

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN SOLAR PARA AGUA CALIENTE SANITARIA”

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO.**

Autor: Luis Fernando Sánchez Procel

Director: Ingeniero John Calle.

CUENCA – ECUADOR

2010

RESPONSABILIDAD

El autor de la presente tesis se responsabiliza por el contenido de este proyecto.

Luis Fernando Sánchez Procel

Cuenca, Enero 13 de 2010

Ing. John Calle.

CERTIFICA:

Haber dirigido y revisado detenidamente cada uno de los capítulos de la presente tesis realizada por el alumno Luis Fernando Sánchez Procel y autoriza su presentación.

Cuenca, Enero 13 de 2010

Ing. John Calle

DIRECTOR

DEDICATORIA

Con infinito amor y respeto dedico este trabajo a mis padres, FERNANDO Y ROSITA, quienes libraron todas las adversidades y me brindaron su apoyo incondicional para así poder alcanzar esta meta, a mi esposa PAOLA y a mi hijo MATIAS por ser la inspiración que me conduce y a mi hermana HEIDY por su apoyo desinteresado durante todo el tiempo de mi preparación.

Luis Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. John Calle quien con dedicación y empeño ha dirigido este proyecto hasta su exitosa culminación.

A todas las personas que conforman el laboratorio de mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana y a los docentes de esta institución por su cooperación en el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

Diagnóstico de tipos de calefactores para agua caliente sanitaria.

1.1. Introducción.	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Desarrollo histórico.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Contribución de la energía solar térmica.	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Aspectos económicos.	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Mercado actual y potencial.	¡Error! Marcador no definido.
1.6. Realidad actual de la energía solar.	¡Error! Marcador no definido.
1.6.1. Latinoamérica.	¡Error! Marcador no definido.
1.6.2. Ecuador.....	¡Error! Marcador no definido.
1.6.3. Cuenca.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7. Clasificación de las tecnologías solares.	¡Error! Marcador no definido.
1.7.1. Dependiendo de la incorporación o no de elementos mecánicos o eléctricos para transferir el calor de origen solar.	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2. Atendiendo a la temperatura que puede obtenerse a la salida del sistema.....	¡Error! Marcador no definido.
1.7.3. Atendiendo al fluido que se calienta.	¡Error! Marcador no definido.
1.7.4. Según el tipo de aplicación final del calor, es decir en función del entorno típico de emplazamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
1.8. Componentes de los sistemas solares térmicos.	¡Error! Marcador no definido.
1.9. Tipos de colectores solares.	¡Error! Marcador no definido.
1.9.1. Los colectores solares sin concentración.	¡Error! Marcador no definido.
1.9.2. Colectores solares de concentración....	¡Error! Marcador no definido.
1.10. Resumen.	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 2

Análisis de sistemas solares para agua caliente sanitaria.

2.1. Colectores solares de tubos de vacío.	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1. Tipos de tubos de vacío.	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Colectores solares de placa plana.	¡Error! Marcador no definido.
2.2.1. Elementos de un colector solar de placa plana. .	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Tipos de circulación del fluido.	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. Circulación natural directa (por termosifón).	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2. Circulación natural indirecta.	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3. Circulación forzada directa.	¡Error! Marcador no definido.
2.3.4. Circulación forzada indirecta.	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Calentamiento de apoyo.	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1. Resistencias integradas.	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2. Acumuladores en serie.	¡Error! Marcador no definido.
2.4.3. Calentadores instantáneos.	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Subsistemas generales de una instalación solar.	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1. Subsistema de captación.	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2. El fluido transmisor del calor.	¡Error! Marcador no definido.
2.5.3. Subsistema de almacenamiento.	¡Error! Marcador no definido.
2.5.4. Subsistema de distribución y consumo.	¡Error! Marcador no definido.
2.6. Colectores solares térmicos de concentración.	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1. Dispositivos de concentración solar.	¡Error! Marcador no definido.
2.6.2. Tipos de colectores concentradores.	¡Error! Marcador no definido.
2.6.3. Razón de concentración.	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 3

Diseño del sistema solar para agua caliente sanitaria en la ciudad de cuenca.

