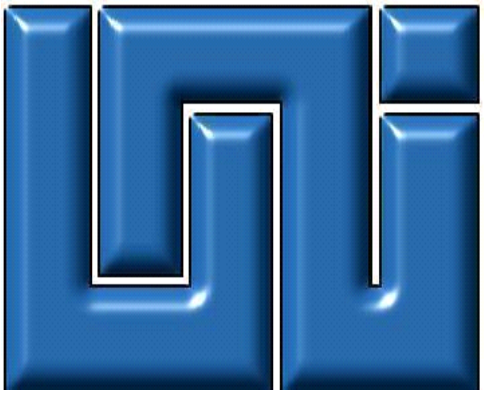
Mon
697.78
M722
2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
RECINTO UNIVERSITARIO PEDRO ARAUZ PALACIOS
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA



TRABAJO MONOGRAFICO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO MECANICO

TEMA:

Diseño de un calentador de agua solar para el Hotel Cosigüina en Chinandega.

Elaborado por:

Br. Shirley José Molina Ulloa. 2006-23843

Br. Miguel Ángel Ruiz Rugama. 2006-24208

Tutor:

Ing. Alejandro Blandino Rayo

Managua, 30 de Noviembre 2011

Dedicatoria

Dedicamos nuestro trabajo investigativo, esfuerzos y dedicación en primer lugar a Dios nuestro señor, principio y fin de todo lo que existe y conocemos, por habernos bendecido con su gracia divina y por iluminar nuestro camino con su luz en el inicio, Desarrollo y conclusión de esta investigación.

A nuestros padres, símbolo de apoyo y fortaleza por brindarnos su ayuda incondicional, su paciencia y dedicación a lo largo de nuestra formación profesional que hoy culminamos.

A nuestro tutor un pilar fuerte para nosotros sin él no hubiera sido posible la culminación de este trabajo.

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por habernos iluminado con su luz durante nuestro largo caminar como estudiante y también por concedernos la oportunidad de gozar de una educación enfocada en el bienestar de la sociedad.

De la misma manera a la comunidad educativa de la Universidad Nacional de Ingeniería, por habernos acogido para forjarnos dentro de los valores; como ser social, velar por nuestra Patria y crear en nosotros el espíritu de superación para alcanzar nuestras metas.

Damos gracias a nuestros maestros que constituyen el pilar fundamental de nuestra educación profesional. Destacando especialmente al Ing. Alejandro Blandino Rayo, tutor de nuestro trabajo que con su ayuda contribuyo a la elaboración del mismo, así como a la propietaria del Hotel Cosigüina lugar en donde se realizó nuestra tesis.

INDICE

CONTENIDO PAGINA

1. NOMENCLATURA……. 6.

2. INTRODUCCION……... 8.

3. OBJETIVOS……..…….…….. 9.

3.1. Objetivo General.

3.2. Objetivos Específicos.

4. JUSTIFICACION…… 10.

5. ANTECEDENTES…… 11.

6. MARCO TEORICO……..…12.

6.1. Introducción……...……..……12.

6.2. Energías Renovables…….…….…….....12.

6.3. Energía Solar. …….…….…….....13.

6.3.1. Usos posibles de la energía solar……..……..… 14.

6.4. Energía Solar Térmica…….……15.

6.4.1. Tipos de Sistemas de calentadores solares…….....16.

6.4.2. Funcionamiento de Sistemas Solar Térmico…….……21.

6.4.3. Componentes de sistemas solares Térmicos……..…..22.

7. Diseño y Dimensionamiento……..25.

8. Mantenimiento…….33.

9. Conclusiones…….……34.

10. Recomendaciones……35.

11. Bibliografía…….……36.

12. Anexos……..……38.

Nomenclatura

H_p Valor promedio de radiación

E *Demanda energética (kJ/día)*

M *Masa de agua a calentar en un día (kg/día)*

Cp *Capacidad calorífica del agua (4,18 kJ/Kg. ºC)*

Ti *Temperatura inicial del agua (ºC)*

Tf *Temperatura del agua caliente (ºC)*

Np *Número de personas a ser atendidas por día*

Vp *Volumen de agua caliente per cápita (lt/persona-día)*

ρ_{H20} *Densidad del agua (1000 kg/m^3)*

Acap Área de captación (m^2)

Hp Radiación solar (Wh/m^2)

H*g* Eficiencia global diaria del sistema (%) 8.31

Nc Número de colectores

A_{cap} Área captación (m^2)

A_c Área de un colector (m^2)

F.S Factor de seguridad o de proyección de demanda (F.S. [1- 1.5]) ≈ 1.25

T_{eq} T*emperatura equivalente*

V_{dep} *Volumen del depósito de almacenamiento (litros)*

M *Masa de agua a almacenar (kg/día)*

Introducción

El Hotel Cosigüina está ubicado en el departamento de Chinandega, de la esquina de los bancos ½ cuadra al sur. Este utiliza energía convencional para calentar el agua lo que incide que el monto total de la factura se eleve, cuando el hotel está en temporada alta, ve la necesidad de bajar el consumo de energía eléctrica y así reducir costos a través de un dispositivo que sea amigable al medio ambiente sin afectar el servicio prestado y dándole así la oportunidad de ser el primer hotel a nivel del departamento de Chinandega en instalar un calentador solar.

El éxito de los sistemas de calentamiento solar de agua depende de dos factores:

a) Nivel de radiación solar

b) Tipo de colector solar

La combinación de ambos factores determina el costo del sistema, el cual se reduce notablemente en zonas de alta incidencia solar como lo es Chinandega.

En este trabajo monográfico se presentaran los criterios básicos para el diseño de sistemas de calentamiento de agua. Estos criterios están basados en fundamentos teóricos obtenidos de la recopilación bibliográfica, con toda esta información se permitirá plantear una alternativa limpia para calentar agua en el Hotel Cosigüina.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- Realizar un diseño para la instalación de un calentador de agua solar.

Objetivos específicos

- Determinar la carga y consumo de agua utilizado por el calentador solar.
- Diseño del sistema de calentador solar.
- Determinar las dimensiones que debe tener el calentador de agua para suplir agua caliente en el Hotel.

