating fuel LPG.

Although Mexico has a privileged position to generate power through the sun, Mexico does not invest enough in innovation of its renewable energy resources by subjecting it to the expected crisis caused by the depletion of fossil fuel deposits leaving us, us Mexicans, without the possibility of developing our own solutions, condemning us to import foreign technology and the enormous potential that our country is wasted. Faced with this problem is offered a small option that does not solve the problem alone, but may contribute significantly if used correctly: the solar water heater.

Solar heaters are systems in which the energy radiated by the sun is channeled. It consists of a flat solar panel and a heat tank. It is installed on the roof of a house, guiding the panel so that it is exposed to sunlight for most of the day. The goal of any solar thermal energy collector is used by solar radiation and transmit thermal energy to a medium capable of moving it. The solar collector requires exceptional characteristics of durability and reliability; ie high economic performance, high safety and efficiency sufficient in relation to quantity and temperature.

For comparison, each house installing a solar heater 2sqm is achieved savings of between 80 and 90% LP; and every square meter of solar heater for home use saves approximately 160kg annually LP gas.

The most important reasons why solar heaters are not common in Mexican households is because most people are unaware of the existence of this technology and its purchase cost.

Mexico promotes the use of solar heater to its inhabitants through CONUEE with the National Program for Sustainable Use of Energy and INFONAVIT with Green Mortgage program for green homes.

Introducción

La disponibilidad de recursos energéticos es uno de los factores más importantes en el desarrollo tecnológico de las naciones. A su vez, el desarrollo tecnológico determina la utilización de ciertos tipos de energía y por tanto, la disponibilidad de ese recurso. Los recursos energéticos son usados por el hombre para satisfacer algunas de sus necesidades básicas en forma de calor y trabajo.

El calor es empleado en diversas aplicaciones, como la climatización del espacio, la cocción de alimentos, la producción o transformación de algunos compuestos químicos.

El trabajo, por otro lado, se utiliza para una variedad de procesos en los que es necesario vencer fuerzas de oposición: para levantar una masa en un campo gravitacional; para deformar un cuerpo, estirar una liga o un resorte, hacer fluir un líquido o gas; para la mayoría de los procesos industriales, al transformar materia prima en producto terminado, para el transporte de personas y de mercancías.

Calor y trabajo, en el sentido aquí expuesto, son dos necesidades básicas en cualquier grupo humano, del nivel social, económico o tecnológico que se quiera. Para producirlos, el hombre ha utilizado, a lo largo de su historia, una gran variedad de recursos energéticos. Al inicio, en el periodo de la implementación del fuego, el calor para calefacción, cocina, etc. era producido en gran medida por medio de la combustión de leña, mientras que el trabajo por otro lado en pequeña escala era la fuerza humana, a mediana escala se obtenía de ciertos animales domesticables como: caballos, burros, bueyes, etc. y a gran escala podía extraerse de los medios o recursos naturales, por ejemplo, del viento que se utilizaba para mover los grandes veleros mercantes y de guerra.

Las primeras máquinas térmicas de uso práctico aparecieron hacia finales del siglo XVII. En la segunda mitad del siglo XVIII, el escocés James Watt perfeccionó la máquina de vapor y con ello se facilitó la producción industrial de cantidades relativamente grandes de trabajo a partir de la combustión, primero de leña y después de carbón mineral. A principios del siglo XIX ya

existían en Inglaterra y en Estados Unidos algunos barcos de vapor que efectuaban viajes comercialmente. Antes del segundo tercio del mismo siglo, entró en servicio en Inglaterra un ferrocarril propulsado por una máquina de vapor.

Las máquinas de vapor eran de combustión interna, este concepto implica que la fuente de calor que se utilice no es muy importante, siempre que cumpla con ciertos requisitos. Así, una máquina de vapor que puede funcionar con leña, también puede hacerlo con carbón, petróleo o con ciertos residuos de basura. Hace más de cien años, se construyó en Francia una máquina de vapor cuya fuente de energía era el Sol.

Hacia mediados del siglo XIX se inventaron los primeros motores de combustión interna. Estos requieren un combustible muy específico para funcionar. Con el tiempo, debido a razones técnicas y económicas, los motores de combustión interna, principalmente los de gasolina y diesel, se hicieron cada vez más seguros, confiables, económicos y, por tanto, abundantes. Aparecieron también otras máquinas térmicas, como las turbinas y los motores a reacción, que también consumen combustibles muy específicos. Fue así como nuestra sociedad se fue haciendo extraordinariamente dependiente de los combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles comprenden principalmente el petróleo y sus derivados (gasolinas, diesel, turbosina, etc.), el gas natural y el carbón mineral. Al principio de la explotación de estos recursos, se consideraban ilimitados y su impacto ambiental era despreciable. Sin embargo, debido al extraordinario crecimiento de la población mundial (y nacional), junto con el aumento en el consumo per cápita de estos recursos, sólo queda petróleo disponible para su explotación económica durante la primera mitad del siglo XXI.

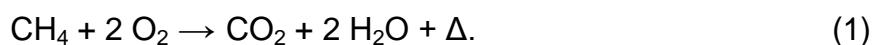
Por otro lado, el consumo masivo de hidrocarburos está produciendo ya alteraciones de la atmósfera a nivel mundial. Los niveles de bióxido de carbono que se detectan actualmente son significativamente mayores que los que existían en 1995. Esto produce el conocido efecto invernadero, que está produciendo ya un incremento en las temperaturas promedio mundiales. No es objeto de esta tesis discutir las implicaciones geográficas, biológicas, agrícolas, económicas y sociales de este calentamiento atmosférico, pero es obvio que una alteración artificial no controlada y con consecuencias que no conocemos,

no puede ser deseable. Los combustibles fósiles también son causantes de la llamada lluvia ácida, que en los bosques cercanos a las áreas altamente industrializadas está causando grandes daños al suelo, y por tanto a la flora y la fauna. En las grandes ciudades, la combinación de las emisiones de gases de combustión, con algunos otros fenómenos naturales, como las inversiones térmicas, la humedad y la radiación solar produce algunos efectos indeseables para la salud humana, como el humo niebla (smog), las altas concentraciones de ozono y, en general, la concentración de componentes indeseables en la atmósfera.

Por razones económicas (próxima escasez de hidrocarburos) como ecológicas (alteración de la atmósfera y el suelo), es imperativo el desarrollo de nuevas alternativas energéticas, que sean menos agresivas contra el ambiente. El actual esquema de consumo energético, tanto en México como a nivel global, simplemente no es sustentable, es decir, no puede mantenerse indefinidamente sin amenazar su propia existencia. Algunos modelos que consideran los efectos que está teniendo actualmente el uso y abuso de los combustibles fósiles, considerando las posibles tendencias futuras, amenazan con producir una catástrofe en contra de la humanidad, antes de que termine el siglo XXI.

Existen muchas alternativas energéticas. Algunas de ellas no han sido desarrolladas por limitaciones técnicas y económicas, otras se han utilizado sólo parcialmente.

Es curioso, por lo poco frecuente del caso, que los mismos principios físicos involucrados en un problema nos den una alternativa de solución. Veamos: se dice que el clima de nuestro planeta está elevando su temperatura ya que hemos aumentado la concentración de bióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera por la quema principalmente de combustibles fósiles (hidrocarburos, carbón mineral, etc.) Y que es el CO_2 el que produce el llamado efecto de invernadero. Según nos enseña la química, un hidrocarburo es básicamente CH_4 que al quemarse nos da concentración de 0.03 de CO_2 que la atmósfera ha tenido durante miles de años ha permitido un equilibrio entre entrada, permanencia y salida de energía en la tierra, de tal modo que habíamos gozado de un clima estable. Venus, con 90% de CO_2 alcanza temperaturas para derretir plomo durante el día y vientos de 300 Km/h



Para entender el fenómeno, consideremos como es un invernadero. Consiste en una construcción cerrada destinada al cultivo de plantas y por lo tanto con techos y paredes transparentes, (vidrio o plástico). En ellos, al igual que en los automóviles cerrados, se alcanzan temperaturas más elevadas que en el exterior cuando les da la luz solar. El calentamiento se debe a que la luz que penetra por los vidrios se convierte en radiación infrarroja, cuando choca con las superficies del interior, especialmente si estas son negras. Esta radiación infrarroja emitida por las superficies calientes, no puede salir del invernadero porque el vidrio es una trampa donde sólo entra, pero casi no sale energía de esta longitud de onda y la consecuencia es el calentamiento excesivo del interior.

El calentador solar para agua consiste en una caja de 8 centímetros de profundidad, cubierta de vidrio, por cuyo interior pasan las tuberías en las cuales circula el agua que ahí se calentará. Las tuberías y todo el interior son pintados de negro.

La caja o colector de energía se inclina orientada hacia el sur (porque estamos en el hemisferio norte.) El agua circula entrando por la parte inferior y sale por la superior debido al efecto termosifón; de aquí el agua sube a un tinaco aislado térmicamente. De la parte inferior del tinaco sale el agua que baja a la parte inferior del colector solar. Los líquidos y gases al calentarse se mueven sólo hacia arriba, los fríos hacia abajo.

Es predecible que las fuentes energéticas basadas en petróleo, gas natural y carbón se agoten en un futuro próximo. Ni aún, la estimación más optimista de reservas adicionales justifica un consumo ilimitado. Por otra parte, es claro que el desarrollo industrial y socioeconómico de un país depende fuertemente de la solución de su problemática energética. Por esta razón, varias alternativas en energías renovables han comenzado a surgir, pretendiendo responder a la demanda de energía. Una de las vías hacia el uso de la energía renovable es el aprovechamiento de la energía solar. El empleo de dicha energía no es una idea novedosa, ya que la humanidad la ha empleado desde hace siglos. Sin embargo, es hasta la década de 1970 que se ha incrementado la investigación y desarrollo en esta alternativa buscando aumentar la eficiencia y una idealizada convivencia con la naturaleza en un desarrollo sustentable. Si bien este tipo de energía es abundante, universal y con un impacto ambiental bajo, la ingeniería ha encontrado grandes limitantes en su utilización, como es el hecho de su carácter oscilante e intermitente, su dispersión, su baja intensidad, las bajas eficiencias de conversión asociadas a los actuales dispositivos y su

complicado almacenamiento. El esfuerzo por lograr un manejo conveniente y adecuado de la energía proveniente del sol que permita satisfacer los requerimientos de demanda energética, ha impulsado durante los últimos años importantes proyectos de desarrollo científico-técnico. Las vertientes fundamentales para la utilización del recurso solar son: la conversión fototérmica, fotovoltaica y actualmente la conversión fotoquímica.

La conversión fototérmica se encarga de hacer uso del recurso solar para obtener energía calorífica. En estos sistemas de conversión se busca captar la energía necesaria para una disponibilidad termodinámica satisfactoria la cual depende de la temperatura de operación del sistema y de su transformación en calor útil. En este tipo de conversión se usa de manera directa la energía solar, por ejemplo, en hornos solares que trabajan con alta concentración, destilación de agua, generación eléctrica mediante efecto termoiónico y otros, o bien de manera indirecta a través del calentamiento de fluidos de trabajo para distintos usos; calefacción, refrigeración, secado, generación eléctrica mediante ciclos termodinámicos, etc. (Duffie y Beckman, 1991) [1].

Conductividad térmica

Si una sustancia objeto de estudio es un metal, se le da forma de barra y uno de los extremos se calienta eléctricamente mientras el otro se enfriá por medio de una corriente de agua. Se aísla térmicamente la superficie de la barra y se calcula la perdida de calor a través del aislamiento restando el flujo de calor que recibe el agua por unidad de tiempo de la potencia eléctrica suministrada. En la mayoría de los metales, la pérdida de calor por la superficie es muy pequeña comparada con la que fluye a través de la barra. La temperatura se mide con termopares situados en dos lugares separados por la distancia L , y la ecuación:

$$K = \frac{L}{A(\theta_1 - \theta_2)} \varphi \quad (2)$$

Es la que se utiliza para determinar la conductividad térmica media en el intervalo de temperaturas dado. Si $\theta_1 - \theta_2$ es pequeño, K es

prácticamente igual a la conductividad térmica a la temperatura media. Las unidades de K son $W/m \cdot K$.

Si la sustancia que debe investigarse no es un metal, se le da la forma de un disco delgado o plancha y se utiliza el mismo método general. La sustancia se encuentra contenida entre dos bloques de cobre, uno de los cuales se calienta eléctricamente mientras el otro se enfria con agua corriente. El contacto térmico entre los bloques de cobre y la sustancia se mejora untándolos con glicerina. En la mayoría de casos, la velocidad a la que se suministra calor es casi igual a la velocidad de su cesión al agua, demostrando que la perdida de calor a través de los bordes es muy pequeña.

La experiencia demuestra que la conductividad térmica de un metal es extraordinariamente sensible a las impurezas. El menor indicio de arsénico en el cobre reduce la conductividad térmica a la tercera parte. El valor de K también resulta afectado por un cambio de estructura interna producido por un calentamiento continuado o por un gran aumento de la presión. Sin embargo no tienen lugar variaciones apreciables del valor de K de sólidos y líquidos por la acción de cambios moderados de presión. La licuación ocasiona siempre una disminución de la conductividad térmica, y está en un líquido aumenta, generalmente, al aumentar la temperatura. Los sólidos no metálicos se comportan de forma análoga a la de los líquidos. A temperaturas ordinarias, éstos son malos conductores del calor, en general, su conductividad térmica aumenta al elevar la temperatura. Sin embargo, en el dominio de las bajas temperaturas el comportamiento es muy distinto [2].

Objetivo general

Diseñar un calentador solar para casas habitación ubicadas en zonas frías, así como realizar el análisis del costo de producción del calentador para maximizar el costo de venta en el mercado.

Objetivos específicos

1. Analizar el aprovechamiento de la energía solar a base en las tecnologías aplicadas en México.
2. Diseñar un calentador solar para casas habitación, ubicadas en zonas frías.
3. Determinar la viabilidad del proyecto a través de un análisis económico de la producción del calentador solar.

Metodología

El presente proyecto del calentador solar se desarrolla dentro del método científico y las siguientes tipos de investigación:

Descriptiva

La investigación de funcionamiento, cadena de suministros, distribución e innovación en el calentador solar, circunscribe a un estudio descriptivo. La recolección de datos sobre el mercado involucrado y la aplicación de dicho bien en la cultura mexicana son dichas variables que exponen resultados de manera sistemática en interpretación objetiva.

De campo

La investigación de tal innovación se desarrolló directamente en las sociedades impulsoras, con fuentes de información tanto general como individual en la requisición de dicho artículo. Extendiendo dicha implementación en el programa “hipoteca verde”.

Bibliográfica

La base teórica de la investigación se sustentó mediante diversas consultas a fuentes bibliográficas, textos, documentos varios, así como fuentes informáticas e internet.

Hipótesis

Se probará que el calentador solar es la opción más factible para la disminución o eliminación de combustible gas LP, de tal manera un ahorro considerable de egresos monetarios en los hogares mexicanos, sumado a la creación de un hábito ambiental. El calentador solar se compone de un panel solar plano y un tanque térmico. Se instala en el techo de una casa, orientando el panel, con una inclinación de 19° hacia el sur, de manera que quede expuesto a la radiación solar durante la mayor parte del día.

El panel solar está formado por una caja de lamina galvanizada o aluminio y aislante en fondo y paredes de polímeros y copolímeros, tiene una cubierta de vidrio para generar un efecto invernadero; en el interior se encuentra un enrejado de tubos de cobre colocados sobre lamina negra o lamina de cobre, con pintura negra mate o recubrimiento de óxido de titanio, donde se captura el calor solar y se transfiere para dar seguimiento al ciclo de productividad del bien.

El agua circula correctamente en dicho sistema debido a un fenómeno de transmisión de calor, el cuál es denominado convección, que genera un "termosifón", el principio de funcionamiento es que el agua caliente tiende a tener una menor densidad y, por ello esta sube hasta llegar a el colector, entrando a la parte superior del tanque desplazando hacia abajo el agua con mayor densidad, es decir, la de menor temperatura, con lo cual se genera una circulación natural, sin ningún tipo de bomba. El agua que se calienta durante el día conserva en gran parte su temperatura gracias al tanque térmico, que contiene aislante de polímeros o copolímeros.

Justificación del uso de la Energía y el Calentador Solar en México

El desarrollo de la energía solar se remonta a más de 100 años, en los primeros días, la energía solar se utilizaba principalmente para la producción de vapor, la cual era utilizada para manejar maquinaria. Pero no fue hasta el descubrimiento del “efecto fotovoltaico” por Henri Becquerel que permita la conversión de luz solar en energía eléctrica. El descubrimiento de Becquerel llevó a la invención en 1893 por Charles Fritts de la primera célula solar real que fue formada por láminas de revestimiento de selenio con una fina capa de oro. Y desde este humilde comienzo se plantearía el dispositivo que hoy conocemos como el panel solar. La invención de Ohl llevó a la producción de los paneles solares por primera vez en 1954 por la misma empresa. Los novedosos paneles solares encontraron su uso general por primera vez en satélites espaciales. En los últimos 60 años, se ha detectado un aumento de las concentraciones de gases invernadero por causa de la acción del hombre.

La construcción de casas, departamentos, oficinas con equipos solares será beneficioso para todos en el futuro, tanto en lo económico como ambientalmente. Hoy en día, los sistemas completos de paneles solares se utilizan para una amplia variedad de aplicaciones. Sí, los paneles solares en forma de células siguen siendo utilizados en las calculadoras. Sin embargo, también son utilizados para suministrar energía solar en viviendas y edificios comerciales.