3.1. Análisis estadístico de datos meteorológicos.	¡Error! Marcador no definido.
---	-------------------------------

3.2. Cálculo de probabilidades.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.1. Probabilidad utilizando la distribución de weibull.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2. Probabilidad utilizando la distribución normal.	¡Error! Marcador no definido.
3.3 Calculo de la eficiencia del colector solar de tubos de vacío.	¡Error! Marcador no definido.
3.4. Diseño de un colector solar de tubos de vacío.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4.1. Análisis de las partes del colector.	¡Error! Marcador no definido.
3.4.2. Cálculo estructural de la base.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 4

Análisis de costos.

4.1. Ingeniería del proyecto.	¡Error! Marcador no definido.
4.1.1. Proceso para la construcción del colector solar..	¡Error! Marcador no definido.
4.1.2. Flujograma del proceso para la construcción de la base del colector solar.....	¡Error! Marcador no definido.
4.1.3. Flujograma de la construcción del tanque del colector solar.	¡Error! Marcador no definido.
4.1.4. Esquema del área administrativa y de producción. .	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Inversiones del proyecto.	¡Error! Marcador no definido.
4.2.1. Inversiones y financiamiento.	¡Error! Marcador no definido.
4.3. Presupuesto de gastos e ingresos.	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1. Presupuesto de ingresos, costos y gastos.	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2. Presupuesto de ingresos y costos.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.3. Estado de pérdidas y ganancias.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. Evaluación del proyecto.	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1. Evaluación financiera.	¡Error! Marcador no definido.
4.4.1. Evaluación social.....	¡Error! Marcador no definido.

CONCLUSIONES	- 113 -
RECOMENDACIONES	- 115 -
BIBLIOGRAFÍA	- 116 -

ANEXOS

<i>Anexo A</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo B</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo C</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo D</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Anexo E</i>	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1. Distribución de la potencia instalada por tipo de colector**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.2. Cabañas de Iruñi **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.3. Colector solar de placa plana..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.4. Colectores solares de caucho..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.5. Colectores de aire **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.6. Colectores de vacío **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.7. Tubos de calor **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.8. Colectores cónicos o esféricos **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 1.9. Vistas aéreas de las plantas Solares Two de 10 MW en California, EEUU (Izquierda) y CESA-I de 1,2 MW en Almería, España (Derecha) **¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 2

Figura 2.1. Partes de un tubo de vacío..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.2. Efecto Termosifón **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.3. Calentador solar de tubos en U. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.4. Calentador solar con tubos calóricos..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.5. Configuración en serpentina, configuración en paralelo.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.6. Elementos de un colector solar térmico de efecto invernadero **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.7. Distribución de la radiación en un colector solar plano. **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.8. Sistema solar para ACS con circulación natural (termosifón) **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.9. Disposición en una vivienda..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.10. Equipo compacto termosifón..... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.11. Sistema natural Indirecto **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.12. Esquema Sistema ACS con circulación forzada directo**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.13. Esquema Sistema ACS con circulación forzada indirecta .**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.14. Esquemas de conexión a un acumulador y sistema auxiliar: (a) Sistema mínimo; b) Sistema con almacenamiento; c) Sistema con almacenamiento y calentamiento auxiliar**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.15. Resistencia Integrada.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.16. Acumulador en serie.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.17. Calentador Instantáneo.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.18. Formas de conexión de los colectores solares . **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.19. Esquema de instalación solar a baja temperatura**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.20. Esquema de una central eléctrica solar con colectores cilindro-parabólicos**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.21. Heliostato**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.22. Central solar de tipo torre central ...**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.23. Lentes Tipo Fresnel, lente tradicional.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 2.24. Algunas configuraciones sistemas de concentración (b, c, d foco casi puntual)**¡Error! Marcador no definido.**

CAPÍTULO 3

Figura 3.1. Distribución de frecuencias (Izquierda), Histograma de frecuencias relativas (derecha)**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.2. Distribución de densidad de probabilidades ...**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.3. Curva Normal.....**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.4. Distribuciones: normal original y transformada ... **¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.5. Colector solar de tubos de vacío**¡Error! Marcador no definido.**