Justificación

Este proyecto monográfico propone el diseño de un calentador solar de agua para el Hotel Cosigüina ubicado en la Ciudad de Chinandega, este cuenta con calentadores de agua que utilizan energía eléctrica o gas butano, dando como resultado un excesivo consumo de energía para el hotel.

Con la implementación del calentador solar de agua, ayudara a reducir el consumo de energía convencional de un 30%, representando un ahorro significativo para el hotel, sin afectar el servicio que se le brinda al huésped, ya que el agua que saldrá del calentador será utilizada en los baños.

Antecedentes

Una de las preocupaciones del pueblo nicaragüense es el alto costo de la energía eléctrica producida a través del petróleo y sus derivados, de la cual el país es más del 90% dependiente de esta para la realización de algún tipo de actividad o brindar un servicio.

A consecuencia de esto se han buscado método y medios alternativos que sean más amigables con el medio ambiente y también capaces de reducir un poco la dependencia de la población al consumo de energía eléctrica producida a través de combustibles fósiles.

En estos tiempos en los cuales el precio del petróleo y gas están en los máximos históricos, el barril de petróleo crudo cuesta 90.26 dólares y con tendencia aumentar más, es por eso que se debe tomar conciencia del uso de energía producida a través de este, y es muy factible ver como una alternativa de ahorro y de inversión, la producción de energía más limpia que ayude a la protección del medio ambiente.

MARCO TEORICO

INTRODUCCION

El desarrollo de sistemas que operan utilizando energía solar, ha avanzado para contrarrestar las constantes crisis de energéticos que a nivel mundial se han venido presentando desde finales de 1970. Estas crisis han sido causadas por la falta de materia prima que se puede utilizar como energético y por los elevados costos de extracción, procesamiento y distribución de los mismos; la última crisis que estamos viviendo tiene repercusiones políticas en el contexto del Medio Oriente y cada año que pase se verá un recrudecimiento debido a que las reservas probadas de hidrocarburos sólo garantizan el abastecimiento para las próximas dos décadas.

El sol es una fuente renovable de energía y se ha usado históricamente con diferentes fines. Entre estas se mencionan la evaporación de las aguas del mar para obtener sal y también la exposición de frutas y productos agrícolas al sol para obtener alimentos deshidratados.

El calentamiento de agua mediante el sol es un método común en países como Japón, Israel y Australia, ya que si una unidad solar es usada como suplemento en un calentador regular de agua, aquella puede ahorrar hasta el 90% de la energía usada por el sistema convencional.

Energías Renovables

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Imagina que toda esta energía la pudiéramos aprovechar en beneficio nuestro, ya sea en cosas o actividades de nuestra vida diaria, como cocinar y refrigerar el alimento, obtener agua potable o calentar agua.

Clasificación

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes. Entre las primeras:

- El viento: energía eólica.
- El calor de la Tierra: energía geotérmica.
- Los ríos y corrientes de agua dulce: energía hidráulica.
- Los mares y océanos: energía mareomotriz.
- El Sol: energía solar.

Energía Solar

En términos generales la energía solar es la fuente principal de vida en la Tierra y es el origen de la mayoría de fuentes de energía renovables. Podemos considerar a la energía solar, como nuestra fuente energética total, porque excluyendo la geotérmica todas las demás fuentes se derivan de la radiación de esta estrella.

Existen equipos que pueden transformar esta radiación solar en energía eléctrica o incluso mover un automóvil con biocombustibles, y lo mejor de todo con un daño mínimo al ambiente y además mientras la humanidad exista en este planeta la energía estará disponible para ser usada. En la naturaleza el girasol representa un icono de las energías renovables por su enorme aprovechamiento de la luz solar, su uso para fabricar biodiesel y su "parecido" con el Sol.

El Sol se encarga de calentar la atmósfera terrestre, causando gradientes de temperatura, lo que trae consigo diferencias de presión.

También el proceso de fotosíntesis de los vegetales aprovecha como fuente energética al sol, llevando a cabo reacciones químicas, las cuales la transforman

en energía almacenada dentro de estos, y puede ser aprovechada mediante combustión directa o transformada a otros combustibles, como por ejemplo el metanol y el etanol.

Todos los aspectos de nuestra vida diaria involucran el uso de energía: el transporte, la producción de alimentos y el abastecimiento de agua (bombeo), así como la calefacción o el acondicionamiento de nuestros hogares y oficinas. Para estos fines, los combustibles fósiles tales como el petróleo, el carbón y el gas natural son los más empleados, a pesar de que la energía solar absorbida por la Tierra en un año equivale a 20 veces la energía almacenada en todas las reservas de combustibles fósiles en el mundo y diez mil veces superior al consumo actual.

La energía solar puede ser aprovechada de modos diversos. Además de las formas simples empleadas para secar productos, calentar agua o calefacción de edificios (lo que se conoce como energía térmica solar), podemos utilizar la energía del sol para producir electricidad destinada a hogares u oficinas, lo que se denomina electricidad solar o energía fotovoltaica.

Usos posibles de la energía solar

Usos posibles de la energía solar

- Calefacción domestica
- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Hornos solares
- Cocinas

Se han ensayado todos los usos citados de la energía solar en escala de laboratorio, pero no se han llevado a la escala industrial. En muchos casos, el costo de la realización de estas operaciones con energía solar no pueden competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que es necesaria para que funcionen con energía solar y por ello la mayor parte de los estudios de los problemas de utilización de esta energía está relacionado con problemas económicos.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres tipos de aplicación. Primero, hornos solares, usados como medio de laboratorio para obtener altas temperaturas en diversos estudios y propuestos para usos semi industriales. En segundo lugar los usos potenciales de disposiciones solares sencillas, como cocinas, refrigerantes y bombas de irrigación en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde los actuales recursos de energía no son satisfactorios o resulten caros. Un tercer grupo de aplicación de energía solar podrá competir en el futuro económicamente con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializados, como los EE.UU., si los adelantos técnicos en este campo o los cambios en el costo de la energía de otras fuentes llegan a alterar su costo relativo.

Los problemas con que se tropieza para recoger la energía solar, almacenarla y usar la energía resultante, son los mismos para numerosos usos potenciales de esta fuente de energía.