La energía solar es resultado de un proceso de fusión nuclear que tiene lugar en el interior del Sol. De toda la energía que se genera en este proceso, nuestro planeta recibe menos de una milmillonésima parte. La cual resulta, en proporción con el tamaño de la Tierra, una cantidad enorme.

La radiación solar que llega a la superficie terrestre se puede transformar en electricidad o calor. Puede ser utilizada directamente como calor o en la producción de vapor (solar térmica) y para generar electricidad (solar eléctrica). De esta forma, en un año, la Tierra recibe del sol la energía que podrían producir 60 millones de toneladas de petróleo. De acuerdo con la Asociación Nacional de Energía Solar AC, si se lograra convertir el 1% de esta energía en electricidad se podría producir lo equivalente a la electricidad utilizada en todo México en 1996. Una de las formas más sencillas de aprovechar la energía solar es utilizando los calentadores solares de agua, los cuales son eficientes y fáciles de usar.

Los calentadores solares son sistemas en los que se puede canalizar la energía irradiada por el sol hacia nuestros hogares, usándola para calentar agua en uso doméstico, usos particulares de establecimientos públicos y privados en la satisfacción de diversas necesidades y lujos e incluso en la generación de movimiento de turbinas, y así la obtención de electricidad.

El calentamiento de agua por calentadores solares es muy común en países como Alemania, Israel, Greda, España, Portugal, Japón y Estados Unidos. Regiones cuya ubicación con respecto al sol son menos favorables que la de México.

Aun cuando México tiene una posición privilegiada para generar energía a través de fuentes renovables como la solar y eólica, hoy menos del 12% de la que se gasta en el país proviene de estas alternativas. Mientras que países como Alemania instalan alrededor de 1.3 millones de metros cuadrados de calentadores solares cada año, México sólo coloca 100 mil metros cuadrados, lo que produce mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Y es que por cada casa que instala un calentador solar de 2m², se logra ahorrar entre un 80 y 90% de gas LP, es decir, esa familia deja de emitir media tonelada de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera cada año. Esta situación ha provocado que países como Israel tengan 700m² de calentadores solares por cada mil habitantes o España alrededor de 400m², mientras México sólo cuenta con 60m², según la Secretaría de Energía. Si sólo 2 de los 20 millones de hogares que hay en el país instalaran calentadores solares, los ahorros en consumo de gas LP servirían para evitar que México siguiera importando ese combustible. Actualmente México importa 11% de gas natural, 29% de gas LP, 26% de gasolinas y 20% del combustóleo, lo que indica la gran dependencia energética. Mientras tanto en los últimos cuatro años, el gas LP ha aumentado cada año entre el 10 y 13% de su precio unitario. Los calentadores solares han reducido precio y ahora tienen un costo de entre 3 mil a 14 mil pesos dependiendo la capacidad y los materiales de los cuales este hecho dicho calentador, sin embargo la inversión es recuperada en el ahorro por combustibles alternos.

Cada metro cuadrado de calentador solar para uso doméstico ahorra aproximadamente unos 160 kg. de gas LP anual. Si se logra la meta de instalar 15.4 millones de calentadores solares en menos de 10 años, el gas LP equivalente dejado de consumir en los siguientes 20 años sería de 77 millones de toneladas, esto equivale a decir que en tal periodo de tiempo.

Sí, 16 gramos de CH₄ quemados producen 44 gramos de CO₂ (según cálculos estequiométricos) , dejaríamos de arrojar a la atmósfera alrededor de 212 millones de toneladas de CO₂ , reducido únicamente por el cambio de un hábito, es decir, obtener agua caliente para uso personal de la energía solar.

El enorme potencial con el cual cuenta nuestro país se desperdicia, perdiendo la oportunidad de que miles de familias mexicanas se vean beneficiadas en su economía y en su salud al utilizar los calentadores solares. Los calentadores solares permiten una disminución en el consumo de gas LP y ayudan a detener el deterioro de la calidad del aire y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático, ésta es sólo una de las aplicaciones de la energía solar, entre algunas más y muy útiles. De lograrse el uso masivo de los calentadores solares, estaremos construyendo las bases para tener un mundo con energía limpia, segura y renovable, con todos los beneficios ambientales y sociales que esto con lleva.

Planteamiento del Problema Energético en México

La energía es requerida para diversas actividades cotidianas necesarias, como el transporte, la iluminación artificial, el funcionamiento de aparatos electrodomésticos. Para producir mediante procesos industriales los satisfactorios que a diario consumimos requieren de grandes suministros de energía. Más aún, para mantener vivos nuestros órganos se requiere de un constante suministro energético, que ingresa a nuestro cuerpo con los alimentos que ingerimos.

Un indicador del nivel de vida de una población es el valor del consumo energético por persona; mientras más alto sea éste, se acepta que la población "vive mejor". Hoy en día existen innumerables comunidades cuyo consumo energético es tan bajo que no es suficiente para mantener los procesos vitales de los organismos de sus integrantes, que diariamente mueren de inanición por decenas, centenas o quizá por miles. En el otro extremo de esta realidad, hay grupos de individuos que consumen el doble o el triple de las calorías que sus cuerpos necesitan, y que derrochan recursos energéticos de una manera irracional.

Cuando se habla de indicadores evaluados "por persona" en un país o un pueblo, se ocultan estas desigualdades. Sin embargo, estos indicadores siguen dando una idea de cómo se compara el nivel de vida entre los

países; así por ejemplo, el consumo energético por persona en Estados Unidos de Norteamérica (el país más derrochador de energía), es más de diez veces mayor que el correspondiente a China y nueve veces más alto que en nuestro país, cuyo número de habitantes es tan solo una tercera parte de la población del vecino país del norte. Hasta la fecha, los países del "primer mundo" han abusado de los recursos fósiles para el crecimiento de sus economías, alterando los ciclos ecológicos, produciendo un sin fin de daños al medio ambiente. Si los países terciermundistas siguieran su ejemplo para crecer económicamente, es seguro que terminaría por destruirse todos los ecosistemas como hoy los conocemos, pero debe reconocerse una realidad: en general los países desarrollados consumen mucha energía, no por ser bastos económicamente, sino por lo contrario, alcanzaron ese nivel por usar eficientemente sus recursos, en los cuales se encuentra la energía en sus procesos de producción de bienes y servicios.

En México el número de habitantes desnutridos se cuenta por decenas de millones (aunque actualmente muchas personas en nuestro país cuentan con sobre peso), el ingreso no ha alcanzado un balance aun, el sector agropecuario está casi en ruinas en buena parte del país, la contaminación y el deterioro ambiental aumentan día con día, el agua es cada vez más escasa y de menor calidad. Entre muchos otros problemas a los que se enfrenta el país, casi todos ellos están relacionados directa o indirectamente con la disponibilidad de energía.

Nuestro sistema de energía eléctrica se encuentra obsoleto; ya que el consumo eléctrico para 105 millones de mexicanos aproximadamente, debería ser de 75,000MW la capacidad instalada de generación y de lo contrario solo se cuenta con 42,000MW.

Se puede deducir que la problemática energética en México, es en gran consideración por los puntos enunciados a continuación:

A).- La generación de energía en diversas formas, es insuficiente para que más de 100 millones de mexicanos vivan adecuadamente

B).- La energía al igual que el ingreso, se encuentra mal distribuida, alrededor

de 8 millones de habitantes no disponen de energía eléctrica en sus hogares, por habitar en comunidades muy alejadas de las líneas de distribución eléctrica.

C).- Se depende excesivamente de los combustibles fósiles para la producción de energía. De acuerdo con el último balance nacional de energía publicado por la Secretaría de Energía correspondiente al año 2012, los hidrocarburos contribuyeron con un 87.9% a la producción de energía primaria, en tanto que el carbón constituyó el 2.2%, por lo que más del 91% de la producción de energía primaria se hizo a partir de estos combustibles fósiles.

Si México no invierte en la innovación de sus recursos energéticos, en particular en la energía renovable, es decir, energía solar, la crisis generada por el agotamiento de yacimientos de hidrocarburos fósiles "nos encontrará desarmados y sin la posibilidad de desarrollar nuestras propias soluciones, condenándonos a importar tecnología extranjera", afirmó Claudio Estrada Gasca, director del Centro de Investigaciones en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La crisis energética que el país podría enfrentar, de no tomarse las medidas pertinentes, es también resultado de la falta de visión de los operadores energéticos que no siempre han entendido la complejidad del problema, a pesar de que nuestro país se ubica entre estándares de emergencia, es decir, somos una región basta de energía solar con potencial de desarrollo mayor que cualquier otra alternativa energética.

Sin embargo, reconoció que si bien se han hecho esfuerzos por desarrollar nuevas aplicaciones utilizando energías renovables, "lo estamos haciendo un poco tarde, y por eso es tan importante que se tome conciencia de su valor energético; naciones como China e India nos han invadido con sus productos vinculados a energías renovables en unos pocos años".

Por tal motivo fue necesario impulsar programas de desarrollo integral en sociedad, es decir, normatividad en la compra de algún inmueble sea nuevo o usado, remodelación o construcción de alguna casa habitación, se adquieran ahorreadores energéticos, en los cuales se encuentran incluidos los

“calentadores solares”, de tal manera junto a las fuerzas gubernamentales de la manos de diversos programas, alcanzar una conciencia social del verdadero valor de la energía solar en México.

Se trata de un esfuerzo que no sólo es financiero, aunque se requiere mucha más inversión para seguir desarrollando proyectos como los que hoy presento, sino de una nueva visión “cultural y social, en el que seamos responsables en el uso y consumo energético, y aprendamos a responder sobre qué mundo queremos tener”.

El gas es uno de los principales energéticos utilizados en el mundo, tanto para el funcionamiento de los hogares como de la industria, influye en la existencia de las familias y la actividad productiva. Su relevancia económica es enorme para el país.

Tomar una ducha de agua caliente, cocinar o poner la calefacción son actividades tan cotidianas que casi nunca nos preguntamos de dónde viene la energía que nos permite concretarlas, salvo en alguna de esas ocasiones en los que, al abrir la llave del agua caliente, comprobamos que se ha terminado el gas.

El gas está disponible para una infinidad de usos en dos modalidades: natural y licuado de petróleo (LP). El cuál año con año ha aumentado su costo al consumidor, por lo tanto es más factible la adquisición del “calentador solar”, para la disminución en el consumo de este combustible, y así la contribución de permanencia en los egresos familiares.

1.- El retraso de México en cuanto a una política viable en torno a las energías renovables (en términos de recursos para la investigación, el desarrollo de nuevas formas para producir energías más limpias y con menor costo, para fomentar un marco jurídico orientado hacia la generación de energías renovables).

a. El carácter del país y exportador (importante a nivel mundial) de petróleo es sin duda una de las principales dependencias energéticas del país.

2.- Sin embargo, varios factores invitan a pensar en un cambio favorable a las energías no convencionales:

- a. La ratificación de México de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (compromiso para el sobre desarrollo sustentable con esfuerzos para reducir las emisiones de gases con efecto invernadero).

3.- En efecto, las energías renovables presentan múltiples ventajas: disponibilidad casi ilimitada en el tiempo (de una vida humana, por lo menos), reducen la dependencia y la vulnerabilidad en cuestiones energéticas, reducen la emisión de gases, entre otras.

4.- En un momento de altos precios del petróleo, muchos países se lanzan a la conquista de las llamadas “energías renovables”. Sin embargo, parece útil, antes de todo hacer un balance acerca de las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

En otros términos, en el caso de México la pregunta sería:

- ¿Cuáles son las energías renovables que son viables hoy en día, en términos técnicos, ambientales y económicos?
- ¿Cuáles son las disposiciones legales que sería necesario implementar para acompañar su desarrollo?

Ventajas y desventajas de las principales fuentes de energía renovable

1. La principales limitantes en su uso son: económicos y legales:

- a. La geotérmica:
 - i. En México: un futuro promisorio (tercer país en el mundo en términos de capacidad instalada, con 1000MWh).
 - ii. Sin embargo, es cara (limitada a la generación eléctrica).
 - iii. Necesidad de desarrollar esquemas privados / públicos para la exploración, así como incentivos atractivos para que los privados inviertan (CFE compra con un costo basado en plantas de ciclo combinado).

- b. Energía eólica:
 - i. Económicamente, es la que puede hoy en día entrar mejor en competencia con los sistemas más eficaces de generación eléctrica (ciclos combinados).
 - ii. Sin embargo, también faltan sistemas de incentivos.
 - c. Energía mini hidráulica:
 - i. Mucho futuro para autoabastecimiento (municipios e industrias).
 - ii. Puede ser competitiva en relación con tarifas de la CFE
 - d. Energía solar:
 - i. En cuanto a la parte térmica (Termosolar): hoy día, el calentamiento solar del agua es rentable (pero carece de una política de promoción y divulgación (CRE)).
 - ii. En cuanto a la parte eléctrica:
 - 1. Solar fotovoltaico: su precio es muy elevado, para ello se requieren incentivos como en Europa (net metering).
 - 2. Sin embargo, prometedora en zonas rurales (bombeo de agua).
2. Presentan también ventajas sociales importantes (además de ambientales):
- a. Generadoras de empleos (directos e indirectos): Estudio en Argentina (Patagonia). Por cada MWh producido se genera 20 empleos directos y 160 empleos indirectos.
 - b. Integración social y económica de una región (comunidades aisladas) [3].

Capítulo I

Recursos renovables de México

1.1.- Fuentes renovables de energía.

¿Fuentes renovables de energía o energías renovables? La energía en cualquiera de sus formas no puede crearse ni destruirse; solo se puede cambiar de una forma a otra (primera ley de la Termodinámica). Aunque la energía no se pierde, si se degrada en un proceso irreversible (segunda ley de la Termodinámica). Por ello, en rigor la energía no puede considerarse *renovable*. Lo que puede renovarse es su fuente, por ejemplo el viento, o una caída de agua. Sin embargo, el uso del lenguaje ha llevado a las *fuentes renovables de energía* a denominarse simplemente *energías renovables*. En el presente documento se utiliza el término *energías renovables* en esta acepción común.

Las energías renovables son aquellas cuya fuente reside en fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales susceptibles de ser transformados en energía aprovechable por la humanidad, y que se regeneran naturalmente, por lo que se encuentran disponibles de forma continua. Las fuentes renovables de energía perdurarán por miles de años. Las energías renovables se pueden clasificar de distintas formas: por su origen primario de la energía, por el nivel de desarrollo de las tecnologías, y por las aplicaciones de las energías.

México posee un potencial considerable de generación de energía a partir de fuentes renovables. Por su ubicación geográfica, comprendida entre las latitudes norte de 32°43' y 14°32', México forma parte del “cinturón solar” con una radiación solar mayor a 5 kWh/m² al día; si a lo anterior le agregamos que México tiene una extensión territorial de casi 2 millones de km² de las cuales casi tres cuartas partes del territorio nacional se pueden considerar como zonas áridas o semiáridas y de acuerdo a este perfil México se ubica entre los principales cinco países más atractivos del mundo para invertir en proyectos de energía solar.

Además el país está limitado por grandes litorales de más de 10 mil Km de longitud, en donde se producen lluvias ciclónicas prácticamente durante todo el año y cuatro serranías captan todo el potencial pluvial ciclónico; ciertas fallas geológicas volcánicas permiten el aprovechamiento de los recursos geotérmicos y varias zonas geográficas preferenciales de viento.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2007-2012 establece al Desarrollo Humano Sustentable como su principio rector. El PND retoma los postulados del Informe Mundial sobre Desarrollo Humano (1994) del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, de acuerdo con los cuales “el propósito del desarrollo consiste en crear una atmósfera en que todos puedan aumentar su capacidad y las oportunidades puedan ampliarse para las generaciones presentes y futuras”.

Uno de los elementos en la consecución de este principio rector es la política para la sustentabilidad energética, que busca incrementar la eficiencia energética y el aprovechamiento de las energías renovables en México, con una visión de largo plazo. El presente documento se enfoca en el segundo de estos dos elementos. Las energías renovables han estado incluidas en la política pública mexicana de distintas formas desde hace décadas, pero es la primera vez que ocupan un lugar tan importante en el PND, pues están explícitamente incluidas en seis de sus estrategias, que corresponden a dos distintos objetivos.

El Programa Sectorial de Energía 2007-20121 retoma los objetivos y estrategias del PND y propone, dentro de sus nueve objetivos, tres que están relacionados con el impulso a las energías renovables:

- El primero de ellos es “equilibrar el portafolio de fuentes primarias de energía”, y tiene como indicador cuantitativo aumentar durante la presente administración pública federal la participación de las energías renovables en la capacidad de generación de energía eléctrica de 23 a 26%. Cabe mencionar que este indicador contempla proyectos hidroeléctricos de más de 30 MW debido a que no se contaba con criterios para descartarlos previo a la

publicación de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética.

- El segundo objetivo es “fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente viables”, y retoma el indicador del objetivo anterior.
- El tercer objetivo consiste en “mitigar el incremento en las emisiones de gases efecto invernadero”, y busca duplicar las emisiones evitadas de 14 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes en 2006 a 28 MtCO₂e en 2012. El detalle de la potencial reducción de emisiones por el uso de fuentes renovables de energía está contenido en el Programa Especial de Cambio Climático.