Figura 3.6. Pérdidas de calor en el colector solar.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.7. Colector solar	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.8. Esquema de un tubo de vacío	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.9. Red de resistencias térmicas (cilindro).....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.10. Red de resistencias térmicas (tapas)	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.11. Captación solar	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.12. Radiación directa que incide sobre una superficie	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.13. Radiación directa sobre el colector de 45° y 20° de inclinación	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.14. Diseño del colector solar	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.15. Partes del tanque de almacenamiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.16. Tanque de almacenamiento representado en corte.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.17. Tapa lateral exterior del tanque	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.18. Estructura base	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.19. Función de la plancha reflejante.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.20. Estructura de la base del colector ..	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.21. Estructura sin los soportes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.22. Soportes	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.23. Geometría analizada	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.24. Partes hechas de ángulo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.25. Ingreso de dimensiones del ángulo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.26. Partes hechas de platina	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.27. Ingreso de dimensiones de la platina	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.28. Ingreso de cargas	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3.29. Representación de las deformaciones	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 4

Figura 4.1. Flujograma del proceso para la construcción de la estructura base ¡Error! Marcador no definido.

Figura 4.3. Esquema del área administrativa y de producción ¡Error! Marcador no definido.

Figura 4.4. Gráfico del punto de equilibrio ¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1: Tecnologías Solares. ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 1.2: Aspectos económicos de las tecnologías solares. ¡Error!
Marcador no definido.

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1: Cartilla de datos de velocidad de viento ¡Error! Marcador no
definido.

Tabla 3.2: Velocidad de viento (m/s)..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.3: Temperatura ambiente (°C) ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.4: Humedad Relativa (%)..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.5: Radiación Solar (W/m^2) ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.6: Temperatura del agua a la entrada del colector (°C) ¡Error!
Marcador no definido.

Tabla 3.7: Temperatura del agua a la salida del colector (°C)..... ¡Error!
Marcador no definido.

Tabla 3.8: Temperatura del agua a la salida de las duchas (°C) ¡Error!
Marcador no definido.

Tabla 3.9: Tabla de valores para a ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.10. Propiedades del aire ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.11. Desplazamientos en los puntos ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3.12. Esfuerzos en los puntos ¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1. Cuadro de inversiones ¡Error! Marcador no definido.

Tabla 4.2. Materias primas ¡Error! Marcador no definido.

GLOSARIO

Absortividad.- Es la capacidad de una sustancia o un material de absorber la luz.

Borosilicato.- También llamado silicato de boro, es un material componente de vidrios que se emplean extensamente en instrumentos ópticos por sus buenas propiedades ópticas, pero también mecánicas (baja dilatación).

Conductividad.- Es la facilidad que ofrece un material cualquiera al paso de la temperatura y de la corriente eléctrica.

Convección.- Transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.

Efecto fototérmico.- El efecto fototérmico se observa, por ejemplo, cuando un hombre caminando en el desierto mira a través del horizonte y cree haber visto agua a lo lejos, cuando ya está cerca, el agua desaparece. A este fenómeno se le conoce como “efecto mirage” (espejismo), ocurre a consecuencia de la refracción donde una imagen de algún objeto a distancia parece haber sido desplazado de su posición original debido a que una gran variación de densidad vertical enrarece la superficie; por lo que la imagen podría aparecer distorsionada, invertida u ondulada.

Efecto fotovoltaico.- La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad. Esta transformación es un fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. Se consigue mediante un dispositivo electrónico denominado «célula solar»; estas células se conectan entre sí y se agrupan en módulos.

Emisividad.- Es la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debida a una diferencia de temperatura determinada. Es la transferencia de calor debida a la emisión de ondas electromagnéticas entre dos superficies y no necesita de un medio para llevarse a cabo.

Fluido caloportador.- Es un fluido que tiene la capacidad y la función de transportar una determinada temperatura a un sistema o a otro fluido.

Fotón.- Un fotón es un cuanto o unidad básica del campo o medio universal por el que se transmite energía electromagnética.

Helióstató.- Es un espejo o conjunto de espejos que forman una superficie muy grande y se mueven ya sea en uno o dos ejes con el objetivo de seguir el movimiento del sol.

Hidroeléctrico.- Es el aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad.

Homogenizar.- Es mezclar dos o más sustancias hasta que lleguen a formar una sola de características similares en toda su masa.

Irradiancia.- Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol.

Isotrópico.- Dícese del material que posee las mismas propiedades físicas en todas las direcciones. También llamado isótropo.

Radiación difusa.- Es la radiación emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

Radiación directa.- Es la radiación que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias.