Energía Solar Térmica

Se trata de recoger la energía del sol a través de paneles solares y convertirla en calor el cual puede destinarse a satisfacer numerosas necesidades. Por ejemplo, se puede obtener agua caliente para consumo doméstico o industrial, o bien para dar calefacción a hogares, hoteles, colegios o fábricas. También, se podrá conseguir refrigeración durante las épocas cálidas. En agricultura se pueden conseguir otro tipo de aplicaciones como invernaderos solares que favorecieran

las mejoras de las cosechas en calidad y cantidad, los secaderos agrícolas que consumen mucha menos energía si se combinan con un sistema solar, y plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

Con este tipo de energía se podría reducir más del 25% del consumo de energía convencional en viviendas de nueva construcción con la consiguiente reducción de quema de combustibles fósiles y deterioro ambiental.

El colector solar plano es la aplicación más común de la energía térmica del sol. Países como Japón, Israel, Chipre o Grecia han instalado varios millones de unidades. Cada metro cuadrado de colector puede producir anualmente una cantidad de energía equivalente a cien kilogramos de petróleo.

Las aplicaciones más extendidas son la generación de agua caliente para hogares, piscinas, hospitales, hoteles y procesos industriales, y la calefacción, empleos en los que se requiere calor a bajas temperaturas y que pueden llegar a representar más de una décima parte del consumo.

A diferencia de las tecnologías convencionales para calentar el agua, las inversiones iníciales son elevadas y requieren un periodo de amortización comprendido entre 5 y 7 años, si bien, como es fácil deducir, el combustible es gratuito y los gastos de mantenimiento son bajos.

Tipos de Sistemas de calentadores solares

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

En muchos climas un calentador solar puede disminuir el consumo energético utilizado para calentar agua. Tal disminución puede llegar a ser de hasta 50%-75% o inclusive 100% si se sustituye completamente, eliminando el consumo de gas o electricidad. Aunque en muchos países, por lo general en vías de desarrollo con climas muy propicios para el uso de estos sistemas, no los utilizan debido al costo inicial que se debe de cubrir para calentar la primera gota de agua.

La eficiencia para captar la energía solar es muy elevada en los calentadores solares. Dependiendo de la tecnología y materiales implementados, puede llegar a tener eficiencias de 70% u 80%. No debemos confundirnos con el panel fotovoltaico, el cual no se utiliza para calentar sustancias, sino para generar electricidad a partir de la luz.

Entre los tipos de colectores podemos encontrar

1. ***Los Colectores Solares sin concentración:*** Los cuales no son capaces de alcanzar altas temperaturas (llegan aproximadamente a unos 70 ºC) por lo que son usados en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura. Un ejemplo de aplicación sería la producción de agua caliente sanitaria. Estos colectores se caracterizan por no poseer métodos de concentración, por lo que la relación entre la superficie del colector y la superficie de absorción es prácticamente la unidad.

2. ***Los Colectores Solares de Concentración:*** Los cuales haciendo uso de los métodos de concentración de la óptica son capaces de elevar la temperatura de fluido a más de 70 ºC. Estos se aplican en la energía solar térmica de media y alta temperatura.

Entre los Colectores Solares sin concentración podemos encontrar:

- ***Colector solar de Placa Plana:***

En general un colector de placa plana actúa como un receptor que recoge la energía procedente del Sol y caliente una placa, la energía almacenada en la placa es transferida al fluido. Estos colectores, en general, poseen una cubierta transparente de vidrio o plástico que aprovecha el efecto invernadero. Su aplicación es la producción de agua caliente sanitaria, climatización de piscina y calefacción. (Ver anexos, Figura N° 1)

- ***Colectores solares de caucho:***

Colector formado por una serie de tubos de caucho, los cuales expuestos al sol absorben la radiación solar y se la transmiten al fluido que atraviesa su interior. Su aplicación principal es la climatización de piscina debido a su bajo rendimiento fuera de la época veraniega. (Ver anexos, Figura N° 2)

- ***Colectores de aire:***

Son colectores de tipo plano cuya principal característica es tener como fluido caloportador el aire. No tienen una temperatura máxima límite (los procesos convectivos tienen una menor influencia en el aire) y trabajan mejor en condiciones de circulación normal, pero en contraposición poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y fluido es malo. Su aplicación principal es la calefacción.

- ***Colectores de Vacío:***

Van dotados de una doble cubierta envolvente, herméticamente cerrada, aislada del interior y del exterior, y en la cual se ha hecho el vacío. Su finalidad es la de

reducir las pérdidas por convección. Son más caros, además de perder el efecto del vacío con el paso del tiempo. Su aplicación principal es la producción de agua calienta sanitaria y climatización de piscinas.

- ***Tubos de Calor:***

Poseen una simetría cilíndrica, formados por dos tubos concéntricos; uno exterior de vidrio y uno interior pintado de negro o con pintura selectiva. El fluido circula por el tubo del interno. Su aplicación principal es la calefacción. (Ver anexos, Figura N° 3)

- ***Colectores cónicos o esféricos:***

Su principal característica es que constituyen simultáneamente la unidad de captación y de almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría. Con estas geometrías se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante, su instalación es sencilla, pero presentan problemas de estratificación del agua y la superficie útil de captación es pequeña. Su aplicación principal es la producción de agua calienta sanitaria. (Ver anexos, Figura N° 4)

Entre los Colectores Solares de concentración podemos encontrar:

Colectores Solares de Concentración

Usan sistemas especiales con el fin de aumentar la intensidad de la radiación sobre la superficie absorbente y de este modo conseguir altas temperaturas en el fluido caloportador. La principal complicación que presentan es la necesidad de un sistema de seguimiento para conseguir que el colector esté permanentemente orientado en dirección al Sol.

- ***Concentradores cilíndricos:***

Su superficie reflectora es la mitad de un cilindro. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica. (Ver anexos, Figura N° 5)

- ***Concentradores paraboloides:***

Su superficie reflectora presenta una geometría de paraboloide de revolución. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica. (Ver anexos, Figura N° 6)

Los calentadores solares térmicos también se pueden dividir de acuerdo con su funcionamiento los calentadores solares se clasifican en dos tipos:

Activos

Los calentadores solares activos son aquellos que utilizan una bomba o algún tipo de energía externa para mover el agua dentro de su ciclo.