Las energías renovables forman también parte importante de la política nacional de mitigación del cambio climático. Actualmente está en las etapas finales de preparación el Programa Especial de Cambio Climático, que incluirá entre sus objetivos y estrategias el desarrollo de las energías renovables.

Finalmente, las energías renovables cuentan hoy con un marco legal específico: la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008, que establece, entre otras disposiciones, la obligación de la Secretaría de Energía de elaborar un Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables, así como una Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía.

El Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables incluye indicadores objetivos para la participación de fuentes renovables en la capacidad y generación en México. A diferencia del Programa Sectorial de Energía, los indicadores incluidos en este documento no incluyen los proyectos de hidroeléctricas de más de 30 MW de acuerdo con lo que marca la Ley para el Aprovechamiento de las Energías

Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. Los indicadores del Programa Especial indican que, para el 2012, se espera contar con una capacidad de 7.6% y una generación entre el 4.5 y 6.6% del total nacional a partir de fuentes renovables de energía.

Tabla 1.1 Clasificación de las energías renovables.

Fuente de energía renovable	Origen primario de la energía			Nivel de desarrollo de las tecnologías			Aplicaciones		
	Energía del sol (1)	Calor de la corteza terrestre	Movimiento relativo de la luna y el sol	Tradicional	Nueva	En proceso de desarrollo	Electricidad	Calor (2)	Combustibles líquidos
Eólica									
Radiación solar									
Hidráulica									
Bioenergía					(3)				
Geotermia						(4)			
Olas									
Mareas									
Corrientes oceánicas			(5)						
Otras energías oceánicas (6)									

Fuente: http://www.sener.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf

Notas:

(1) La mayoría de las fuentes de energía tienen a la energía del sol como origen de forma indirecta. Por ejemplo, en el caso del viento, la radiación solar calienta masas de aire, lo que a su vez provoca su movimiento.

(2) Todas las fuentes renovables pueden ser utilizadas para generar electricidad, y a partir de esta producir calor o energía para el transporte, pero aquí se muestran solo aquellas fuentes que pueden tener estas aplicaciones de manera directa.

(3) La bioenergía se utiliza tradicionalmente como combustible desde hace milenios. Sin embargo, existen también tecnologías para su aprovechamiento para generar electricidad o para la producción de biocombustibles, que son relativamente nuevas o que están en proceso de desarrollo.

(4) La geotermia se aprovecha tradicionalmente de varias maneras, y existen además tecnologías en desarrollo, tales como la de rocas secas y la geotermia submarina.

(5) Las corrientes oceánicas se deben a diversos factores: viento, diferencias en temperaturas, diferencias en salinidad, rotación de la tierra y mareas.

(6) Otras energías oceánicas incluye el gradiente térmico oceánico y el gradiente de concentración de sal (en desembocaduras de ríos).

1.2.- Las tecnologías

A continuación se describirá de manera somera las características principales de las distintas tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables, su situación actual y su potencial en México.

Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE) GEF-BM-SENER: El Proyecto de Energías Renovables a Gran Escala (PERGE) cuenta con un donativo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), a través del Banco Mundial, por 25 millones de dólares. Su objetivo es impulsar las energías renovables en conexión a la red en México, y así contribuir a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros contaminantes; aumentar la estabilidad de precios de la energía; aportar capacidad al Sistema Eléctrico Nacional, y cumplir con las necesidades de diversificación de fuentes de energía. El PERGE destinará 20 millones de dólares a incentivos para la Venta

III, un proyecto eólico de 101 MW que se encuentra actualmente en proceso de construcción, y los 5 restantes para actividades de asistencia técnica por parte de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE). La CFE pagará sus costos evitados, y el PERGE otorgará a los productores, a través de un mecanismo financiero, un incentivo fijo por unidad de energía generada durante los primeros 5 años de operación del proyecto. (SENER, 2009; tinyurl.com/36733h; contacto: jvalle@energia.gob.mx)

1.2.1 Potencial

La irradiación solar global en México es en promedio de 5 kWh/día/m², pero en algunas regiones del país se llega a valores de 6 kWh/día/m².¹⁸ Suponiendo una eficiencia del 15%, bastaría un cuadrado de 25 km de lado en el desierto de Sonora o Chihuahua para generar toda la energía eléctrica que requiere hoy en día el país. Por ello, el potencial técnico se puede considerar prácticamente infinito.

El potencial económico y financiero, sin embargo, se limita a nichos específicos debido a los altos costos de las tecnologías. Para comunidades aisladas de la red eléctrica, el alto costo de extensión de la red implica que la tecnología fotovoltaica sea en la mayoría de los casos la más económica para satisfacer aplicaciones energéticas de alto valor y poco consumo de energía, tales como iluminación y aparatos electrónicos. Por lo que se refiere a la generación de electricidad en conexión con la red eléctrica, existen nichos de mercado financieramente viables para consumidores residenciales de electricidad de una capacidad de al menos 700 MW [4].

1.2.2 Radiación solar para aplicaciones térmicas

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para refrigeración. No se abarcan aquí las tecnologías de refrigeración solar dado que no han alcanzado todavía una etapa de difusión comercial.

1.2.3 Tecnología

La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua. Los calentadores solares se dividen principalmente en dos tipos: colectores solares planos y tubos evacuados. Los primeros constan a menudo de una placa metálica que recibe la radiación y que está soldada a tubos por los que circula el agua, todo colocado dentro de una caja cuya parte superior es de vidrio o de algún otro material transparente. Hay también colectores de bajo costo con tubos de plástico, que se usan para aplicaciones que requieren temperaturas menores, tales como el calentamiento de agua para albercas. Los tubos evacuados constan de tubos metálicos colocados dentro de tubos de vidrio. En el volumen entre ambos tubos se crea un vacío, con el fin de reducir las pérdidas de calor.

La mayoría de los calentadores solares cuentan con un tanque aislado en la parte superior. Gracias al principio del termosifón, el agua circula entre el calentador y el tanque sin requerir de ningún mecanismo adicional. Sin embargo, en algunas aplicaciones se requieren bombas para que circule el fluido. Las eficiencias de los calentadores solares son típicamente del 50%, aunque hay tecnologías con eficiencias mayores [4].

1.3.- México y el aprovechamiento de la energía termosolar

La radiación solar se aprovecha tradicionalmente para una gran variedad de aplicaciones térmicas tales como la calefacción o refrigeración pasiva de edificios, la producción de sal o el secado de ropa, grano, madera, pescado y carne, en magnitudes que no se han cuantificado. Existen asimismo diversas tecnologías comerciales para el calentamiento de agua u otros fluidos o bien para refrigeración. No se abarcan aquí las tecnologías de refrigeración solar dado que no han alcanzado todavía una etapa de difusión comercial.

La principal tecnología para el aprovechamiento térmico de la radiación solar es el calentador solar de agua. Los calentadores solares se dividen principalmente en dos tipos: colectores solares planos y tubos evacuados. Los primeros constan a menudo de una placa metálica que recibe la radiación y que está soldada a tubos por los que circula el agua, todo colocado dentro de una caja cuya parte superior es de vidrio o de algún otro material transparente. Hay también colectores de bajo costo con tubos de plástico, que se usan para

aplicaciones que requieren temperaturas menores, tales como el calentamiento de aguapara albercas. Los tubos evacuados constan de tubos metálicos colocados dentro de tubos de vidrio. En el volumen entre ambos tubos se crea un vacío, con el fin de reducir las pérdidas de calor.

La mayoría de los calentadores solares cuentan con un tanque aislado en la parte superior. Gracias al principio del termosifón, el agua circula entre el calentador y el tanque sin requerir de ningún mecanismo adicional. Sin embargo, en algunas aplicaciones se requieren bombas para que circule el fluido. Las eficiencias de los calentadores solares son típicamente del 50%, aunque hay tecnologías con eficiencias mayores.

En 2011, de acuerdo al último reporte del Balance Nacional de Energía, la instalación de calentadores de agua se incrementó en 19% respecto al año anterior y llegó a un total de 1 978 200 m². La meta establecida por el gobierno federal para 2012 fue de 1 800 000 m². El principal uso de esta tecnología en el país es el calentamiento de agua para albercas, hoteles, clubes deportivos, casas habitación, hospitales e industrias.

El Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México: La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), en colaboración con la GTZ y la Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. (ANES), ha tomado la iniciativa de diseñar e implementar el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (PROCALSOL), orientado a apoyar las acciones que en México se están considerando y desarrollando, a fin de complementarlas, de manera que, en el plazo de la presente administración federal, se amplíe significativamente el mercado de calentamiento solar de agua en los sectores residencial, comercial, industrial y de agronegocios de México. El PROCALSOL busca, asimismo, garantizar el nivel de calidad en los productos y servicios, favorecer el desarrollo de la industria nacional, y promover la adopción de tecnología desarrollada por los centros de investigación nacionales. El Programa plantea como meta global tener instalados, para el año 2012, un millón ochocientos mil metros cuadrados adicionales de calentadores solares de agua, mediante cuatro Líneas de Acción: Regulación, Financiamiento e incentivos económicos, Información y Gestión. (CONUEE, 2007; tinyurl.com/Procalsol; www.procalsol.gob.mx; contacto: jbrash@conuee.gob.mx) [4].

1.4.- Energías renovables en México

¿Por qué utilizar energías renovables?

- Obtención de energía con menor impacto ambiental.
- Diversificación del mercado energético.
- Oportunidad de posicionarse estratégicamente en el mercado de una nueva industria energética.

En los últimos años se ha visto una clara tendencia hacia la baja de los costos en los equipos de energías renovables, propiciando su carácter sustentable y redituable.

La aplicación de las energías renovables en México con fines de generación eléctrica se podrán dar en dos ámbitos distintos, pero complementarios:

- Con instalaciones ligadas a la red eléctrica tanto en forma de grandes centrales generadoras como generación distribuida.
- Con instalaciones en zonas remotas, alejadas de las líneas de distribución, para la alimentación de pequeñas cargas aisladas tanto en proyectos productivos como de mejoramiento de calidad de vida en el medio rural.

El uso de las energías renovables representa:

- Nuevas fuentes de empleo.
- Posibilidad de exportación de energía.
- La reactivación de muchas industrias tradicionales.

El fortalecimiento del aparato científico-técnico del país ya que atentaría la vinculación de la industria con los centros de investigación y desarrollo tecnológico.

Hasta 2013, México contaba con una capacidad efectiva instalada para la generación de energía eléctrica de 64,690 MW, de los cuales 14,891 MW provinieron de fuentes renovables de energía (eólica, solar, hidráulica, geotérmica y de biomasa), lo que representa el 23% del total de la capacidad instalada, de acuerdo con estimaciones de ProMéxico con datos de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) [4].

Tabla 2.2: Capacidad y potencial para generación de energía a través de fuentes renovables en México, 2013 (Megawatts)

Energía	Potencial	Capacidad instalada
Hidráulica	53,000	11,694
Eólica	40,268	1,638
Geotérmico	10,664	823
Biomasa	83,500-119,498	661
Solar	24,300*	76
Total	211,732 - 247,730	14,891

Fuente: SENER, CRE y CFE, 2014

1.4.1 Estado actual de México

A finales del 2007 había en el Mundo una superficie instalada de aproximadamente 208 millones de metros cuadrados de calentadores solares de agua, de los cuales correspondían a México un millón de m².²² Con una generación anual de calor per cápita de 41 MJ, nuestro país se encuentra rezagado en esta materia en comparación de países como Brasil (con 380 MJ), China (con 1,600 MJ) o Israel (con 17,000 MJ) per cápita por año [4].

1.4.1.1 Fortalezas del Sector en México

Además de contar con una excelente ubicación geográfica y abundantes recursos naturales, México presenta un gran potencial para la fabricación de equipos, dados los bajos costos industriales y la mano de obra altamente calificada.

- **Experiencia.** El éxito de México en el desarrollo de sectores como el automotriz y eléctrico-electrónico, aporta una plataforma de metodología especializada en infraestructura, que favorece el desarrollo del sector de energías renovables en México y permite la optimización de las cadenas de suministro, programas de apoyo comunes y ventajas sinérgicas.
- **Talento.** De acuerdo a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), anualmente se gradúan 110 mil estudiantes de ingeniería, manufactura y construcción. Según cifras de 2012 de UNESCO, en México hay 26% más graduados per cápita de dichos programas de estudio que en Estados Unidos.
- **Costos.** México ofrece 11.5% de ahorro en costos de manufactura para la industria de baterías avanzadas en el sector de energías verdes, en comparación con Estados Unidos.

1.5.- ¿Por qué en México los calentadores solares no son tan comunes como deberían?

El calentar agua en el hogar llega a representar hasta un 50% del consumo total de combustible (ya sea gas L.P o natural) en el hogar, lo cual es un dato de relevancia además de ello existe una importante industria del turismo que requiere calentamiento de fluidos, esto significa que existe un gran mercado en el cual invertir, todo ello en la implementación de calentadores solares para lograr un importante dato en el ahorro energético del país.

En México existen reconocidos fabricantes registrados que operan para la exportación de equipos de este tipo manufacturados en nuestro país. Sin embargo, los niveles de aprovechamiento no son los suficientes para la explotación total de recurso solar que nos abastece.

Al igual que para el caso del aprovechamiento de la radicación solar para la generación de electricidad, el potencial técnico para el aprovechamiento térmico de la radiación es prácticamente ilimitado. Por ello, el potencial para el desarrollo de esta tecnología depende más bien de la demanda para el calentamiento de fluidos a baja temperatura en los sectores residencial, comercial, de servicios, industrial y agrícola, que se ha estimado en 230 PJ/año, en combustible.²⁴ Suponiendo que la mitad de esta demanda podría ser satisfecha por calentadores solares de agua, el potencial para el desarrollo de esta tecnología sería de 35 millones de m² de colectores solares, que proveerían 115 PJ/año, equivalentes al 2.5% del consumo final energético de México. Todo este potencial es económicamente viable.

1.5.1.- ¿Por qué es así?

La competencia a la energía solar son los combustibles fósiles como el gas LP, el gas natural y el diesel (estos dos últimos para usos comerciales e industriales). Los cuales cada vez el precio de compra aumenta, provocando mayor egresos en las familias e industrias aumentando el costo de operación de los equipos y abriendo espacio en el mercado a los equipos solares. Esto se refleja en el hecho, señalado por la propia industria, que su principal mercado en México en la actualidad está en instalaciones como hoteles y albercas mayores.

1.5.2.- Desconocimiento de la tecnología

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. Esto tiene que ver con el hecho de que la industria solar en México no tiene todavía la capacidad económica para obtener una buena difusión de información correcta, para brindar un servicio adecuado a los consumidores finales.

Por supuesto, se ha avanzado con la innovación de estos equipos, en la implementación de diversos programas, tales no son suficientes para obtener la meta a alcanzar ya que la conciencia en el cuidado ambiental se encuentra muy lejos de los resultados obtenidos.

1.5.3.- Costo inicial

El análisis en la compra de un equipo como el abordado es complicada, puesto que no es bien juzgada la inversión que se hace, ya que el valor del bien es elevado en comparación con los ingresos familiares habituales de la mayoría de las familias mexicanas, sin darse cuenta que la cantidad invertida es recompensada en un tiempo corto gracias a la recuperación del capital en el ahorro de combustible comúnmente adquirido.

Un calentador solar de agua estándar con un tanque de 150 litros con una eficiencia del 50% cuesta actualmente alrededor de US\$1,050.20 Los costos por unidad de energía dependen del tamaño del sistema y varían entre 1 y 20 US¢/kWh.

Capítulo II

¿Cómo está impulsando México el uso del calentador solar a sus habitantes?

2.1.- CONUEE

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) es un órgano administrativo descentrado de la Secretaría de Energía, que fue creada a través de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de noviembre del 2008, y tiene como objeto central promover la eficiencia energética y fungir como órgano técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

2.1.1.- Antecedentes históricos

La Conuee parte de la estructura institucional de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) la cual nació el 28 de septiembre de 1989, como un órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, los gobiernos de los estados y municipios; así como de particulares, cuando lo soliciten, en materia de ahorro y uso eficiente de energía.

A partir del año de 1999, se inicia la restructuración de la Conae al dejar de ser una Comisión Intersecretarial; el 20 de septiembre de 1999, se publica en el Diario Oficial de la Federación, el Decreto por el que se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, como órgano administrativo descentrado de la Secretaría de Energía.

Misión y Visión de Conuee

Misión

Promover el óptimo aprovechamiento sustentable de la energía, mediante la adopción de medidas y de mejores prácticas para el uso eficiente de la energía

en los diferentes sectores de la economía y la población.

Visión

Ser el órgano técnico articulador de las políticas públicas en aprovechamiento sustentable de la energía del país, que logren el cambio tecnológico y del comportamiento en los usuarios finales de la energía, con la participación de los sectores público, social y privado [5].

2.1.2.- Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

La Secretaría de Energía, por conducto de la Conuee, elaboró el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018 (Pronase), que fue aprobado por el Ejecutivo Federal y publicado en el Diario Oficial de la Federación, el pasado 28 de abril.

De acuerdo con la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, el Pronase es un Programa Especial en términos de la Ley de Planeación, vinculado al Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 y congruente con el Programa Sectorial de Energía 2013-2018, la Estrategia Nacional de Energía 2013-2027 y el Plan Anual de Trabajo de la Conuee.