Reflectancia.- es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie. En general debe tratársela como una propiedad direccional, en función de la dirección reflejada, de la dirección incidente, y de la longitud de onda incidente.

Refracción.- Es el cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina en el cambio de velocidad que experimenta la onda.

Térmico.- Perteneciente o relativo al calor o la temperatura.

Transmisividad.- Es la capacidad de un material de transmitir alguna condición de estado.

Turbina.- Rueda hidráulica, con paletas curvas colocadas en su periferia, que recibe el agua por el centro y la despidе en dirección tangente a la circunferencia,

con lo cual aprovecha la mayor parte posible de la fuerza motriz. Máquina destinada a transformar en movimiento giratorio de una rueda de paletas la fuerza viva o la presión de un fluido.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería tiene retos constantes, los cuales debe asumirlos con responsabilidad y entrega. El tema de las energías renovables es uno de ellos, presentándose por la necesidad de suprimir el consumo de combustibles fósiles, primero a nivel doméstico y luego la aspiración es llegar a un nivel industrial. La humanidad ya está viviendo las consecuencias, aunque muy poco, de la quema de fósiles; uno de ellos y el más importante es el cambio climático en el planeta, del que se derivan el resto de problemas. Es por esto que el presente proyecto de tesis tiene como finalidad estudiar el proceso de calentamiento del agua para consumo domiciliario mediante la utilización del recurso solar, utilizando un colector solar de tubos de vacío, el cual de una manera natural y sin ningún accionamiento eléctrico eleva la temperatura del agua y la almacena en un tanque para su posterior consumo.

Esta tesis consta de cuatro capítulos de los cuales el primero hace énfasis en conocer la energía solar, su historia, aspectos económicos, clasificación de las tecnologías solares y tipos de colectores. En el segundo capítulo se desarrolla los tipos de colectores más utilizados a nivel de Latinoamérica y los subsistemas generales de instalación. En el tercer capítulo se diseña un colector solar de tubos de vacío, partiendo del análisis previo de un colector ya instalado y que es parte de un proyecto de investigación de la universidad. Por último en el cuarto capítulo se analiza el costo del equipo diseñado, basándose en la idea de crear una microempresa destinada a la producción de este tipo de equipos.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE TIPOS DE CALEFACTORES PARA AGUA CALIENTE SANITARIA.

1.1. INTRODUCCIÓN.

Las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar consisten en la conversión de la radiación solar (fotones) en calor, produciendo un aumento de temperatura conocido como efecto foto-térmico. Este calor suele transferirse y transformarse de muy diversos modos, dando lugar a la serie de tecnologías solares térmicas que conocemos en la actualidad.

El combustible de casi la totalidad de los procesos naturales y artificiales de la Tierra es la radiación solar incidente sobre ella y es la causa de los vientos, del ciclo del agua, calienta los océanos, hace crecer las plantas que alimenta los animales y tras un largo proceso da origen a los combustibles fósiles.

El aprovechamiento natural de la energía solar suele basarse en la conversión fototérmica (para calentamiento de la atmósfera, la tierra y los océanos) y en la conversión fotoquímica (la fotosíntesis es un proceso biosintético por medio del cual la planta produce materia orgánica y oxígeno a partir de CO₂, agua y luz solar).

Los procesos tecnológicos, desarrollados por el hombre, para el aprovechamiento de la energía solar se basan también en mecanismos fototérmicos y fotoquímicos de conversión y añaden otros mecanismos, como la conversión fotovoltaica.

Las tecnologías basadas en la “energía solar térmica”, forman parte de una de las categorías de energías renovables, la también denominada “**uso directo de la energía solar**”¹ cuyas aplicaciones típicas se resumen en la Tabla 1.1.

La misión de la energía solar térmica, junto a las otras energías renovables, es aproximarnos a un desarrollo sostenible, sustituyendo el consumo de recursos fósiles y dar soluciones energéticas en zonas aisladas o no conectadas a las redes de distribución de energías convencionales.

¹ Gestión de las energías renovables: Perspectivas de futuro. Quinta Edición, 2007.

Tabla 1.1: Tecnologías Solares.