Pasivos

Los generadores solares pasivos no requieren de energía externa para funcionar. Utilizan el principio de convección para mover el agua dentro del sistema. (Ver anexos, Figura N° 7)

De acuerdo a la temperatura de trabajo los calentadores solares se clasifican en tres tipos:

- **Colectores de baja temperatura**. Proveen calor útil a temperaturas menores de 65 ºC mediante absorvedores metálicos o no metálicos para aplicaciones tales como calentamiento de piscinas, calentamiento

doméstico de agua para baño y, en general, para todas aquellas actividades industriales en las que el calor de proceso no es mayor a 60 ºC, por ejemplo la pasteurización, el lavado textil, etc.

- **Colectores de temperatura media.** Son los dispositivos que concentran la radiación solar para entregar calor útil a mayor temperatura, usualmente entre los 100 ºC y 300 ºC. En esta categoría se tienen a los concentradores estacionarios y a los parabólicos, estos consistentes en un arreglo de espejos en forma de cilindro parabólico que reflejan la energía solar hacia un solo conducto lineal por donde pasa una sustancia capaz de calentarse a temperaturas alrededor de los 300 °C. Todos ellos efectúan la concentración mediante espejos dirigidos hacia un receptor de menor tamaño. Tienen el inconveniente de trabajar solamente con la componente directa de la radiación solar por lo que su utilización queda restringida a zonas de alta insolación.

- **Colectores de alta temperatura**. Existen en tres tipos diferentes: los colectores de plato parabólico, concentra la energía en un punto en lugar de una línea como en el caso del concentrador parabólico. Las temperaturas alcanzables con este colector pueden superar los 500 °C. La nueva generación de canal parabólico y los sistemas de torre central. Operan a temperaturas mayores a los 650 ºC y se usan para generar electricidad y transmitirla a la red eléctrica; en algunos países estos sistemas son operados por productores independientes y se instalan en regiones donde las posibilidades de días nublados son remotas.

Funcionamiento de Sistemas Solar Térmico

El funcionamiento de un calentador solar de agua es muy sencillo: El colector solar plano se instala normalmente en el techo de la casa y 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 latitud del lugar donde sea instalado.

El colector solar plano está formado por aletas captadoras y tubos por donde circula el agua, los cuales capturan el calor proveniente de los rayos del sol y lo transfieren al agua que circula en su interior. Esto se logra mediante el efecto denominado “termosifónico”, que provoca la diferencia de temperaturas. Como sabemos, el agua caliente es más ligera que la fría y, por lo tanto, tiende a subir. Esto es lo que sucede entre el colector solar plano y el termotanque, con lo cual se establece una circulación natural, sin necesidad de ningún equipo de bombeo. El termotanque tiene como función mantener el agua caliente, el cual está forrado con un aislante para evitar que se pierda el calor ganado. (Ver anexos, Figura N° 8)

Componentes de sistemas solares Térmicos

Existen 4 componentes básicos en un calentador solar: (Ver anexos, Figura N° 9)

Colector

También llamado captador solar o panel termo solar. Es el componente que se encarga de transferir la energía solar al agua. Consiste en un arreglo de tuberías o conductos por donde fluye el agua. El arreglo puede estar pintado de negro mate o cubierto con pinturas selectivas como el cromo negro para evitar reflejar la luz y así lograr una mayor absorción de calor.

El colector suele estar contenido en una caja con paredes externas resistentes a la intemperie y con paredes internas dotadas de aislamiento térmico. La parte superior lleva uno o varios vidrios o materiales transparentes capaces de dejar pasar la luz y proteger de la intemperie, utilizados para generar efecto invernadero dentro el colector. (Ver anexos, Figura N° 10)

Existen diferentes variantes de colector:

- *Tubos y Placas*

En el llamado colector plano, se disponen dos tubos horizontales y se conectan con varios tubos verticales. Cada uno de estos tiene acoplada una placa normalmente de lámina delgada. Las láminas sirven para captar el calor y transmitirlo por conducción a la tubería. El arreglo de tubos se coloca horizontalmente sobre el suelo, con una inclinación específica dependiendo de la localidad terrestre. El agua entra por uno de los extremos del tubo horizontal más bajo, sube por todos los tubos verticales y sale por el extremo contrario del tubo horizontal más alto. (Ver anexos, Figura N° 11)

- *Serpentín*

Una manguera o tubo se dispone en una formación de vaivén o espiral. La superficie expuesta al sol recibirá la energía directamente sobre el conducto. (Ver anexos, Figura N° 12)

- *Tubos de vacío*

El colector utiliza tubos de vidrio al vacío. Dentro de los tubos se encuentran los conductos del colector. El vacío previene los fenómenos de conducción y convección, aumentando la eficiencia pero también el costo.

Contenedor

Es el recipiente de almacenamiento del fluido. Se conecta con la entrada y la salida del colector. Durante el día, el agua se recircula una y otra vez entre el colector y el contenedor. Después de un tiempo y dependiendo de las dimensiones de los componentes, el agua se calentará para su uso posterior. La

energía capturada en el colector se guarda en el tanque en forma de agua caliente. En el momento de requerir agua, se extrae del tanque y se rellena con agua fría. El tanque está aislado térmicamente para evitar pérdidas y mantener caliente el agua por más tiempo. En un sistema doméstico, el contenedor suele incorporar un calentador eléctrico de apoyo, que se activará en caso de no alcanzar la temperatura deseada.

En los calentadores solares de albercas o piscinas, el contenedor suele ser la alberca misma, y la caja aislante del colector puede no ser necesaria debido a la escasa diferencia entre la temperatura de trabajo (temperatura del agua) y la temperatura ambiente.

Sistema

El sistema son todas las tuberías, bombas, sistemas de control, llaves de paso, y accesorios con las que cuente el calentador solar. Conecta por medio de tuberías el colector con el contenedor, así como también el calentador con las tuberías de una casa.

Sustancia de trabajo

Si la circulación es directa, se emplea agua potable; la misma que se utilizará en regaderas, lavadoras, albercas, etc. En este caso, el agua se hace pasar por el colector para ser guardada en el contenedor. Si se utiliza circulación indirecta existen dos circuitos: uno con agua potable para el consumo, y otro con un fluido caloportador, que usualmente es agua o una mezcla de agua y glicol. Los dos circuitos se ceden energía mediante un intercambiador de calor. En este sistema, el agua potable no pasa por el colector, sino únicamente por el contenedor, que aloja un intercambiador de calor donde se transfiere la energía captada por el fluido caloportador. Este sistema es más conveniente si el calentador se encuentra en una localidad de clima frío, ya que el fluido caloportador que circula por el colector tiene propiedades anticongelantes, previniendo la ruptura de las tuberías por congelamiento.