El Programa consta de seis objetivos, 18 estrategias y 66 líneas de acción, que permitirán alcanzar el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo. Asimismo, considera seis rubros que impulsarán y promoverán la eficiencia energética en el país, tales como:

- Programas de eficiencia energética
- Regulación de la eficiencia energética
- Mecanismos de cooperación
- Capacidades institucionales

- Cultura de ahorro de la energía
- Investigación y desarrollo tecnológico

El proceso de elaboración del Programa incluyó una consulta pública entre los meses de octubre de 2013 hasta febrero 2014; también durante el mes de noviembre de 2013, en coordinación con la Secretaría de Energía, la Conuee realizó tres foros consultivos enfocados en los rubros que integran el Programa, logrando la participación de instituciones de los sectores público, privado, académico y social. Asimismo, la Conuee realizó más de 30 visitas a instituciones de gobierno para coordinar acciones comunes que incidan en la promoción y uso eficiente de la energía.

Es importante mencionar que el Pronase está vinculado con el Programa Especial de Aprovechamiento de Energías Renovables 2014-2018, que también se constituye como un programa especial del sector energía, así como con el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, coordinado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Finalmente, el Pronase se estructuró de acuerdo con los lineamientos y cronograma estipulado en la Guía Técnica para la elaboración de los Programas derivados del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, emitida por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

Debido a la necesidad de explotación de los recursos geográficos para el aprovechamiento de energía solar y a su vez el alcance de óptimos ahorros económicos familiares se empleó el programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalson), la cual fue una iniciativa de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee), en colaboración con la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES) y la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GIZ, por sus siglas en alemán), para el diseño e implementación de un programa de apoyo a las acciones que en México desarrollan para fomentar y ampliar el uso de los Calentadores Solares. Dentro del programa se planteó como meta global, que se instalarán un millón ochocientos mil metros cuadrados de calentadores solares de agua, en un periodo que abarca del año 2008 al año 2012.

Los resultados arrojados del programa mencionado sirvió de base para diseñar una estrategia de venta de Calentadores Solares de agua para uso doméstico a escala nacional, para así masificar el uso de esta opción y aprovechar los excelentes recursos solares con los que se cuentan, por tal motivo se implementó "hipoteca verde" para casa ecológicas, perteneciente a un crédito Infonavit, desarrollado posteriormente.

Normas para calentadores solares de agua: El desarrollo de diversos tipos de normas es un ingrediente importante en el desarrollo del mercado para los calentadores solares de agua. El Comité Técnico de Normalización Nacional para Energía Solar, "NESO 13", ha elaborado y está elaborando varias normas voluntarias para métodos de prueba y etiquetado, y requerimientos mínimos para la instalación, entre otras. Por otro lado, el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales desarrolló una Norma Técnica de Competencia Laboral para la instalación de sistemas de calentamiento solar de agua, publicada en el DOF el 05 de Febrero del 2009 (tinyurl.com/nusim005).

El Gobierno del Distrito Federal expidió en 2006 una norma (tinyurl.com/nadf008) haciendo obligatoria la instalación de estos dispositivos en establecimientos medianos (51 a 100 empleados) y grandes (más de 100 empleados) y aquellos que efectúen remodelación total de sus instalaciones, que requieran agua caliente para realizar sus actividades. La capacidad mínima de operación del sistema de calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar tiene que proveer al menos 30% del consumo energético anual, por utilización de agua caliente para cada establecimiento. En Guadalajara y Monterrey se está considerando el establecer normas similares. Actualmente, las Normas Mexicanas de Energía Solar expedidas son: NMX-ES-001-NORMEX-2005-Energía Solar-Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua-Métodos de Prueba y Etiquetado; NMX-ES-002-NORMEX-2007- Energía Solar-Definiciones y Terminología; NMX-ES-003-NORMEX-2007-Energía Solar Requerimientos mínimos para la instalación de sistemas solares térmicos, para calentamiento de agua.

Existe un proyecto de Norma Mexicana de Energía Solar: PROY-NMX-ES-004-NORMEX-2009-Energía Solar-Evaluación térmica de sistemas solares para calentamiento de agua-Método de Prueba (contacto para las NMX: comer@normex.com.mx). Además, existe un Dictamen de Idoneidad Técnica para evaluar si los sistemas cumplen con un ahorro mensual mínimo de 13.5 kg de gas LP exigido en el marco de la Hipoteca Verde del Infonavit. (tinyurl.com/DITfeb08; contacto: Franco Buzio: onncce@mail.onncce.org.mx) [5].

2.2.- INFONAVIT.

2.2.1.- Programa Hipoteca Verde para Casas Ecológicas

Características del Programa para oferentes de vivienda: La hipoteca Verde es un crédito Infonavit que cuenta con un monto adicional para que el derechohabiente pueda comprar una vivienda ecológica y así obtener una mayor calidad de vida, generando ahorros en su gasto familiar mensual derivadas las ecotecnologías que disminuyen los consumos de energía eléctrica, agua y gas; contribuyendo al uso eficiente y racional de los recursos naturales, y al cuidado del medio ambiente [6].

¿Qué son los créditos verdes?

Dichos créditos tienen como objetivo primordial ahorrar en el gasto familiar y a su vez contribuir a que mejore el medio ambiente.

Por tal motivo en 2010 el Infonavit creó un programa llamado Hipoteca Verde para que disminuyan los consumos de agua, luz y gas, de tal forma se consiga ahorrar en los egresos familiares y juntos, es decir, sociedad y derechohabientes contribuyan a evitar el agotamiento de los recursos naturales.

En 2011 la Hipoteca Verde, el cual es un monto adicional otorgado sólo a quien

la solicitaba, se extendió a todos los créditos, es decir que la totalidad de las viviendas ya sea, se compren, construyan, amplíen o remodelen con crédito del Instituto, deberán adquirir el programa, de tal manera contar con equipamiento de accesorios ahorradores de agua, luz y gas, como llaves, focos y calentadores solares. (El monto adicional se fija de acuerdo al salario del derechohabiente solicitante) [6].

Proceso para obtener el Monto Adicional de Hipoteca Verde

- En caso que la vivienda nueva o usada no cuente con los accesorios ahorradores, podrás instalarlos una vez que hayas obtenido tu crédito hipotecario y los podrás adquirir con los proveedores autorizados por el Instituto, por medio de un VALE. En este caso, el monto del crédito adicional que otorgue el Infonavit no formará parte del crédito hipotecario y el pago de los accesorios ahorradores se hará directamente a los proveedores seleccionados.
- Si el crédito se va a utilizar para construir en un terreno propio, reparar, ampliar o mejorar alguna vivienda, se deberá asegurar que a dicha vivienda se le instalen los accesorios ahorradores que cumplan con el ahorro mínimo esperado, adquiriéndolas con los proveedores autorizados por el Instituto. En este caso, el monto de crédito adicional que otorgue el Infonavit formará parte del crédito hipotecario y el pago de los accesorios ahorradores se hará directamente a los proveedores seleccionados, como anteriormente se anunció.

Asimismo Hipoteca Verde cuenta con un simulador, el cual es una herramienta que brinda apoyo a los derechohabientes para conocer los accesorios, el ahorro que producirán y su costo. A su vez un catálogo de proveedores autorizados, catalogados por estados.

De tal manera la pesquisa realizada, da como resultado que dicho programa es favorable para el ahorro económico familiar y una gran contribución para la mejora del medio ambiente. Por tal motivo se puede concluir en el capítulo abordado que, el programa implementado es adecuado para lograr un hábito de cuidado en el país.

Tabla 2.1 Cotización de Monto Adicional para Hipoteca Verde

Si tu ingreso mensual es:	Podrás tener un monto máximo de crédito adicional de:	Y un ahorro mínimo mensual de:
De \$1,894.83 a \$13,263.82	\$18,948.32	\$215.00
De \$13,263.82 a \$20,843.15	\$28,422.48	\$290.00
De \$20,843.15 en adelante	\$37,896.64	\$400.00

Fuente: <http://www.cmic.org/mnsectores/vivienda/2008/infonavit/hipotecaverde.htm>

Capítulo III

Desarrollo de manufactura del calentador solar para uso doméstico.

3.1.-Planteamiento del problema

Hoy en día, el consumo de energía proveniente de los hidrocarburos ha incrementado sus costos económicos y ambientales, debido al agotamiento de estos recursos naturales no renovables, por lo que es necesario hacer un cambio en nuestro consumo de fuentes de energía.

Uno de los puntos en los que se consume gran cantidad de energía en las casas es en el calentamiento de agua, en cuanto a un calentador de agua podemos sustituir el uso de gas por la energía solar.

Son equipos que tienen la facilidad de transformar energía solar en energía térmica transmitida en alguna sustancia, como puede ser agua, aceite, salmuera y glicol, e incluso podría ser aire.

3.2.- Justificación

Un calentador solar se usa con el fin de aprovechar la energía solar, la cual no tiene algún costo y no es aprovechada adecuadamente. Además esta energía es limpia, es decir, no produce contaminantes ni daña el medioambiente como lo hacen los hidrocarburos (petróleo, gas L.P., gas Natural, etc.).

El Sol es una fuente inagotable de energía por la razón de que siempre está presente en nuestro medio, el calentador solar de agua aprovecha éste factor para así, disminuir el económico ya que no genera gastos durante el tiempo que es utilizado, sólo con la instalación del equipo al principio, por otro, los sistemas convencionales de calentamiento de agua generan gastos a lo largo del tiempo en que se usa el servicio.

Este proyecto se realizará con el propósito de adquirir conocimiento sobre el calentador solar de agua y así, tener una fuente alterna de energía para el calentamiento de agua.

La objetividad de cualquier colector solar térmico es cotidianamente dejarse calentar por el sol y transmitir la energía térmica a un medio capaz de trasladarla, a su vez, hasta el lugar en el cual se acumulará. El colector solar requiere características excepcionales en cuanto a calidad, tales como durabilidad y confiabilidad que lo diferencian de otros productos. El uso más frecuente de dicho colector solar térmico es el calentar agua destinada a la calefacción de casas, edificios, piscinas y a su vez la obtención de agua caliente para uso doméstico, de tal manera la disminución de gas natural.

Las exigencias para sistemas de calentamiento de agua son: de alto rendimiento económico, alta seguridad y suficiente eficiencia en relación a cantidad y temperatura. El consumo de agua caliente depende de las costumbres de los usuarios, de los aparatos existentes y de la capacidad de estos. Como valores promedios se calcula una cantidad de 30 litros por persona en el baño (casa común) y 50 litros para un estándar alto (Hotel lujoso). Estos valores se refieren por día a una temperatura de 50°C.

3.3.-Sistema de Calentamiento Solar

La energía para el calentamiento de locales puede obtenerse de varias maneras: en el sistema de bomba de calor: se obtiene a expensas de la energía eléctrica (trabajo) que es un producto a un alto precio. Por otro lado, la energía solar de lo contrario no tiene precio monetario, no es contaminante y es renovable. Sin embargo, es difusa e intermitente, por lo que requiere muchos conectores solares y un sistema de almacenamiento, todo ello muy costoso. Si la energía solar es económica o no, depende de muchos factores como: el costo de la energía convencional, la localización, los avances en la tecnología solar y las políticas de los gobiernos.

En la figura 4.1 se muestra un sistema de calentamiento solar como almacenamiento de agua. Consta de dos circuitos de agua y un circuito de aire. La bomba principal de circulación impulsa el agua por uno de los circuitos a

través de los colectores solares (intercambiadores de calor) para que absorba la energía solar que se almacenará en el tanque de agua. Cuando se necesite el calentamiento de locales, el ventilador (compresor con mínima presión diferencial a través de él) dirigirá el aire por uno de los lados del intercambiador y ahí se calienta gracias al agua caliente que llega del tanque de almacenamiento mediante la acción de otra bomba [7].

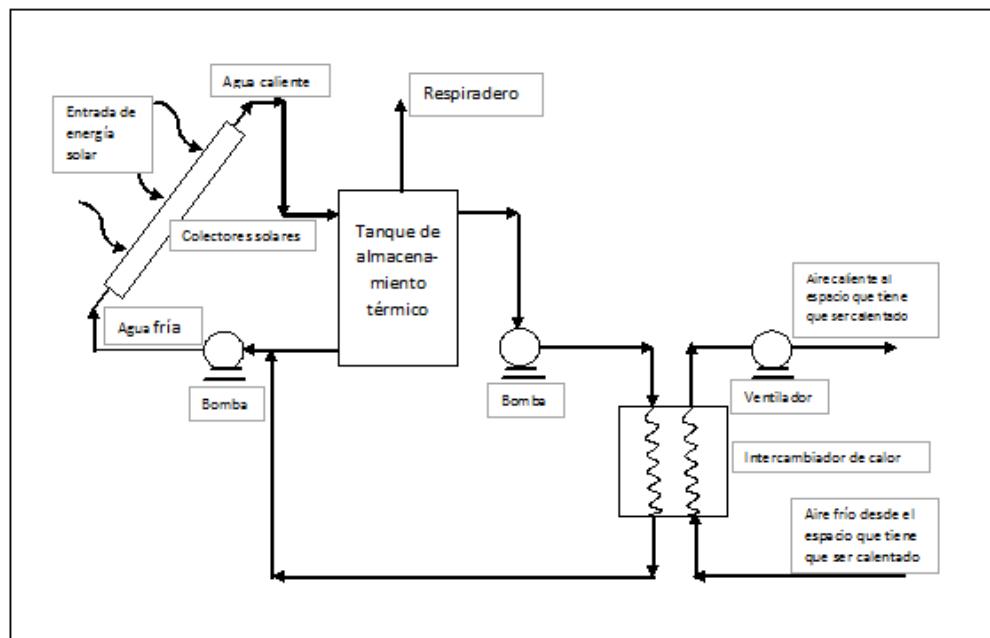


Figura 3.1: Sistema de caleamiento solar con almacenamiento de agua

Fuente: Ingeniería Termodinámica fundamento y aplicación

Generalmente se habla de dos tipos distintos de colectores clasificados de acuerdo a su uso:

A).- Colectores para calefacción de piscinas:

La calefacción del agua de las piscinas, constituye una de las aplicaciones de la energía solar más lógicas, por las claras ventajas de economía y sencillez que presenta frente a otros sistemas que utilizan energías convencionales. Dado que los colectores que se utilizan para calentar el agua de una piscina, únicamente deberían ser capaces de mantener una temperatura no mayor a 30°C, lo ideal es usar colectores sin cubierta, mucho más económicos que los empleados para calentar agua para usos domésticos. Comúnmente son llamados absolvedores de piscinas, debido a que este tipo de colector se instala sin recubrimiento y sin aislamiento. Los mayores fabricantes en el mundo usan absolvedoras de materiales polimerizados negros, los cuales son

resistentes a los rayos ultravioletas del sol y a las condiciones climáticas.

El agua de piscinas y jacuzzis contiene pequeñas cantidades de cloro u orina, lo cual es un factor latente para la corrosión de los metales empleados (cobre, aluminio, hierro.), aunque en realidad se debe mayormente a la concentración de sales en PH. Los colectores plásticos trabajan con una eficiencia muy alta, hasta temperaturas de 30°C, porque las pérdidas de calor son mínimas, debido a las temperaturas bajas de operación. Calentar una piscina siempre es un gasto energético considerable por tal motivo se presenta el calentamiento con un sistema solar para piscinas lo cual da como resultado una disminución económica significativa. Comparado con electricidad el tiempo de amortización siempre se queda en menos de dos años. Debido a la fácil construcción del colector y de la instalación, el costo comparado con el ahorro energético es de gran diferencia.

Como ley natural la temperatura de agua de una piscina, depende mucho de la temperatura del medio ambiente. En caso que la temperatura del agua este más caliente- que la temperatura del medio ambiente, el agua de la piscina se enfriá hasta que las dos temperaturas encuentren un equilibrio. Otro punto importante es por la evaporación del agua, la cual toma un porcentaje de calor de la piscina, estas son las más importantes pérdidas. El sol que pega directamente al agua, calienta durante el día, mientras el viento enfriá el agua. Una pérdida adicional es la radiación hacia el cielo durante una noche abierta (despejado). Para evitar las pérdidas de calor a un mínimo se recomienda el uso de una manta térmica lo cual resulta sumamente efectivo.

B).- Colectores para uso doméstico:

Los colectores planos son los más conocidos en el mercado, porque se pueden aplicar a diferentes usos como calefacción, en uso doméstico, hotelería e industrias. Estos tipos son lo que mejor consiguen el trinomio de: calidad, eficiencia y precio.

Los colectores planos tienen un recubrimiento (normalmente de vidrio) que produce un efecto invernadero en la parte interna del colector. Esto genera una temperatura muy alta, hasta 160°C. En la parte inferior, y en los laterales una lámina de aislamiento reduce las pérdidas de calor a un mínimo. El elemento principal de todos los colectores es la placa de absorbancia, la cual transforma los rayos solares en calor. El cobre es el material más usado para absorber, sin embargo, la lámina negra además de ser más económica, absorbe de mejor manera.

En el mercado del bien abordado es usado como material principal el aluminio

(debido a su poco peso) o lámina galvanizada para el marco, el cual junto con el vidrio templado le da la estabilidad al colector. Como se mencionó, hay diferentes metales en un colector, los cuales no son compatibles uno con el otro, por tal motivo es importante separar los diferentes metales para alejar tales problemas de corrosión.

Los colectores planos a pesar del sello completo entre vidrio y marco (normalmente un empaque) siempre tienen una cierta cantidad de humedad dentro la cual necesita alguna salida. Por eso los colectores tienen dos o más orificios de ventilación, las cuales permiten su respiración y disminución de humedad interior. Por las posibles altas temperaturas, es importante que todos los materiales usados en la fabricación de un colector soporten 160°C como un parámetro mínimo sin sufrir alguna deformación.

Los tamaños más usuales en calentadores solares tienen alrededor de 1.6 m² esto debido a la región en que nos encontramos y para asegurar el abasto de agua caliente a una familia que contiene 4 integrantes, nos enfocaremos a la construcción de uno de 3.2 m². Este tamaño permite un fácil manejo, transporte e instalación (normalmente sobre el techo). Monetariamente el precio más elevado en los elementos de dicho calentador se encuentra en el vidrio de 6 mm de espesor. Por tal motivo sí se utiliza el de 3 mm de espesor, existe peligro de que un cambio repentino de clima (granizo) cause daños estructurales en él, se llegó a un compromiso de usar los tamaños estándar de 2.6 x 1.8 metros y sólo se hacen dos cortes a este tamaño, dando un vidrio de 1.8 x 0.87 metros, es decir, 1.566 m² de superficie del colector.

Las pérdidas de un colector plano dependen del ángulo con el que la luz solar choca contra el vidrio, del 100% de ella la mayor parte lo atraviesa y una pequeña parte es reflejada sin entrar a la parte interior. Esta pequeña parte, representa los primeros porcentajes de pérdida de la eficiencia. Otra pérdida se encuentra en la parte de la radiación que es absorbida por el vidrio. La energía contenida que logró atravesar el vidrio la absorbe la placa negra absorbente esta se calienta y emite a su vez radiación en forma de calor nuevamente hacia el vidrio y también a los aislamientos alrededor de la placa, representando las principales pérdidas de un colector plano, como ya se mencionó.

En eficiencia los mejores colectores planos tienen un máximo de un 80%, este valor no es muy representativo porque es calculado suponiendo que la temperatura del líquido de la entrada es igual a la temperatura del medio

ambiente, lo que en realidad no se cumple. Para comparar la eficiencia de los colectores, la cantidad de energía debe ser medido por metro cuadrado, es decir, medir la temperatura de entrada y de salida del colector, así como el gasto que nos dé la cantidad total de energía que pueda tomar por metro cuadrado en igualdad de condiciones de insolación.

El funcionamiento básico es el mismo, una superficie plana de color negro unida al conjunto de tubos, capta la radiación solar directa y difusa. A través de un intercambio de calor la superficie negra transmite su calor al medio (agua) que está circulando dentro de los tubos. Estos son sistemas que calientan agua sólo con la energía proveniente del sol sin consumir algún tipo de combustible o energía externa a la solar.

3.3.1.- ¿Cómo es un calentador solar?

Un calentador solar de agua consta principalmente de tres partes: El colector solar plano, el termo tanque y la base. El colector solar plano se encarga de capturar la energía del sol y transferirla al agua, el termo tanque almacena el agua caliente y la base, que sostendrá al colector y al termo tanque. En las ciudades donde se alcanzan temperaturas muy bajas durante las noches, los calentadores deben estar provistos de un dispositivo que evite el congelamiento del agua en el interior del colector solar plano.

3.3.2.- ¿Cómo funciona?

El calentador solar funciona atrayendo los rayos solares o la luz difusa en días nublados a los tubos, estos son de cristal borocílico aislados al alto vacío, creando un sistema de termosifón en su interior, la temperatura hace fluir el agua fría hacia los tubos de cristal de borosilicato, el agua caliente sube a lo más alto de él termo tanque por ser menos densa que el agua fría.

Principales componentes:

- **Termostanque** (Forrado de poliuretano de 5 centímetros de espesor en alta densidad).
- **Tanque interior** (de .05mm de espesor en acero inoxidable).
- **Tanque exterior** (De 0.06 mm de espesor en acero inoxidable).

- **Tubos de vidrio de borocílico** con aleación de cobre en tres capas, resistentes a granizos de hasta una pulgada. (Medida Estándar en nuestros sistemas, (58 mm diámetro y 1800 mm de longitud).
- **Reflectores Solares:** (De Acero inoxidable de 4 mm grado industrial).
- **Estructura:** (De Acero inoxidable grado industrial).

Puede componerse de un depósito en diferentes medidas desde 130 litros hasta 1,200 litros para baja o alta presión. Puede almacenar y conservar el agua con temperaturas máximas en verano de 90°C y en invierno de 70°.

El funcionamiento de un calentador solar de agua es muy sencillo: el colector solar plano se instala normalmente en el techo de la casa, orientado de tal manera que quede expuesto a la radiación del sol todo el día. Para lograr la mayor captación de la radiación solar, el colector solar plano se coloca con cierta inclinación, la cual depende de la localización de la ciudad donde se vaya a instalar. El colector solar plano está formado por una lámina captadora unida a tubos de cobre por donde circula el agua, lo cual permite capturar el calor proveniente de los rayos y transferirlo al agua que circula en su interior.

Pero ¿cómo circula el agua por todo el sistema? Lo anterior se logra mediante el efecto de "termosifón", que provoca la diferencia de temperaturas. Como sabemos, el agua caliente es de menor densidad que la fría y, por lo tanto, tiende a subir. Esto es lo que sucede entre el colector solar plano y el termo tanque, con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo.

Y ¿cómo hacemos para mantener el agua caliente? Precisamente, esa es la función del "termo tanque", el cual está forrado con un aislante térmico para evitar que se pierda el calor ganado, como se ve en la figura 4.2

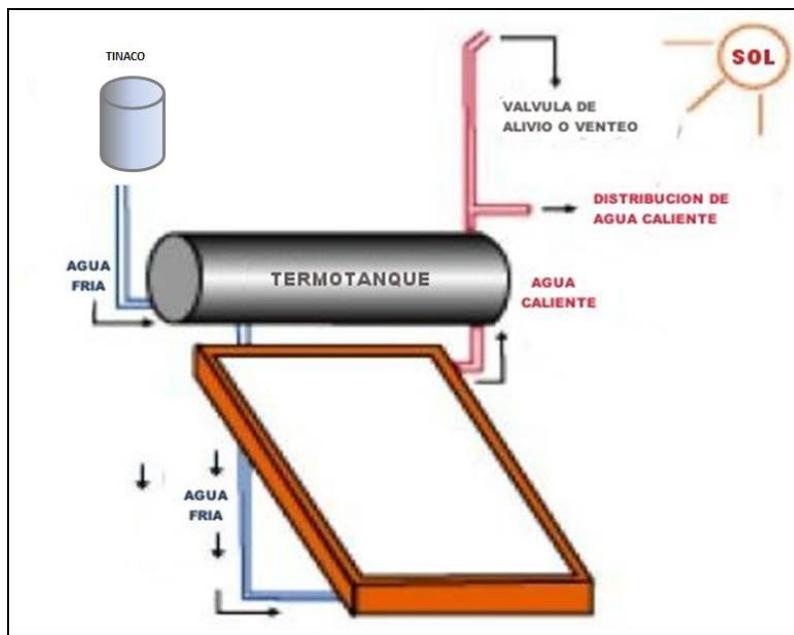


Figura 3.2: Funcionamiento y conexión del calentador solar de agua.

3.3.3.- ¿Para qué nos sirve?

Para nuestro aseo personal y algunos quehaceres domésticos, en los cuales requerimos el uso de agua caliente. Para ello, normalmente utilizamos un calentador, que conocemos como "boiler" y que funciona con gas, o en algunos casos utilizando leña.

Entonces, si instalamos en nuestra casa un **calentador solar de agua** de tamaño adecuado, en épocas de mucho calor y en lugares donde hay demasiada energía solar todo el año servirá, no sólo para bañarnos, sino para cubrir todas las necesidades de agua caliente.

¿En cuánto tiempo se vuelve a calentar el agua?

Con un día soleado bastarán dos horas para volver a tener agua caliente, para obtener el 100% de la capacidad instalada, será necesaria una insolación de 5 ó 6 horas.

3.3.4.- ¿Cuánto ahorra el sistema?

El sistema es capaz de ahorrarle de un 80 hasta el 100% del consumo de gas por uso en regaderas. Normalmente se podrá tener un mayor consumo que en ocasiones se realiza si se tienen visitas que requieran más uso de la regadera, o de días sumamente nublados, normalmente en promedio 335 días del año utilizará su calentador solar y en el resto podrá utilizar su boiler convencional, lo que nos da un uso de energía solar del 92% y sólo 8% de uso del gas.

¿El equipo funciona en días nublados?

El calentador solar en días poco soleados podrá proporcionar agua templada de 35 a 45°C, (depende del modelo), temperatura aún confortable. Para el baño, si requiere de mayor temperatura o volumen en litros, el juego de válvulas instaladas permitirá la utilización de su boiler de gas, logrando con 74%, de esta manera su equipo solar se recupera hasta alcanzar la temperatura deseada.

¿Cuánto dura?

Un buen calentador solar de agua puede durar funcionando correctamente 15 ó 20 años, es decir, varios años más que un boiler, puesto que la vida útil de un calentador convencional a base de combustible tiende a ser de 10 años.

3.3.5.- ¿Cuáles son los beneficios?

Los beneficios del uso de los calentadores solares de agua los podemos clasificar en dos: económicos y ambientales.

Económicos.- Con la instalación de un sistema adecuado a nuestras necesidades, podemos satisfacer la mayor parte de los requerimientos de agua caliente de nuestra casa, sin tener que pagar combustible, pues utilizar el sol no nos cuesta. Aunque el costo inicial de un calentador solar de agua es mayor que el de un boiler, con los ahorros que se obtienen por dejar de consumir gas, podemos recuperar nuestra inversión en un plazo razonable. Para un mínimo de 15 años de uso, se paga de inicio una cantidad total de 9000 pesos, sistema más instalación, y se requerirá un desembolso aproximado de 500 pesos anuales, para aseo y algún posible percance o pago de póliza de

mantenimiento y servicio, con lo anterior tenemos que en 15 años se pagará un total de \$9000.00 más \$7500.00, en sí, un total de \$16,500.00 pesos. Si tenemos un gasto mensual promedio de gas, sin usar el calentador solar, de 600 pesos mensuales para 5 personas en casa, tendremos un gasto total en los 15 años de \$108,000.00 pesos aproximados. En caso de ser ahorradores y gastar tan solo \$150.00 pesos mensuales promedio de gas, tendremos un gasto total aproximado de \$27,000.00 pesos, un gasto un poco más de 4 veces su precio de consumo en combustible.

Ambientales.- El uso de los calentadores solares permite mejorar en forma importante nuestro entorno ambiental. ¿Cómo? Los problemas de la contaminación en las zonas urbanas no sólo son provocados por los combustibles utilizados en el transporte y en la industria, sino también por el uso de gas L.P en millones de hogares, lo cual contribuye en conjunto al deterioro de la calidad del aire y la emisión de gases generando el efecto invernadero.

3.4.- Diagrama esquemático del sistema de termosifón para agua caliente

Para una operación apropiada, el tanque de almacenamiento debe colocarse más arriba que la parte superior del colector solar. La diferencia de temperaturas hace que el fluido sufra cambios en su densidad, creando una circulación de éste hacia arriba, sólo por la energía que obtiene del sol, denominándose como efecto de termosifón. En la figura 4.3 tenemos un tubo en forma de U (a) que contiene fluido a una altura h . si el tubo se inclina con respecto a la vertical, el valor de h es la elevación de B donde l es la longitud del tubo y B es el ángulo de inclinación con respecto a la zenit. Si un lado del tubo se calienta con respecto al otro lado, la densidad del fluido en la columna caliente bajará, pero debido a que las dos columnas están auto-balanceadas, la longitud de la columna del lado caliente será más alta en una distancia dh para lograr así un balance.

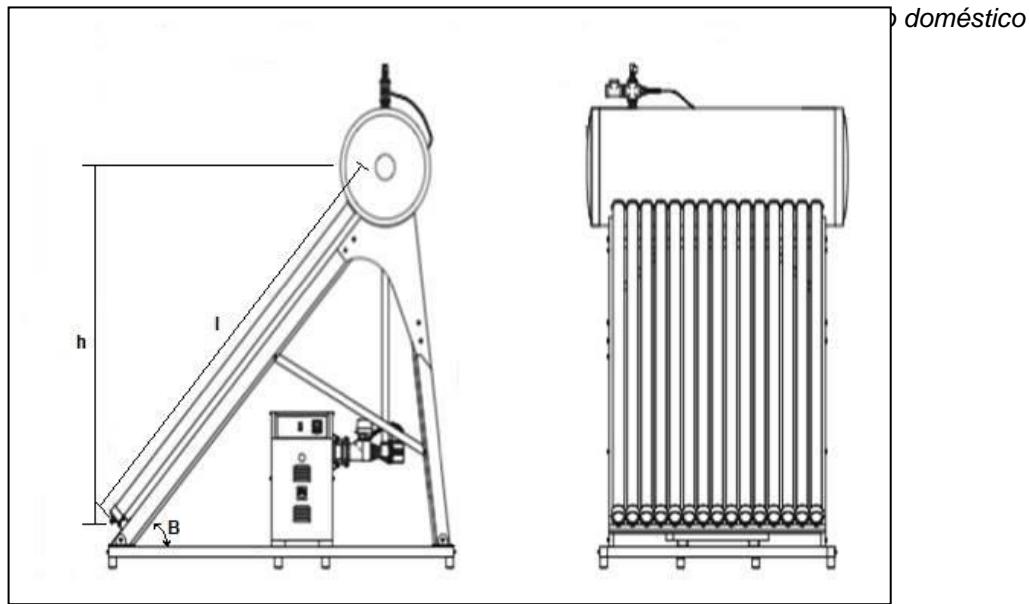


Figura 3.3: Diagrama esquemático del sistema de termosifón para agua caliente

El calentamiento de agua con energía solar es una tecnología muy probada y usada en el mundo. Países de Europa y Norteamérica, cuya ubicación con respecto al sol es menos favorable que la de México, utilizan calentadores solares de agua con mucha mayor intensidad que nosotros. Por ejemplo, en Alemania, sólo durante 1998 se instalaron 470 mil m², mientras que en México hasta el año 2000, se tenían instalados apenas un total de 373 mil m² de calentadores solares de agua y la Asociación Nacional de Energía Solar calculó que, en el año 2002, estaban instalados en México medio millón de metros cuadrados de este tipo de sistemas, la mayoría de ellos en las ciudades de Guadalajara, Puebla, Cuernavaca y Morelia, y recientemente en hoteles del estado de Quintana Roo y en la costa del Pacífico. El mercado más importante de esta clase de productos es en el sector de servicios como servicios hoteleros y centros deportivos, aunque hay una demanda creciente para su utilización en viviendas.

En México se llevan fabricando calentadores de agua solares desde hace más de cincuenta años, en la actualidad hay más de 50 fabricantes de estos equipos.

Beneficios de Calentador Solar.

Mencionamos a continuación un comparativo entre el Calentador Solar y el Calentador de Gas L.P., en los cuales le damos 21 razones de garantía y confianza para utilizar el Calentador Solar:

Tabla 3.1 Comparación de alternativas en calentadores

Análisis de perjuicios y beneficios	
Calentador Solar	Calentador de Gas L.P
1.- Disposición de agua caliente a 50-55°C	1.- Disposición de agua caliente a 50-55°C
2.- Utiliza una fuente de energía inagotable	2.- Utiliza un combustible (no sustentable)
3.- Energético (energía solar)	3.- Energético (gas L.P)
4.- Funcionamiento automático	4.- Funcionamiento manual, semiautomático y automático
5.- Ecológico	5.- Contaminante
6.- Contribuye a la protección de salud	6.- Es tóxico para la salud el olor que expide para su identificación
7.- No produce ningún tipo de contaminación auditiva	7.- Emite ondas de sonido aunque no dañinas para la salud
8.- Vasto almacenamiento de agua caliente	8.- Depende de ciclos de agua para el abastecimiento de agua caliente
9.- Es posible descargar el contenedor en un solo instante o continuamente	9.- Se puede descargar la capacidad del tanque en un solo instante aunque según su capacidad podría considerarse ser continuamente
10.- Fácil instalación	10.- Fácil instalación, pero deterioro continuo
11.- El equipo es desmontable	11.- El equipo es desmontable

3.5.-El colector solar plano.

Definición.

El colector solar plano trabaja haciendo pasar un líquido a través de él, convirtiendo la energía luminosa del sol en calor y elevando la temperatura del líquido que fluye. Puede usarse agua pura, pero es mejor una solución anticongelante.

Para atrapar la energía solar y convertirla en calor se utiliza un proceso que por todos es entendido. Toda superficie negra expuesta al sol se pondrá más caliente que una de cualquier otro color. Una pintura negra mate no brilla y por lo tanto no pierde energía por reflexión. Por consiguiente, si una superficie se pinta de negro mate y se pone un líquido en contacto con la parte posterior, el líquido se calentará eficientemente. Este simple aparato es llamado el “absorbente”. Usualmente es una lámina de metal con pasajes para el líquido los cuales están pintados de negro mate por un lado.

Una vez que la energía solar se convierte en calor y que se absorbe por el líquido, se debe aislar el absorbente térmicamente para prevenir pérdidas de calor. La parte posterior del absorbente así como los lados deben aislarse con fibra de vidrio o espuma de poliuretano. Sin embargo, en el caso del poliuretano, se debe usar una cobija de una pulgada de fibra de vidrio para protegerlo de las altas temperaturas. Las pérdidas de calor por el lado soleado del absorbente se reducen con una cubierta de vidrios. El vidrio transmite la radiación solar de alta energía (pequeñas longitudes de onda) hacia el absorbente y retarda la radiación de pequeña energía (grandes longitudes de onda) que es emitida por el absorbente caliente hacia el exterior, también evita que las corrientes de aire lo enfríen [8].