Diseño y dimensionamiento

El éxito de los sistemas de calentamiento solar de agua depende de dos factores: a) nivel de radiación solar; y b) tipo de colector solar. La combinación de ambos factores determina el costo del sistema, el cual se reduce notablemente en zonas de alta incidencia solar, como lo es Chinandega.

En este documento se presentan los criterios básicos para el diseño de sistemas de calentamiento de agua. Estos criterios están basados en las experiencias acumuladas durante la investigación de un prototipo de calentador solar para el Hotel Cosigüina, así como de los fundamentos teóricos obtenidos de la recopilación bibliográfica. Toda esta información ha permitido el diseño del calentador solar.

ASPECTOS GENERALES

La energía solar como recurso energético, está constituida por la porción de luz que emite el Sol y que llega a la Tierra. En su recorrido interacciona con la atmósfera y la superficie terrestre. La intensidad de la radiación solar en el borde exterior de la atmósfera, considerando la distancia promedio entre la Tierra y el Sol, se llama constante solar, y su valor medio es 1353 W/m2, la cual varía en un 0,2% en un período de 30 años. La intensidad de energía real disponible en la superficie terrestre es menor que la constante solar, siendo alrededor de 1000 W/m2, debido a la absorción y a la dispersión de la radiación que origina la interacción de los fotones con la atmósfera. Esta porción de energía se conoce como ***radiación directa***.

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

Además, a nivel del suelo se tiene la ***radiación reflejada*** que es parte de la energía reflejada por los objetos terrestres. Por ejemplo, la proveniente de una pared blanca, un charco de agua o un lago, etc.

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

Por otra parte, en el diseño de calentadores solares, la radiación que interesa es la que llega a la parte superior de la superficie horizontal del colector solar. En este caso, se puede considerar la no existencia de radiación reflejada y por lo tanto, la energía que recibe el colector solar se le denomina como ***radiación global.***

De este modo, la ***radiación global*** es la suma de las radiaciones directa y difusa.

DISEÑO DEL COLECTOR SOLAR

El diseño del colector solar es un factor importante en la determinación de la eficiencia de los sistemas de calentamiento. Un aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de sistemas de calentamiento de agua, es el régimen de uso del agua caliente producida, ya que este puede variar debido a diversos factores. Por ejemplo, si los integrantes de una familia trabajan, el uso del agua caliente se hace al empezar el día; sin embargo, en un baño comunitario, el uso de agua caliente se realiza durante todo el día, es decir conforme se produce el agua caliente, esta se consume. Estas dos formas de uso de agua caliente se denominan ***sistema puntual y sistema continuo*** respectivamente.

El ***sistema continuo*** es aquel en que la demanda de agua caliente está distribuida a lo largo del día, o sea que se consume mientras se produce. Básicamente este utiliza un depósito de almacenamiento de menor capacidad y la temperatura de agua almacenada es menor, por lo que las pérdidas de calor se reducen notablemente. Por ejemplo, el uso de agua caliente en los baños comunitarios.

El ***sistema de uso puntual***, es el que se realiza de manera cabal, ya sea al comenzar el día o al finalizar el mismo. Por ejemplo, el uso de agua caliente para la higiene personal antes de salir al trabajo. También puede presentarse un caso intermedio en la que exista demanda puntual y continua a lo largo del día para los quehaceres domésticos de la vivienda.

En la práctica resulta que el sistema continuo es el más eficiente y menos costoso que el sistema puntual debido a que no se producen pérdidas de calor como consecuencia del largo almacenamiento en el tanque de agua caliente, lo que se traduce en el uso de depósitos de almacenamiento de menor capacidad.

En el diseño de los sistemas de calentamiento de agua es necesario determinar: a) la radiación solar, y b) la demanda energética. A su vez, estos dos factores permitirán definir el número y tipo de colectores, el volumen y características del aislamiento del depósito de almacenamiento de agua caliente.

RADIACIÓN SOLAR

En el diseño del sistema de calentamiento de agua es necesario conocer, los datos de radiación solar diaria mensual. Esta información fue obtenida de los registros de la estación meteorológicas INETER, dando este un factor de 12 Kwh/m^2 de radiación promedio diaria para la localidad de Chinandega.

En el diseño de los sistemas de calentamiento de agua por medio de la radiación solar es importante definir los períodos de uso, ya que debido a la variación estacional del clima, los valores de la radiación solar cambian para cada época del año. Estos valores influyen de manera importante en el tamaño del sistema, por lo que debe hacerse un análisis del valor que se utilizará en el diseño del sistema de calentamiento de agua.

Los criterios para la selección del valor de radiación solar en un período determinado son:

Valor bajo de radiación

Se aplica cuando se desea cubrir durante todo el año la demanda de agua caliente con energía solar. En épocas de alta radiación esto hace ineficiente al sistema por cuanto al incrementarse la radiación se produce un exceso de agua caliente.

Valor alto de radiación

Se diseña con este valor cuando se cuenta con un sistema auxiliar de calentamiento del agua, como electricidad, gas, y en algunos casos leña. Son los sistemas más eficientes, pero su aplicación está limitada por el empleo del sistema auxiliar.

Valor promedio de radiación *(H_p)*

El diseño con el promedio anual de radiación satisface parcialmente la demanda de agua caliente durante los meses de baja radiación y se tienen pequeños excesos en los meses de alta radiación, pero puede ser completado con un sistema auxiliar de calentamiento en las épocas frías.

*DEMANDA ENERGÉTICA

Es la energía necesaria para elevar la temperatura de un volumen determinado de agua, desde un valor inicial (T_i) hasta la temperatura de consumo (T_f).

$$E = MC_p(T_f - T_i)$$

*De otra parte, la masa de agua *M* está dada por la siguiente ecuación:

$$M = n_p \rho_{H_2O} V_p$$

M= (34) (1000 $^{kg}/_{m^3}$) (50lts) ($\frac{m^3}{1000}$)=

M= 1700 Kg

El volumen de agua caliente *per cápita* V_p que demanda una persona por día está comprendido en el rango de 20 a 60 litros.

$$E = MC_p(T_f - T_i)$$

E=1700 kg (4.18$\frac{KJ}{Kg℃}$ *)(45-25)°C=*

E=163200 KJ

*COLECTORES

En la determinación del número de colectores del sistema de calentamiento de agua, es necesario conocer el área de captación y la eficiencia global del colector.