Debido a la naturaleza intermitente de la radiación solar, en la mayoría de los sistemas de calentamiento de un líquido por el sol se necesita un tanque de almacenamiento para tenerlo disponible cuando se necesite. Este tanque debe alimentar al colector solar y éste al primero.

El sistema que ayuda a la circulación del líquido puede ser una bomba con controles automáticos o bien, dentro de un sistema propiamente diseñado y construido esta circulación ocurrirá automáticamente por acción termosifónica (llamada también convección natural o circulación por gravedad).

Si se aplica calor al lado izquierdo de un recipiente en forma de U con agua, la densidad de él decrecerá considerablemente. El balance entonces en el tubo se ve afectado y el agua fría más pesada en el lado derecho fluirá para balancear la situación. Ésta a su vez se calentará y subirá; por lo tanto un flujo se establece. El flujo continuará hasta que la fuente de calor se retire [9].

El colector solar está compuesto por dos tubos principales que se colocan de forma horizontal unidos entre sí por una serie de tubos paralelos que se colocan de forma vertical de menor diámetro. Estos últimos suelen llevar unas aletas unidas o soldadas que transmiten el calor hacia el tubo, por el que circula un fluido (normalmente agua) que transporta el calor obtenido. Toda superficie de tubos y aletas expuesta a la radiación solar lleva un tratamiento que aumenta la absorción de la radiación.

Para conseguir un mayor rendimiento, todo el conjunto se introduce en una caja con un cristal en la cara superior y un aislamiento en la cara inferior y en los lados, que disminuye la pérdida de energía hacia el exterior. Entre los colectores solares térmicos se distinguen varios tipos: los convencionales, descritos anteriormente; los de tubos de vacío, que proporcionan un mayor rendimiento, o los de polipropileno, especialmente diseñados para el calentamiento de piscinas.

La energía solar térmica de uso para calefacción de un medio transportador de energía se obtiene por lo general con los colectores solares o placas solares térmicas, que convierten en calor entre un 60 y un 80% de la energía recibida.

Partes del Colector Solar Plano.

Dentro de los diversos tipos de colectores solares, los **colectores solares planos** son los más comunes. Estos pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas, debido a que la temperatura de operación de este tipo de colectores, difícilmente pasa los 65ºC.

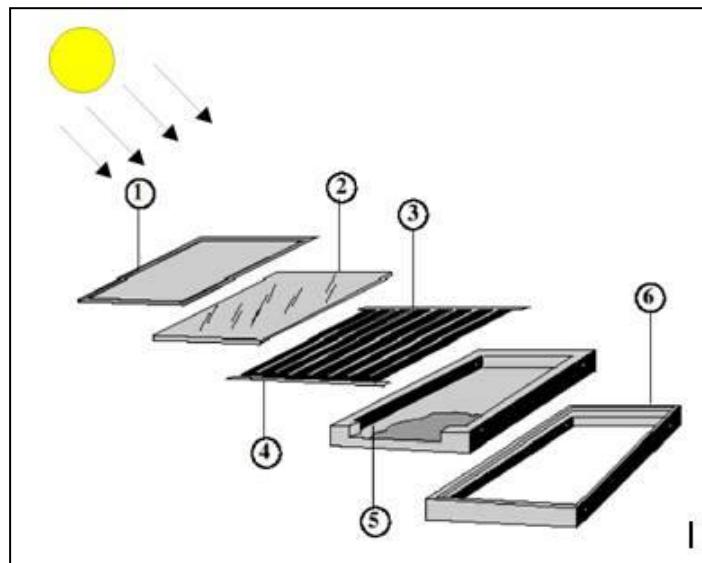


Figura 3.4: Componentes del calentador solar de agua.

1.-Marco Metálico.

2.-Cubierta transparente. Se trata de un vidrio o plástico transparente, su función permitir la entrada de la radiación solar hasta la placa de absorción, sirve también para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del colector.

3.- Placa térmica colectora. Es el elemento más importante del colector solar, La cual generalmente está compuesta con tubos de cobre unidos o soldados a una lámina de cobre o negra, donde posteriormente esta se

pinta de color negro, para captar la mayor cantidad de energía, aquí, es donde la energía radiante es convertida en calor. Este calor, posteriormente es transferido por conducción hacia el fluido de trabajo (agua, aire), que es el que finalmente remueve la energía térmica del colector y la transfiere al tanque de almacenamiento térmico o al espacio o producto que va a ser calentado, según la aplicación que se le esté dando.

De los tipos de placas colectoras más convencional son las de tubos en forma de serpentín y con tubos en paralelos (en este modelo es el que se va describir posteriormente) (Figura 4.5).

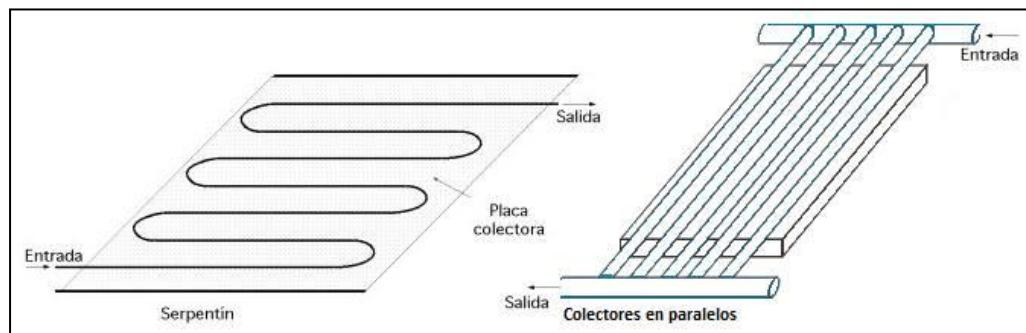


Figura 3.5: Modelos de Placas colectoras, serpentín y en paralelo.

4.- Tubos de Cobre. Los cuales se encuentran unidos y soldados los cuales van unidos o soldados a una lámina de cobre o negra, en ellos es donde circula el agua, donde inicialmente entra el agua fría, en su recorrido por los tubos de posición vertical, ésta se irá calentando y en la parte superior saldrá el agua caliente.

5.- Aislante. La función del aislante será la de mantener el calor que se encuentra en el interior del calentador solar, el aislante puede ser de Poliuretano o fibra de vidrio.

6.- Carcasa. Elemento externo de calentador el cual protegerá a todos los componentes interiores el cual está conformado por lámina galvanizada, aluminio o acero inoxidable [10].

Las pérdidas de un colector plano

Dependiendo del ángulo con el que la luz solar choca el vidrio, del 100, la mayor parte lo atraviesa, y una pequeña parte es reflejada sin entrar a la parte interior. Esta pequeña parte, representa los primeros porcentajes de pérdida de la eficiencia. Otra pérdida se encuentra en la parte de la radiación que es absorbida por el vidrio. La energía contenida que atravesó el vidrio la absorbe la placa negra de cobre. Esta se calienta y emite a su vez radiación en forma de calor nuevamente hacia el vidrio y también a los aislamientos alrededor de la placa, representando las principales pérdidas calóricas de un colector plano. En eficiencia los mejores colectores planos tienen un *máximo* de un 80%. Este valor no es muy representativo porque es calculado suponiendo que la temperatura del medio de la entrada es igual a la temperatura del medio ambiente, lo que en realidad no se cumple.

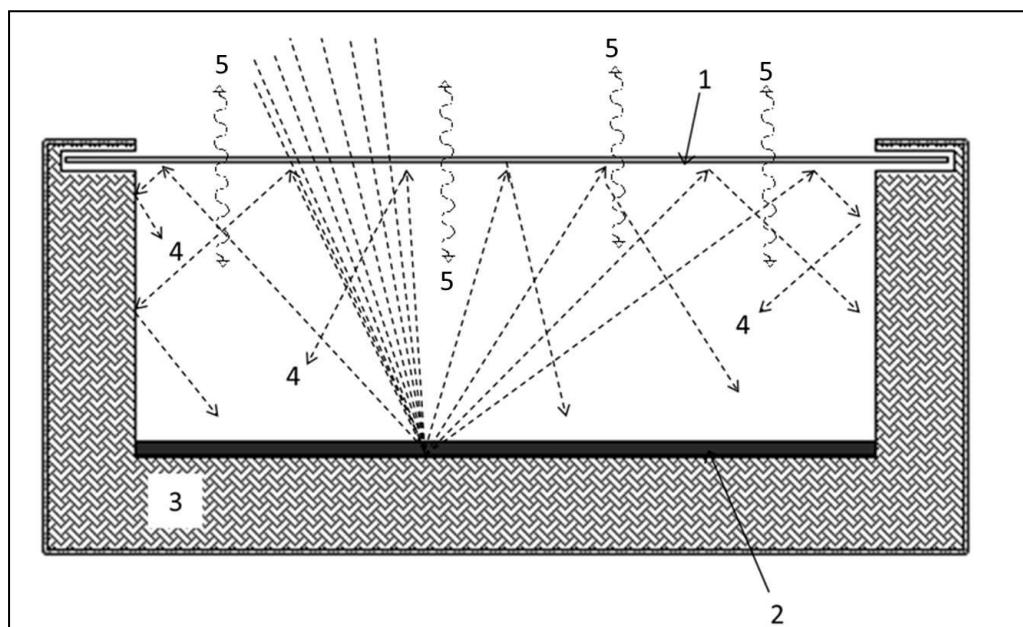


Figura 3.6: Pérdidas de Absorción.

Perdidas de Absorción, según se observa en el punto, (1) es la cubierta transparente, (2) la placa negra de cobre, (3) el aislamiento, (4) la radiación reflejada en el interior del colector, (5) la radiación emitida por la cubierta al calentarse.

Manufactura del colector solar plano.

En este caso se desarrollará la manufactura del colector solar plano para obtener agua caliente para el consumo en baño de regadera para máximo 5 personas; el área a fabricar será de 3.12 m²

1.- Materia prima para el panel de 3.12 m²

Tabla 3.2 Materias primas para panel.

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo
PLV01	Espuma de Poliuretano	kg	1.5	75
PTC06	Tubo de cobre 1/2''	Pza	6	1560
PTC07	Tubo de cobre 1/2''	Pza	28	84
PCC08	Codo de cobre	Pza	4	12
PLG10	Lámina galvanizada 4'C-26	kg	29.6	760
PRP11	Remache pop # 44	Pza	6	8
PPN12	Pintura negra mate	L	1	60
PVD13	Vidrio	m ²	3.12	400
PST14	Silicón en tubo	Pza	1	30
PES15	Estaño para soldar	kg	0.30	36
PPA16	Pasta para soldar	kg	0.1	10
PGB17	Gas butano	kg	1	10
PAM18	Ácido muriático	L	0.2	4
PFR19	Franela	m ²	0.5	5
PTH20	Thinner	L	1	16

Diseño y fabricación de los colectores

Se construyeron dos colectores solares de 2.000 × 1.000× 100 [mm].

La rejilla de cada colector está formada por nueve tubos de cobre de 12,8 [mm] de diámetro externo (3/8") y 1.840 [mm] de longitud, unidos en cada extremo a dos tubos de cobre de 25 [mm] de diámetro (1") y 1.000 [mm] de longitud. La perforación de los tubos de 25 [mm] fue realizada mediante taladrado por fluencia térmica y la unión perpendicular con el tubo de 3/8" fue realizada con soldadura de plata.

El taladrado por fluencia térmica forma un manguito a medida que el material se desplaza de la perforación por un proceso de fluencia. Este manguito puede ser largo, corto, grueso o delgado de acuerdo al procedimiento utilizado.

Posteriormente se soldó a cada tubería de 3/8" una plancha de cobre de 0,3 [mm] de espesor, de 100 [mm] de ancho y 1.700 [mm] de longitud para aumentar el área de absorción de calor. Estas planchas fueron soldadas con soldadura plomo estaño.

Finalmente la rejilla fue revestida con pintura negra e instalada en una estructura metálica junto con fibra aislante de 50 [mm] de espesor. En la superficie se colocó un vidrio de 4 [mm] de espesor.

3.6.-EL termo tanque

Definición.

Es un conjunto de dos tanques concéntricos, entre ellos hay material aislante térmico, y el más recomendado es la espuma de poliuretano el cual es un material que tiene excelentes valores térmicos como para servir de aislante. Hasta 95°C no presenta ninguna deformación. Por esta razón en los Estados Unidos y en Europa es el material más usado para aislar tanques. En Centroamérica los fabricantes de tanques usan fibra de vidrio o pequeñas bolas de estereofón. Ambos materiales tienen menor capacidad de aislamiento,

pero son más fáciles de instalar. Otra desventaja de la fibra de vidrio es que hay que tener cuidado para no tener contacto con la piel. Ese material causa irritación, ya que se desprenden pequeñas partículas de fibra. Por su parte, el estereofón está limitado en su capacidad de soportar calor. Con temperaturas mayores de 65° C el material se deforma. Por esa razón el estereofón no es recomendable para usar en tanques en sistemas donde hay temperaturas muy altas. (Por ejemplo, sistemas solares). El material más barato de aislamiento es la granza de arroz, un material ecológico. El valor energético no es tan bueno, comparado con los otros tipos, pero con el doble de espesor se puede compensar esta diferencia. Si se usa granza de arroz es indispensable echar un insecticida al material para no tener problemas con insectos.

Como el tanque interior es el que va contener el agua caliente, debe de ser de un material resistente a la corrosión es decir puede ser de plástico, aluminio, acero inoxidable o galvanizado, esto para evitar que las paredes se dañen por corrosión. El agua puede tener un pH ligeramente menor 7 que corroerá las paredes rápidamente, con estos materiales el tanque tendrá una vida útil por lo menos de 15 años.

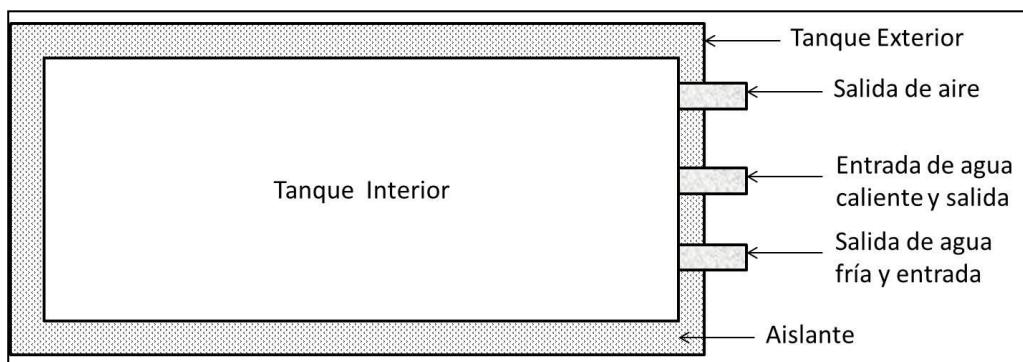


Figura 3.7: Representación del termo tanque y sus elementos

El tanque exterior es de mucha importancia. La mayoría de los productores usan láminas metálicas como: aluminio, acero inoxidable o galvanizado. El tanque exterior igual debe de ser de un material capaz de soportar las condiciones del medio ambiente.

El tanque tiene que sellar completamente para que no se moje el aislamiento (aislamiento mojado pierde completamente su capacidad de aislar y enfriar el agua del tanque interior.) Otro aspecto a considerar es la corrosión. La experiencia enseña que, con el tiempo, las láminas como la negra, tienen problemas de corrosión, sobre todo en las zonas costeras en donde el aire por

su salinidad, provoca más problemas de este tipo. La mejor solución es usar aluminio o lámina galvanizada. La espuma de poliuretano, cumple las funciones de aislar y sostener el peso del cilindro. . El tamaño más común es de 200 litros tanque interior y las conexiones son a través de 3 niples o tubos de cobre de 1/2" posicionados en los laterales, como se ve en la figura anterior. El tubo de entrada de agua fría, el que a su vez es la entrada hacia el colector, tiene que estar en el punto más bajo del tanque.

En el aislante se recomienda un espesor de 1.25 pulgadas para la espuma de poliuretano por ser más eficiente y 3.5 pulgadas para la fibra de vidrio.

Sistema Termosifón.

El funcionamiento autónomo del sistema termosifón significa que el flujo de agua entre el colector y el termo tanque, es natural, sin usar una bomba de recirculación. El termo tanque siempre tiene que estar en una posición superior con relación al colector como se muestra gráficamente en la instalación del Calentador Solar.

Es así como se aprovecha la ley natural que dice que el agua caliente pesa menos que el agua fría y el agua sube de la parte inferior del colector hacia el termo tanque. Es recomendable instalar el colector con una inclinación alrededor de 19°., por estar nuestra zona y la Ciudad de México en esa latitud. Se debe inclinar hacia el sur, para que en los meses de invierno se caliente bien el agua.

Debido al elevado contenido de sólidos del agua potable de Arica se utilizó un sistema de termosifón usando como fluido de intercambio etilenglicol-agua. Este sistema aprovecha la diferencia de temperatura del líquido en el colector y en el estanque, la que ocasiona una diferencia de peso específico, que a su vez produce el movimiento del líquido desde la zona caliente a la zona de menor temperatura en el estanque. De este modo la posible incrustación de sales se presenta por la parte externa del serpentín, permitiendo así la limpieza por su parte externa, lo que disminuye el tiempo de limpieza [11].

Manufactura del Termo tanque.