*6.1 Área de captación

Es el área necesaria para satisfacer la demanda energética, está relacionada con la radiación global y la eficiencia total del sistema de calentamiento del agua.

$$A_{cap} = \frac{E}{H_p \times \eta_g}$$

$$A_{cap} = \frac{163200}{12\frac{kwh}{m^2} \times 0.43\frac{KJ/s}{Kw}\frac{3600s}{h}} = 8.78\, m^2$$

* Eficiencia global del sistema de calentamiento

Eficiencia Global Diaria	$\boldsymbol{\eta_g}$
Sistema Puntual	*43%*
Sistema Continuo	*53%*

**Número de colectores*

La cantidad de colectores necesarios para satisfacer la demanda energética está determinada por la relación:

$$N_c = \frac{A_{cap} \times F.S}{A_c}$$

$$N_c = \frac{8.78m^2 \times 1.25}{1.5m^2} = 7.3 \approx 7$$

*VOLUMEN Y AISLAMIENTO DEL DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO DE AGUA CALIENTE

La temperatura a la que se almacena el agua, se la denomina *temperatura equivalente* (T_{eq}), la cual es influenciada por la temperatura del agua fría. Sin embargo, el incremento neto de temperatura, es decir la temperatura equivalente menos la temperatura del agua fría, es un valor casi constante para cada tipo de sistema, siendo **de 30ºC en el sistema puntual** y 20ºC en el sistema continúo.

Con el valor de la temperatura equivalente se recalcula la demanda energética, y se obtiene otro valor de la masa de agua, que se denomina *masa de agua a almacenar.*

En los cálculos se reemplaza el valor de la temperatura de consumo por el de la temperatura equivalente y el valor de la masa a calentar por el de masa a almacenar.

El volumen del depósito está determinado por la masa de agua a almacenar y por el tipo de uso, ya sea un sistema de uso puntual o un sistema de uso continuo.

En el sistema de uso puntual, el volumen del depósito de almacenamiento de agua caliente es un 15% mayor que la masa de agua a almacenar en un día:

***V_{dep}=1,15M**

En el sistema de uso continuo, por el rápido consumo del agua caliente, el volumen del depósito de almacenamiento se establece en un 20% de la masa de agua caliente a ser almacenado. Sin embargo, por detalles constructivos la capacidad del depósito nunca debe ser menor a 80 litros.

*Cálculo del depósito de almacenamiento

T_{eq}= T_i+30°C

T_{eq}= 25°C+30°C= 55°C

Demanda Energética que cubrirá este sistema con 7 colectores:

$$E = N_c \times H_p \times A_C \times \eta_g$$

$$E = (7)\left(12\ {}^{Kwh}/_{m^2}\right)(1.5m^2)(0.43)\left(\frac{3600}{h} \times \frac{\frac{KJ}{s}}{Kw}\right) = 195048\ KJ$$

Masa a almacenar:

$$M = \frac{E}{C_p \times (T_{eq} - T_i)}$$

$$M = \frac{195048\ KJ}{4.18\ {}^{KJ}/_{Kw°C} \times (55°C - 25°C)} = 1555\ Kg$$

*Volumen del depósito:

***V_{dep}=1.15M**

***V_{dep}=1.15 (1555Kg)=1788.72 lts**

De acuerdo a los cálculos se recomendara los colectores solar que se ajuste a las necesidades requeridas y recopiladas en el trabajo monográfico, este será un prefabricado, los cuales estarán divididos por plantas, cuatro para la planta alta porque hay mayor demanda de agua caliente y tres para la planta baja.

El consta con tubería para agua fría y agua caliente el cual facilita la instalación del calentador al suministro de agua a las habitaciones, la presión necesaria a la salida de los tanques de almacenamiento **14 Kgf/cm^2**.

El Área disponible para la instalación de los colectores solares es de 73.66m^2

Formulas y tabla de eficiencia extraída de: MANRIQUE J.A. Energía solar, fundamentos y aplicaciones fototérmicas. Industria editorial fototérmicas, reg. 723, 1994

Mantenimiento de la instalación

El mantenimiento del calentador solar es en general sencillo y se reduce a pocas acciones. Entre ellas podemos destacar:

-Limpieza de la superficie colectora. Es conveniente realizar una limpieza cada quince días, sobre todo en la estación seca, para evitar que el polvo se acumule e impida a los rayos solares llegar al absorbedor. En caso de no hacerse se restará algo de eficacia al colector.

-Puede ser necesario cada cierto número de años, realizar una limpieza a fondo dependiendo de la dureza del agua del lugar, para quitar las incrustaciones de cal en los conductos. En caso de no hacerse y si el agua de la zona es muy dura, la instalación perderá eficacia progresivamente pudiendo llegar a quedar inutilizable. Estas limpiezas las realizará de preferencia la empresa instaladora.

- Muy importante en los periodos de vacaciones y por lo tanto de no utilización de la instalación, vaciarla y cubrir los colectores para que no le dé el sol. Ya que si el agua no se usa, provocará que la temperatura sea cada vez mayor, llegando a hervir y aumentando la presión peligrosamente, lo que podría arruinar la instalación.

Conclusión

Con la realización de este Proyecto Monográfico del diseño de un calentador solar para el hotel Cosigüina en la ciudad de Chinandega obtuvimos los siguientes resultados.

Si se llegara a implementar este Diseño en el hotel se tendría que instalar:

Un calentador Solar que funcionara de forma no forzada, es decir por gravedad se aprovechara la posición del tanque de acumulación de agua potable.

Este calentador consta:

7 colectores dispuestos de la siguiente manera:

4 colectores para la planta alta y 3 para la planta baja.

Nota: la disposición de los colectores en cada planta es en serie.

7 termotanque cada uno con capacidad según recomendación desde 300lts máximo a 270lts mínimo.

En el mercado se pueden encontrar empresas que instalan y distribuyen estos calentadores se adjunta en anexos algunas proformas.

Sugerencias

• Se recomienda limpiar el colector cada 4 o 6 meses para aumentar su eficiencia y vida útil.

• Potenciar una educación ciudadana tendente a frenar el creciente consumo energético.

• Al efectuar comparaciones de rentabilidad económica de la energía solar frente a otras alternativas, hacerlo en toda su dimensión, es decir, sin olvidar los costos sociales y de prevención de riesgos de algunas instalaciones (por ejemplo, las centrales térmicas), que se presentan como más económicas que la alternativa solar.

•Durante el baño, trate de usar la menor cantidad de agua posible, para lograr el máximo aprovechamiento de la que está almacenada en el termotanque.

•De preferencia, bañarse en la tarde o noche, que es cuando se tiene la mayor temperatura del agua en el termotanque.

•Limpie periódicamente la cubierta del colector solar, para eliminar la suciedad que disminuye la eficiencia del equipo.

Bibliografía

- http://www.maquinaria.cl/solar.htm
- http://www.cepis.org.pe/bvsacd/cosude/xx.pdf
- http://www.epsea.org/esp/pdf2/batchcol_new.pdf
- http://www.cepis.org.pe/bvsair/e/hdt/hdt83/83.html
- http://www.asades.org.ar/ideasynoticias/calentadorsolar-cepis.htm
- ATECYR. Aplicaciones de la energía solar a baja temperatura. Editorial Index, 1984
- BAITSELL George. Uso directo de la energía solar". H. Blume ediciones, 1982
- BECKMAN William A. Proyecto de sistemas térmico-solares. Editorial Index, 1984
- MANRIQUE J.A. Energía solar, fundamentos y aplicaciones fototérmicas. Industria editorial fototérmicas, reg. 723, 1984
- RAU Hans. Energía solar. Marcombo ediciones, 1977
- VALERA, Aníbal. Energía solar. Lima, 1993
- HURTADO M, Alejandro. "Colectores Solares de Placa Plana". Bogotá, Colombia: Universidad Autónoma de Colombia.
- INTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Colectores Solares de Placa Plana para Calentamiento de Aguade Consumo Doméstico. Santa fe de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004, 23p. (NTC 2461.)
- INTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Sistemas de Calentamiento de Agua con Energía Solar y Componentes. Santa fe de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2004, 64p. (NTC 4368.)
- MANRIQUE, José A. "Energía Solar". Méjico: Editorial Harla S. A. 1984.
- MARGEVICIUS, José. "La Energía Solar y su Aplicación en Calentadores Solares". República Dominicana: Universidad Católica, 1981.
- OROZCO HINCAPIE, Carlos A. Dimensionamiento Óptimo de Instalaciones Solares de Calentamiento, revista Scientia et Technica No 2, Universidad Tecnológica de Pereira.

- OROZCO HINCAPIE, Carlos A. “Aplicaciones de la Ingeniería Solar”, seminario. Pereira, Colombia: Publicaciones U.T.P. 1990.
- Guía didáctica de Energía Solar, Captadores Solares Térmicos. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2007