Estamos queriendo fabricar el tanque interior en acero inoxidable con lámina calibre 26 y partiendo de una lámina de 3' x 10' podemos fabricarlo en 200 litros de capacidad y de forma hexagonal, de esta manera podremos con una soldadora eléctrica de costura, sellar de una manera fácil casi todo el tanque, excepto las 6 esquinas superiores e inferiores, que se sellarán con un equipo de oxiacetileno.

Las dimensiones del tanque interior serán:

Ancho de una cara: 29.3 cm

Distancia entre dos caras: 50.7 cm

Las dimensiones de las tapas serán:

Distancia entre dos aristas: 23.77"

Distancia entre dos caras: 20.585"

Con esto, podemos usar un tramo de lámina de 36" por 111" para el tanque de 200 litros. Para el tanque exterior, dejando un espacio de 1.25 pulgadas. Para el aislamiento térmico podemos usar una lámina calibre 26 de 48 por 105.27" y debidamente pintada aguantará la condición climática en nuestra zona.

3.7.- Instalación del Calentador Solar

Se recomienda que estos se instalen en las azoteas de las casas, orientados hacia el sur, ya que nos encontrarnos en el hemisferio norte, de tal manera que queden expuestos a la radiación solar todo el día.

Se deberá evitar sombras sobre el calentador, por lo que se sugiere que el tinaco quede del lado norte del calentador solar .Si existen muros o pretilles deberán estar tan separados como las alturas de los mismos.

El colector solar plano debe colocarse con cierto grado de inclinación, lo que permite aprovechar la radiación. No obstante, la inclinación a la que se debe colocar el colector depende de la localización de la ciudad donde se pretenda

instalar, sin embargo, se recomienda, que esta sea aproximadamente 19°. Aquí en la región del estado de Hidalgo debe de ser de 19°.

La posición del termo tanque debe permitir que este se llene por gravedad, por consiguiente debe colocarse por lo menos 30 cm sobre el nivel superior del colector. De tal suerte, que los tinacos que sean abastecidos por los calentadores solares, deberán estar como mínimo 50 cm sobre el nivel del calentador solar.

Es frecuente y recomendable que el calentador solar y el boiler se instalen en serie. De esta manera se tiene un respaldo al sistema solar, en días nublados usando el boiler, así habrá agua caliente del colector considerando que los tinacos que sean abastecidos por los calentadores solares, deberán estar como mínimo 50 cm., sobre el nivel de los calentadores solares.

Sistema de Gravedad o baja presión

Cuando el abastecimiento en la casa habitación es a través de tinaco, se dice que el sistema de abastecimiento es de gravedad o de baja presión. El Boiler sirve de respaldo para días lluviosos por lo cual se recomienda que si se tiene instalado un boiler de gas, no se quite; ya que este puede ser útil en caso de mal clima en el año.

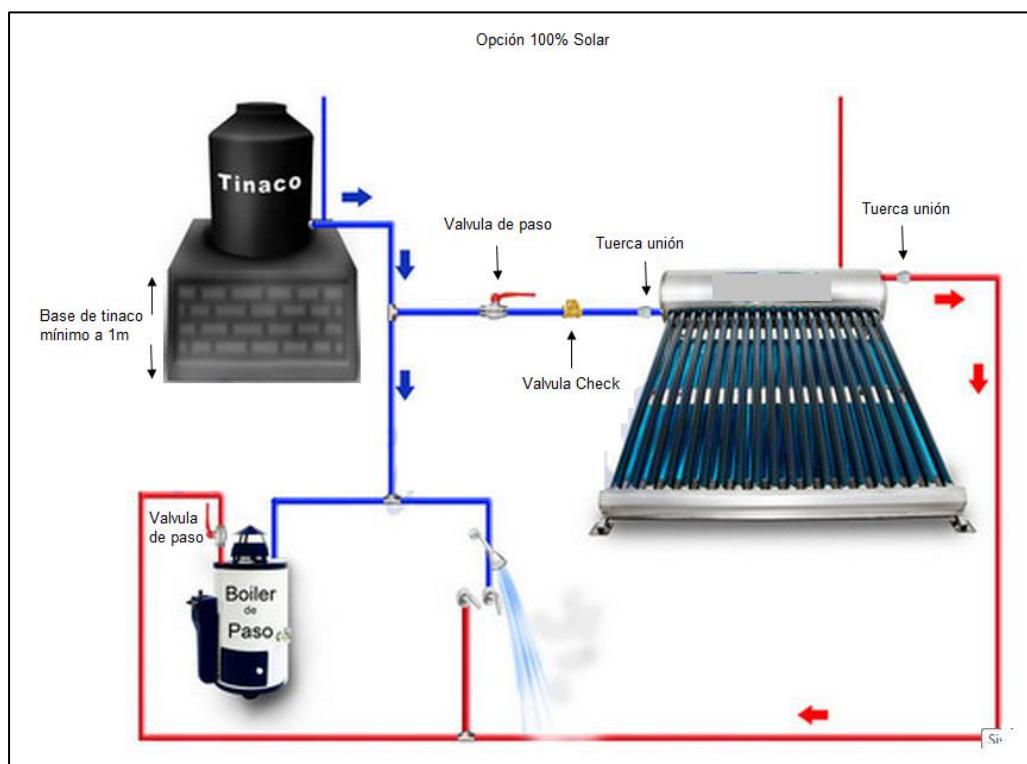


Figura 3.8: Diagrama a baja presión

Fuente: <http://www.evolutionsolar.com.mx/como-se-instalan/>

Sistema de alta Presión (Hidroneumático)

Si la casa habitación cuenta con abastecido a través de agua a presión, ya sea con un equipo hidroneumático, bomba presurizadora, tanque elevado o directamente de la Red, necesitas un equipo solar especial para este caso, que resista altas presiones.

La instalación se sugiere como se indica a continuación:

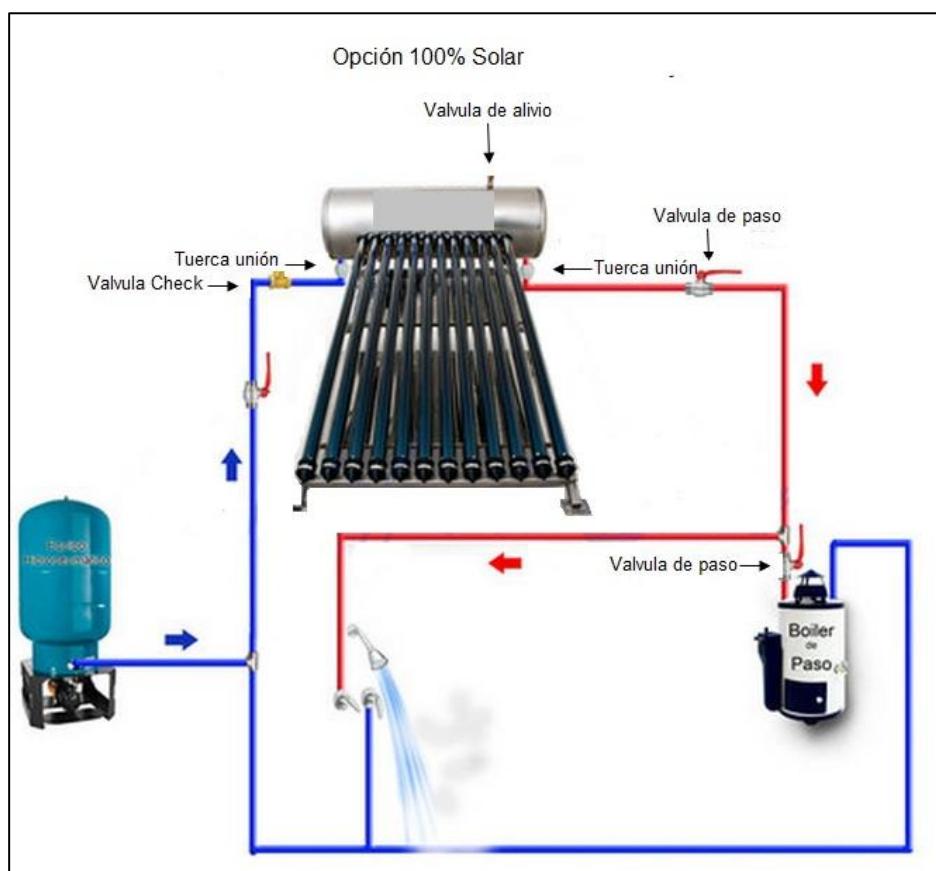


Figura 3.9: Diagrama de instalación a presión

Fuente: <http://www.evolutionsolar.com.mx/como-se-instalan/>

Rendimiento térmico

Se midieron las temperaturas en la entrada y salida del agua en los colectores solares. La variación de la temperatura puede ser observada en la figura 4.8. Se verificó que la máxima temperatura se alcanza entre dos horas antes y dos horas después del medio día solar. Si el consumo es realizado en la noche, en la mañana no existirá agua disponible para el baño. También se determinó la temperatura del agua en el estanque a 300 [mm] desde la base, como puede ser observado en la figura 4.9. La disminución de la temperatura de 40º C hasta 29º C se debe a la retirada del agua del estanque para realizar un nuevo experimento.

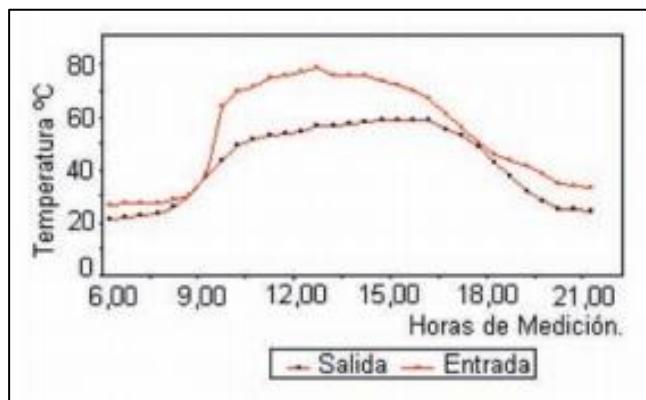


Figura 3.10: Gráfico de temperaturas de entrada y salida de los colectores solares



Figura 3.11: Gráfico de la temperatura del agua en el estanque a 300 (mm) de altura desde la base

El rendimiento térmico del sistema corresponde a la relación entre la energía útil y la radiación solar total que incide sobre el sistema. Como la energía útil depende de la temperatura del absorbedor (T_e) y la temperatura ambiente (T_a), su valor dependerá de la radiación (I) y de la temperatura del agua en el absorbedor. Es decir, existirá un rendimiento instantáneo y un rendimiento mensual. El rendimiento alcanzado por el colector fue del 50%, similar al rendimiento teórico indicado en la literatura [9].

$$n = a - \frac{b(T_e - T_a)}{I} \quad (3)$$

3.8.- Plan de fabricación

Se requieren aproximadamente 3 meses más para fabricar los tanques térmicos de acero inoxidables. En cuanto al sistema anti-hielo se han diseñado y experimentado varios, pero el más prometedor es el que consta de un alambre nicromel, pegado con silicón abajo del vidrio y que tenga 40 W. se le puede meter corriente alterna que sea controlada por un interruptor térmico que conecte o tenga continuidad cuando la temperatura descienda debajo de 5°C y cuando suba de esta temperatura, tendremos trabajando el sistema y lo podremos tener conectado todo el invierno.

En los países con mucho frío la solución es vaciar el sistema en invierno y quemar gas para calentar agua. Nosotros creímos que esta sería la solución pero después de varias pruebas hemos llegado a tener instalaciones como la descrita en todo tiempo frió-Cuando se llega el tiempo de no heladas simplemente se desconecta la extensión que hace llegar corriente al sistema. Las horas *trío* en nuestra zona son pocas y de no más de -6°C; en un invierno podemos esperar no más de 200 horas por debajo de lo 0°C y si instalamos 40W, tendremos un gasto por electricidad de $40 * 200 = 8 \text{ 't' YV}$ y al precio actual de 0.75 pesos/'t' YV tendremos un gasto de 6 pesos por electricidad solamente. El costo de instalar el sistema anti-hielo no pasa de 40 pesos, o sea que no afecta el precio de venta propuesto.

Con un buen programa de mercadotecnia pensarnos que en los próximos 2 años se podrán vender en nuestra zona, que comprende Sahagún, Tepeapulco, Tlanalapa y sus colonias y Emiliano Zapata y sus colonias unos 500 calentadores y sin dejar de atacar mercadotécnicamente la zona, llegar a

otros 500 calentadores en los siguientes 2 años, o sea que en 3 años podremos tener los más de 1000 m² que nos exige la CONAE para poder acceder a su programa de ventas en la CD de México y otras zonas. En todo el mundo hay una subvención (hasta del 60 del costo del producto y su instalación).