ANEXOS

Figura N° 1

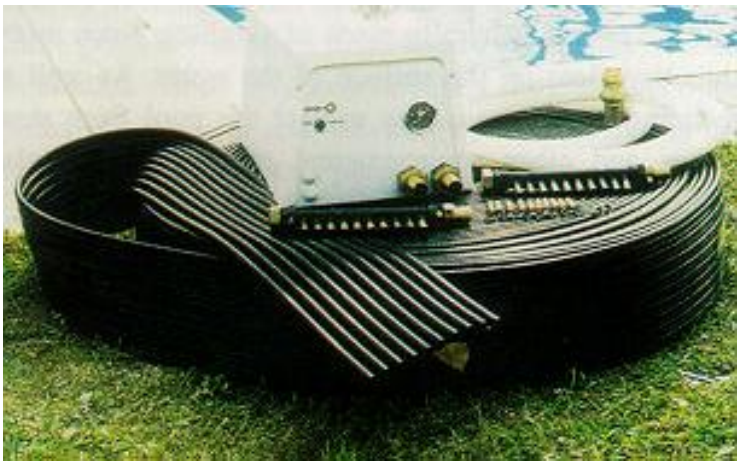


Figura N° 2

Figura N° 3

Figura N° 4

Figura N° 5

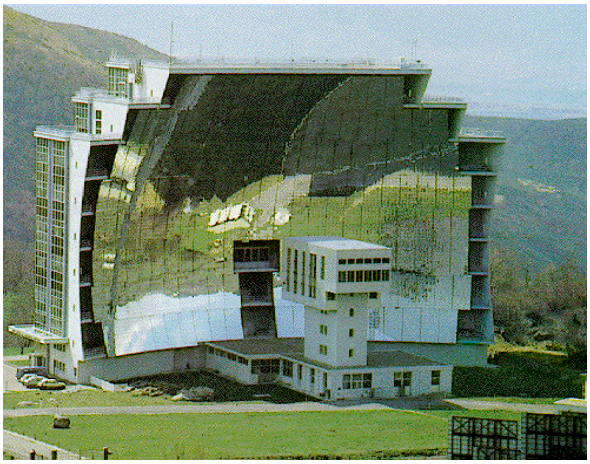


Figura N° 6

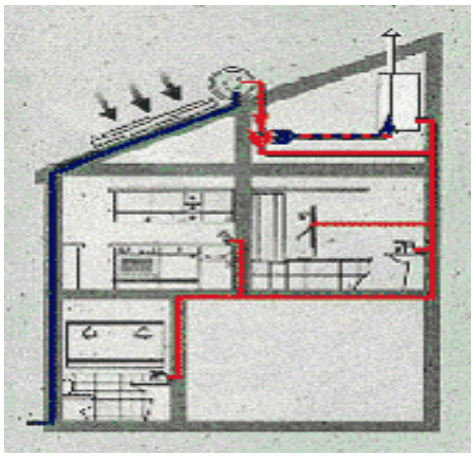
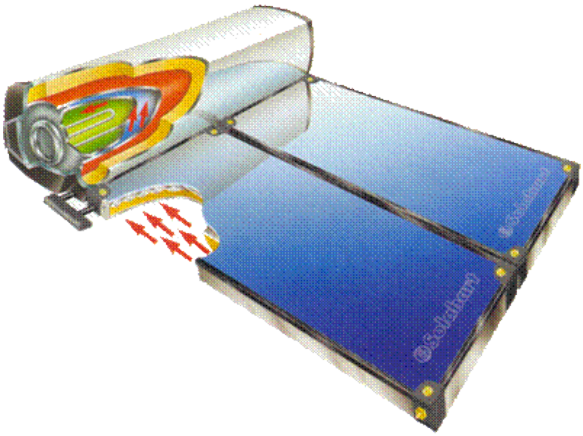
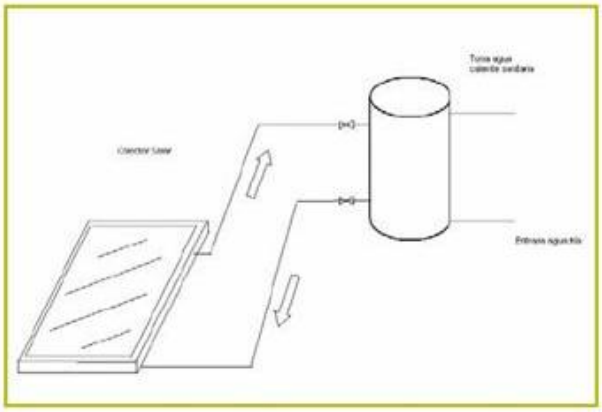


Figura N° 7





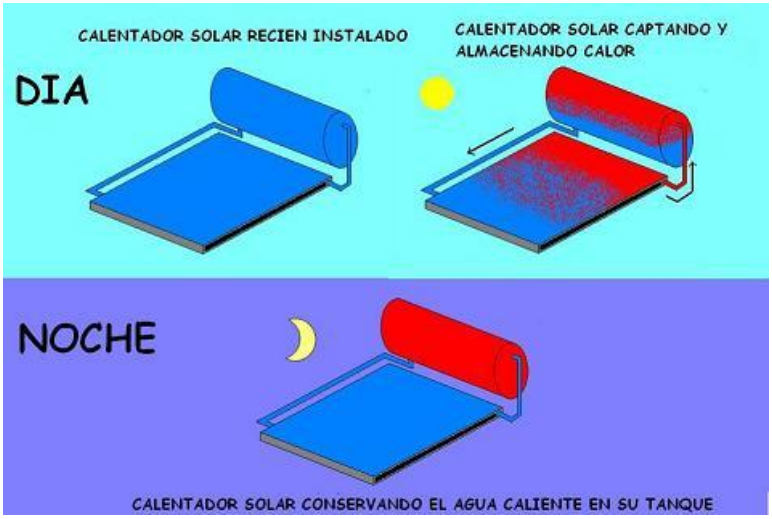


Figura N° 8

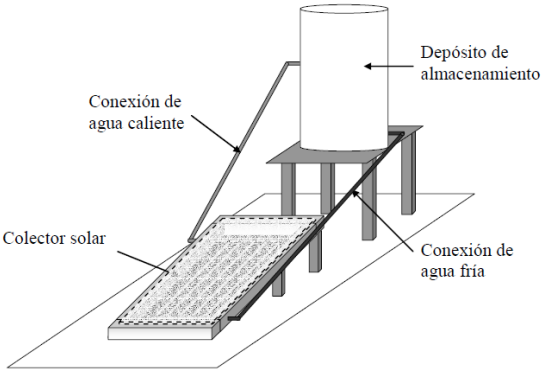
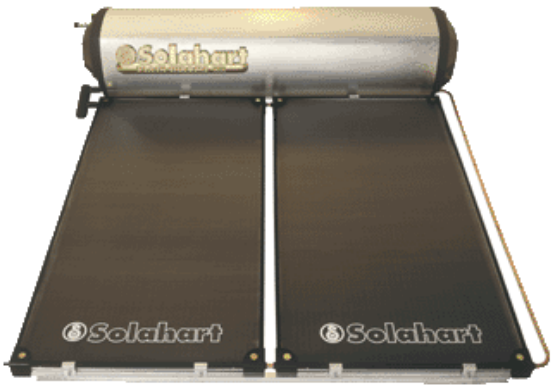


Figura N° 9

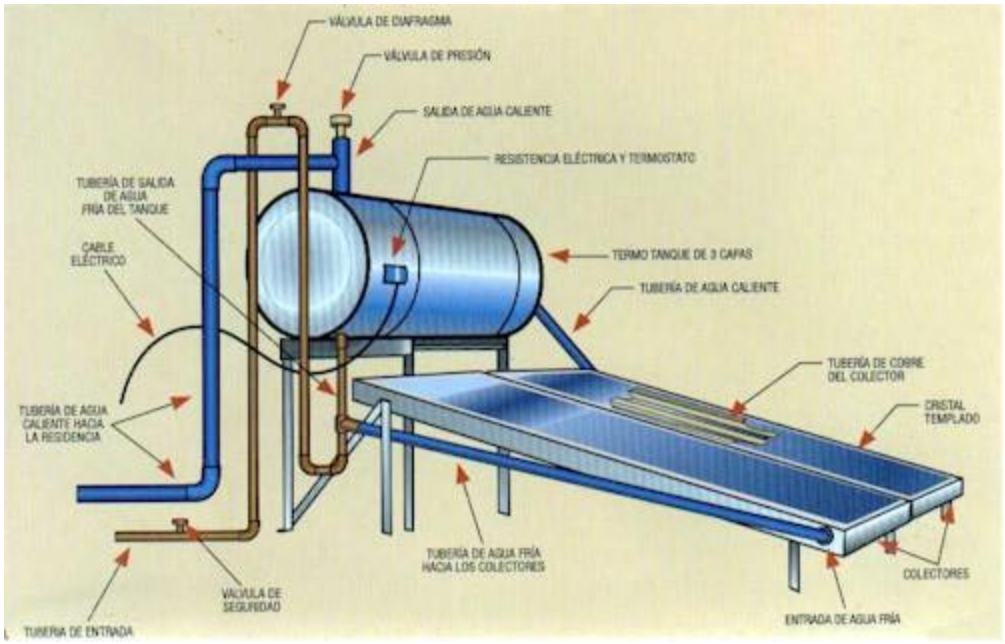
Figura N° 10

Figura N° 11

Figura N° 12



Diversidad de Colectores de Placas Planas



Instalación completa de un Calentador de Agua Solar.