Diseño propuesto de calentador solar

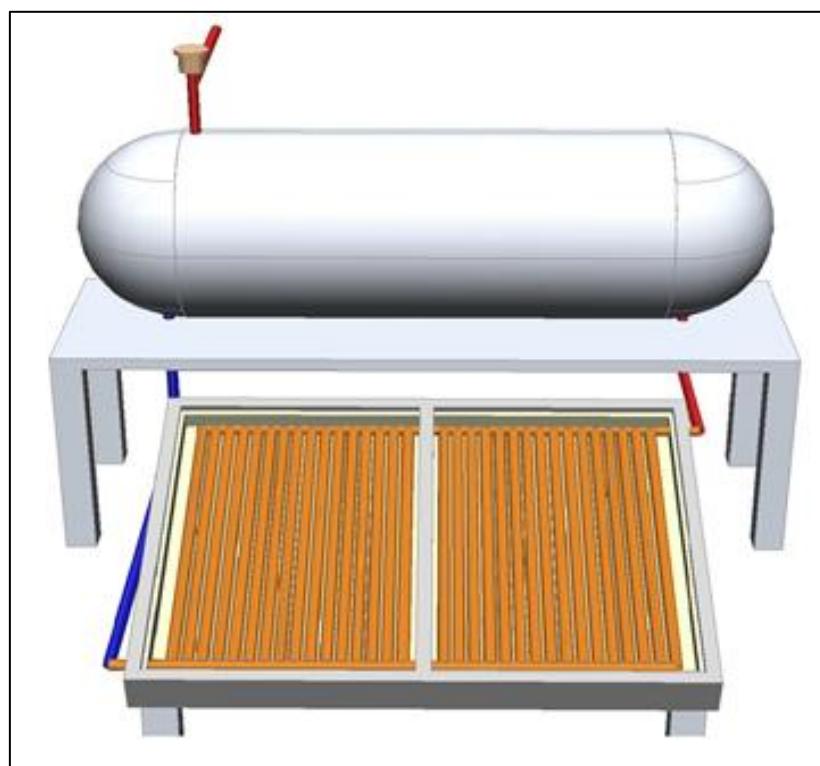


Figura 3.12: Vista perspectiva a un punto de fuga o vista frontal

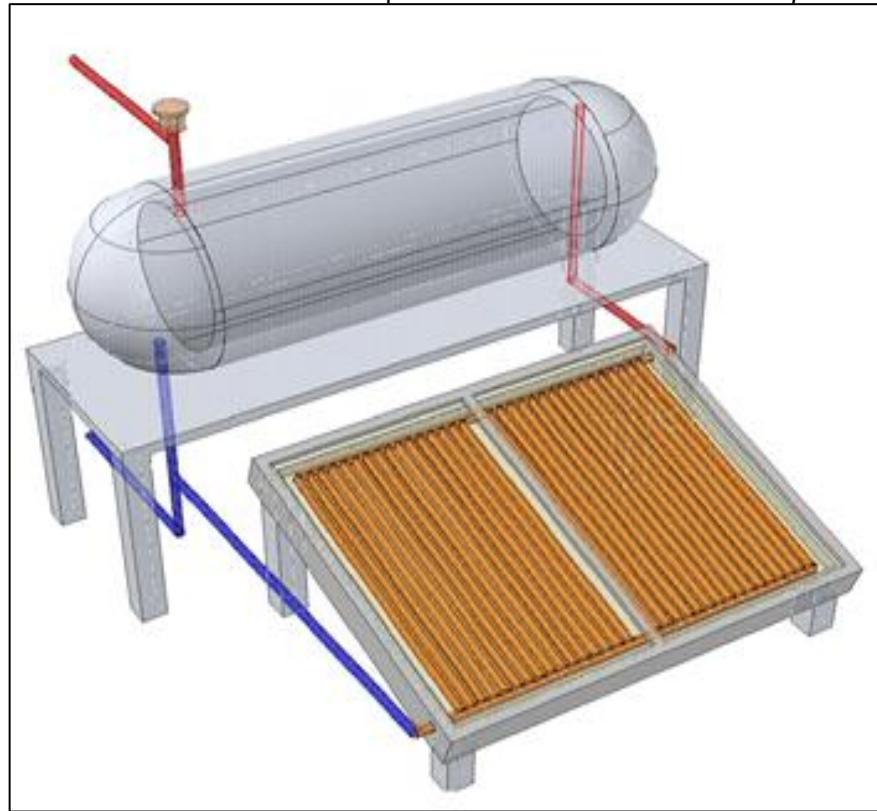


Figura 3.13: Vista isométrica con sombreado transparente

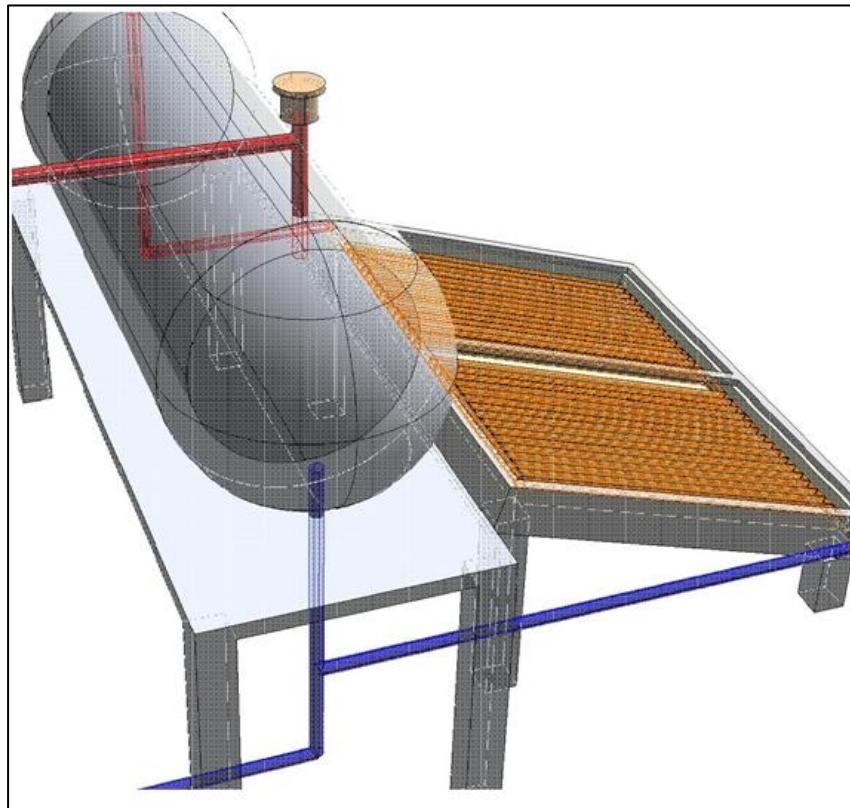


Figura 3.14: Vista perspectiva lateral derecho con transparencia

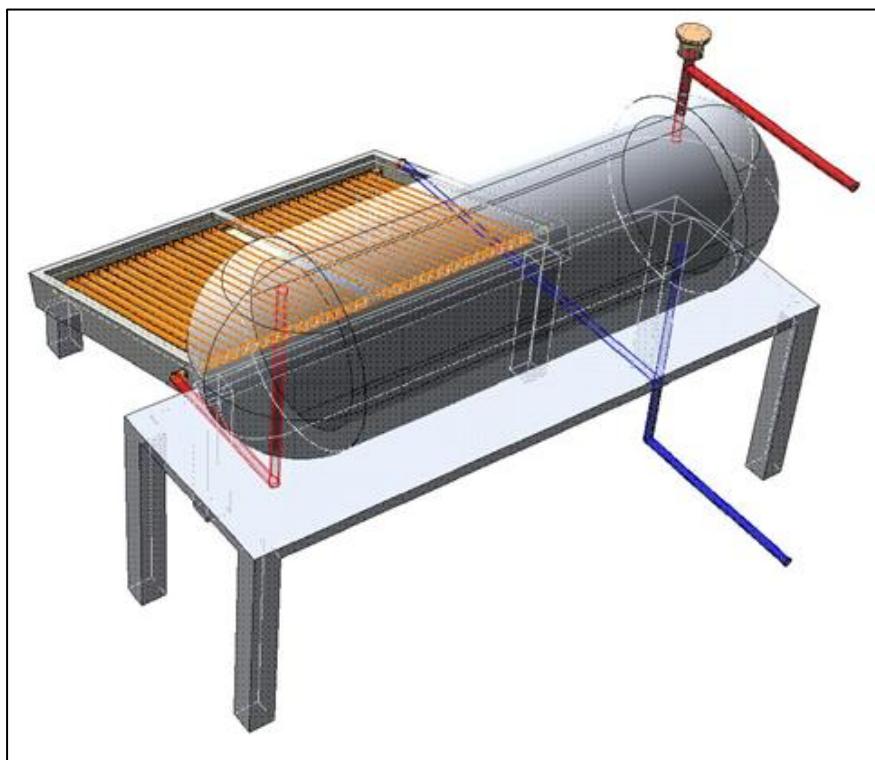


Figura 3.15: Vista perspectiva aérea posterior con transparencia

3.9.- Plan Económico

Se llevaron a cabo juntas con Consejo Nacional Económico, CONAE, se nos asesoró y llegando a las observaciones finales, en base al alto valor ecológico del proyecto y la necesidad que tiene el mundo de una menor producción de CO₂, hay interés y dinero del Banco Mundial para prestarle a México cierta cantidad de millones de dólares a interés internacional, para financiar al consumidor y al productor de éste proyecto. Prosiguiendo con el certificado local de consumo o producción nuestro de más de 1000 m² de colectores de rayos solares y nos tome en cuenta en el CONAE y que tener acceso a los créditos mundiales.

Entonces si entramos a un mercado difícil al principio por vender de contado e incluso con algún adelanto y hacemos ver el costo de la vida del producto, el valor a moneda presente, el análisis del rendimiento de la inversión y cómo tratar el aumento anual del costo de la energía.

Los requerimientos de costo para este calentador solar activo o para cualquier otra tecnología son difíciles de determinar debido a la necesidad de predecir condiciones económicas futuras y/o cambios tecnológicos y económicos. Los pagos o amortización económica de una inversión como la que se pretende, de parte nuestra y de nuestros posibles clientes futuros se debe relacionar con las tasas reales de inversión y se debe usar un escalamiento en los precios del combustible y los niveles de inflación.

El regreso de la meta de inflación propuesta se debe usar con un cálculo de 20 años contra el valor presente del combustible ahorrado por el uso de un sistema de energía solar. Esto es lo que usaremos en los trípticos y en la propaganda que se use para promocionar el uso y compra del producto. Para estar en un costo efectivo, el pago inicial mayor del sistema solar debe ser igual o menor que el valor presente de la energía ahorrada.

Si planeamos vender 500 calentadores en los próximos 2 años, en el primer año creemos que se podrán colocar sobre 150 unidades. Esto significa fabricar 3 unidades por semana en el primer año. Para esto tenemos el espacio adecuado. Al crecer habrá que alquilar o construir más área de ensamble. El doblez de lámina y de pintura se podrá mandar maquilar en las fábricas de Sahagún.

El costo de las primeras fabricaciones será de 6 semanas para empezar y si tenemos que fabricar 18 unidades a un precio promedio de 7500 pesos por equipo, será de 135 000 pesos. En nuestras instalaciones ya tenemos una inversión de 8 unidades o sea que se necesitarán sólo 75 000 pesos lo cual se puede tener acceso a los créditos que otorga el Estado y distintas instituciones de crédito. Habrá que gastar otros 50 000 pesos en promoción y contacto con los primeros clientes. El precio de venta deberá ser de contado, lo que dificultará la venta, pero la labor de venta deberá de ser fuerte.

Como se mencionó anteriormente, se calcula que habrá un mercado de 15 000 000 de calentadores solares en los próximos 10 años. De éstos se prevé que podrán fabricarse en Sahagún algo una cantidad de 500 000 calentadores solares para uso doméstico.

En números eso significa, con un costo promedio actual de 7500 pesos por 500 000 unidades para los próximos 10 años una posibilidad de fabricación de 3250 millones de pesos. Lo que nos hará abrir numerosas fuentes de trabajo, así como realizar y hacer uso de manuales de operación, manuales de mantenimiento, manuales de instalación en base a normas y especificaciones técnicas, contar con hojas de garantía y certificar bajo la norma ISO vigente.

Trabajando para lograr esto habrá que hacer trípticos, manuales de uso y de mantenimiento, manual de instalación, normas y especificaciones técnicas, hoja de garantía y buscar certificar bajo normalización ISO o alguna otra nuestro producto y su instalación Nuestro país tiene algunas regiones (Sonora y Baja California) con el promedio de radiación más alto del planeta. Estas zonas coinciden con los desiertos que se hallan alrededor de los trópicos de Cáncer y de Capricornio, y en ellas pueden construirse centrales de energía solar para satisfacer la demanda que requiere nuestro país. Además, como en las zonas desérticas el suelo es poco productivo y el clima contribuye a que no se habiten, son las más apropiadas para construir plantas solares de varias decenas de MW de potencia.

Una evaluación económica preliminar del sistema solar nos muestra un costo fijo de US\$1.380 y el calentamiento de 29.200 litros de agua desde 20 a 45º C en un año. El costo inicial del sistema equivalente de gas indica un costo fijo de US\$280 y para calentar la misma cantidad de agua un costo de operación

anual de \$170. Se observa que después de 7 años, los costos son similares. La vida útil de un calefón es de 7 años, mientras que un colector solar puede ser usado durante 15 años, siempre que se realice una mantención preventiva adecuada.

Los costos de mantención no fueron incluidos en la evaluación ya que ambos sistemas necesitan este servicio. En el caso del colector solar se deben mantener los vidrios limpios para que la radiación se aproveche en su totalidad. Como el agua nacional tiene muchos iones, es necesario cada año hacer una revisión de la parte exterior del serpentín en el estanque de agua y si es necesario sacarlo y limpiarlo. Se debe evitar cualquier tipo de filtración que se pueda presentar con el uso. Con el serpentín se evita la incrustación en los tubos de los colectores solares, problema recurrente en la instalación de sistemas solares sin circuito adicional.

Capítulo IV

Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se ha recabado información de gran importancia, la cual nos permitió analizar el desarrollo tecnológico, social y político, es decir, sistemas directos e indirectos relacionados con el calentador solar para la propuesta de diseño y funcionamiento de un calentador solar para casas habitación ubicadas en zonas frías.

El diagnóstico del trabajo exhibe la gran dependencia de los diversos factores que inciden el uso masivo de combustibles, lo cual se encuentra relacionado con el sector económico y dicta la necesidad de una evolución tecnología en conjunto con del desarrollo social, institucional y ambiental, y así, poder hablar de una innovación real. Nos obliga directa o indirectamente a reflexionar acerca de las nuevas eco-tecnologías, el medio ambiente y la explotación adecuada de las riquezas energéticas del país. La innovación ecológica debe ser extendida al ámbito de la tecnología doméstica, donde se encuentra el consumidor en la adquisición o manutención de una casa habitación consumidora de recursos energéticos y naturales. Los organismos intermedios poder incidir para la creación de políticas públicas, de tal manera impulsar a las sociedades de los sectores de manufactura y vivienda, ambos en común masificar el uso de calentadores solares de agua.

Sí bien el desarrollo institucional otorga diversas herramientas y facilidades para incentivar el ingreso de ofertantes certificados, estandarizados y vastos en la información técnica, científica y tecnología involucrada. Sin embargo, no se ha alcanzado el objetivo primordial de ello, ya que no se ha consolidado el marco que impulse la compra de los dispositivos por el consumidor final, puesto que dichos demandantes no tienen los incentivos necesarios para formar un mercado consistente. El marco normativo debería ser más estricto para lograr el uso de los calentadores solares, ya que aunque actualmente se cuenta con programas muy aptos para lograr dicho objetivo, no han logrado subsanar los espacios problemáticos entre estas partes. Es aquí donde deberían canalizarse y documentar los esfuerzos y avances en los programa.

Existen organismos gubernamentales y empresariales interesados e involucrados, mencionados en el capítulo 2 y 3 respectivamente, pues tales elementos no involucran por completo el sector público. Por ejemplo instancias de fomento a la vivienda como el INFONAVIT y programas como “Hipoteca Verde”, no detectan ventaja alguna para la venta directa del público.

Por otra parte, existe una gran carencia generalizada de información para el público acerca de materiales, métodos, características, instalación y adquisición que retrasan el buen desempeño de los calentadores solares de agua. Si bien la competencia entre los oferentes se lleva a cabo conforme al precio, sería una buena alternativa que el público se viera beneficiado en la visión al elegir el equipo que más le favorezca, y así balancear precio, calidad y servicio. Este último punto es de gran relevancia, pues teniendo una amplia demanda los oferentes estarían obligados a mejorar dicho punto, dando como resultado una satisfacción total al ofrecer facilidades como, paquetes de entrenamiento ambiental para la vivienda, mantenimiento posterior a la venta en los equipos y principalmente ajustes en las propuestas de instalación y uso de los dispositivos.

Por el lado de la vivienda las políticas locales, la competencia entre los desarrolladores, la falta de información para los habitantes con regazo y la falta de políticas que le den el reconocimiento al mejoramiento son puntos negativos en la detección a la oportunidad de mercado.

Por todo lo anterior, esta tesis propone tomar el modelo de innovación en la disminución de costos de manufactura y gestión apropiada para las ecológicas. Para ello, recordemos que la intención de exponer el tema de la intermediación es aportar elementos que guíen su apoyo en un sistema de innovación. Para este trabajo la intermediación es una herramienta colaborativa, abierta y flexible que, bien planteada y usada cubre los espacios de fallas que con anterioridad mencionamos. La propuesta de este trabajo es utilizar la intermediación a favor, es decir, usarla de manera auxiliar, pero no limitada la solución a la problemática de dotar masivamente de calentadores solares de agua a las viviendas ubicadas en zonas frías.

Como una actividad cotidiana en cualquier momento a la hora del baño siempre recordamos la importancia que tiene disponer de agua caliente, estamos acostumbrados a calentar agua durante todo el año, para satisfacer nuestras necesidades como el aseo personal, lavar los platos, la ropa entre otras actividades, sin embargo existen personas que no cuentan con los recursos suficientes para poder cubrir esta necesidad básica, es por eso que habré de aplicar el conocimiento para lograr un bien común, con responsabilidad y sensibilidad a la situación actual de nuestra comunidad en un acto solidario, ya que el proyecto se basa en utilizar los conocimientos obtenidos para el desarrollo y aprovechamiento de una fuente de energía renovable como lo es el sol, y así, la manufactura de dicho producto sea impulsado, de tal manera su conocimiento en las zonas de población frías obtengan un alcance total en su adquisición y se vean beneficiadas en la disminución de egresos mensuales pues en estos días su aplicación es de gran interés ya que se busca sacar el mayor beneficio de esta energía, por ser abundante, barata y representa una opción sumamente rentable, además de que contribuye al desarrollo sustentable.

Por tal motivo, la propuesta de la manufactura y masificación del calentador solar es la siguiente:

- 1) Conocimiento vasto de la información de energías renovables, y estas ser utilizadas e implementadas adecuadamente, de tal manera estas no son desperdiciadas en el conocimiento institucional si no usadas estratégicamente para el auge de nuevas tecnologías energéticas, lo cual ayudaría al país a elevar sus índices económicos.
- 2) En base a lo anterior el objetivo que se tiene es mostrar una perspectiva en cuanto a los calentadores solares, de forma general a particular, teniendo como variables principalmente los principios físicos de su funcionamiento, sus bondades y limitaciones, factores primordiales en la implementación de manufactura innovadora, para la disminución de recursos económicos y sus periodos, de tal manera obtener el objetivo principal de cualquier sociedad representante de algún mercado en competencia, la cual es obtener la satisfacción total del consumidor final. Dando de manera viable un valor agregado, en este caso la disminución de costo para el alcance de más y mejor mercado.

- 3) En conjunto con las políticas gubernamentales, bajo las cuales el inicio de diversos programas nos ayuda a alcanzar un nivel no importante pero significativo en el inicio de la masificación de la que hablamos, podremos alcanzar tal visión. Aunque es importante recalcar que el programa en la adquisición de crédito para la vivienda, bien es un gran inicio.

Con todo lo anterior podremos estar más sensibilizados con el tema para poder dar un óptimo desempeño en el desarrollo del proyecto.

Referencias

- [1] Jaramillo, Oscar *Transporte de energía radiactiva a través de fibras ópticas*. Universidad Nacional Autónoma de México TESIS 2002 [Documento en línea], Disponible: http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/Tesis_Docorado/TESIS_DOC.pdf
- [2] Zemansky, Mark W., Dittman, Richard H. *Calor y Termodinámica*. 6ta ed. México, 1985. pp 91-94.ç
- [3] Rousseau, Isabelle *La política energética de México y los recursos renovables*. Centro de Estudios Internacionales El Colegio de México, noviembre 2007 [Documento en línea], Disponible: http://www.foroconsultivo.org.mx/eventos_realizados/60_innovacion/ponencias/rousseau.pdf
- [4] Altorre, Claudio *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*. Secretaría de Energía 2009 [Documento en línea], Disponible: http://www.sener.gob.mx/res/0/ER_para_Desarrollo_Sustentable_Mx_2009.pdf
- [5] Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Secretaría de Energía (SENER) 2014 [Documento en línea], Disponible: <http://conae.gob.mx/wb/>
- [6] Ecotecnologías “Hipoteca Verde”. INFONAVIT 2014 [Documento en línea], Disponible: http://portal.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/infonavit/trabajadores/saber+para+decidir/cuido_mi_casa/ahorro+y+cuido+el+medio+ambiente
- [7] Huang, Francis F. *Ingeniería Termodinámica fundamento y aplicación*. 2da ed. México, 2001.

- [8] Solar Energy Handbook, Kreider and Kreith. Ed. Mc Graw Hill.
- [9] Mott, Robert L. *Mecánica de fluidos*. 6ta ed. México, 2006.

- [10] Applied Solar Energy, Aden B. Meinel, Marjorie P. Meinel, ed. Addison Wesley.

- [11] Kreith, Frank *Principios de Transferencia de Calor*, 2da ed.