Tecnología Solar	Producto Energético	Aplicación
Conversión fotovoltaica de la energía solar.	Electricidad.	Ampliamente aplicado, bastante cara; necesidad de mayor desarrollo para abaratar costes.
Electricidad solar térmica.	Calor, vapor, electricidad.	Tecnología demostrada; necesidad de mayor desarrollo para abaratar costes.
Uso de la energía solar a baja temperatura.	Calor (agua caliente sanitaria, calefacción de edificios, cocinas solares, secado solar) y frío.	Colectores solares comercialmente aplicados; cocinas solares ampliamente aplicadas en algunas regiones, secado solar demostrado y aplicado.
Uso Pasivo de la Energía Solar en Edificios.	Calor, frío, luz, ventilación.	Demostraciones y aplicaciones; no incluye sistemas activos.
Fotosíntesis artificial.	H ₂ o combustibles ricos en hidrógeno.	Comercialmente aplicado; aplicaciones de pequeña y gran escala.

Fuente: (Gestión de las energías renovables: Perspectivas de futuro. Quinta Edición, 2007).

“Para evitar daños catastróficos e irremediables al clima mundial se requiere, en última instancia, una importante descarbonización de las fuentes de energía del mundo²”.

1.2. DESARROLLO HISTÓRICO.

En los años 70, cuando la humanidad sufrió la llamada crisis del petróleo se crearon en EE.UU., Europa y otras regiones, muchas compañías para fabricar, vender e instalar nuevos productos, basados en la energía solar, para el calentamiento de agua en viviendas, edificios públicos y en piscinas. La comercialización entusiasta de estas tecnologías fue apoyada por proyectos de investigación y desarrollada parcialmente por financiación de las administraciones, creándose grandes esperanzas en un mercado que crecía constantemente.

A mediados de los 80 la situación cambió, los precios del petróleo comenzaron a caer y los temores públicos sobre un agotamiento de los recursos convencionales fósiles se fueron apagando. La industria solar sufrió las consecuencias de esta

² Word Energy Outlook 2008. Agencia Internacional de la Energía.

desmotivación y la mayoría de las empresas recientemente formadas fueron desapareciendo. Las empresas que consiguieron sobrevivir mejoraron sus productos, reorganizaron los métodos de producción e introdujeron controles de calidad para satisfacer las demandas de los consumidores más exigentes.

Durante los años 80 se desarrolló una tecnología avanzada denominada **energía solar de baja temperatura, basada en tubos colectores de vacío**. Esta tecnología resultaba más cara que las de colectores planos, pero era significativamente más eficiente, permite alcanzar mayores temperaturas aumentando su demanda en el mercado, respecto a los colectores planos, especialmente en Alemania.

Desde finales de los años 90 se está acelerando la implantación de la solar térmica debido a una mayor concienciación mundial sobre el calentamiento climático y los compromisos de los países de disminuir el consumo de fósiles, como el de Kyoto, pero esto no ocurre en todos los países.

Actualmente, las tecnologías solares son parte de la estrategia energética mundial. En las regiones desarrolladas, al tiempo que aumenta la preocupación general por la contaminación y la naturaleza no renovable de los actuales suministros de energía, los ciudadanos empiezan a valorar el uso de las fuentes limpias y renovables para atender sus necesidades.

En regiones con redes débiles o escasas de distribución de electricidad, la energía solar térmica aporta soluciones para aplicaciones rurales y para algunas aplicaciones industriales. Toda una nueva generación de sistemas solares térmicos está disponible para dar respuesta a esta demanda, se trata de equipos fiables y eficientes que empiezan a ser usados ampliamente.

1.3. CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.

Es importante tener presente que la disponibilidad de la energía amplía enormemente las posibilidades de desarrollo de la humanidad.

Los países industrializados poseen una infraestructura energética sólida, medios de transformar energía muy sofisticados, personal cualificado y, por supuesto, el nivel de vida más elevado.

En la actualidad, EE.UU. y los países de la Unión Europea consumen al año más del 50% de la energía mundial, estando su desarrollo industrial amenazado por continuas crisis relacionadas con el petróleo, por lo que ponen su interés en otras fuentes de energías alternativas, que son prácticamente inagotables, que no contaminan y que no producen desequilibrios ecológicos, ni energéticos.

Es de gran importancia el desarrollo de técnicas que permitan aprovechar la energía que el Sol suministra a la Tierra y se estima que será la que represente una mayor aportación dentro del campo de las energías renovables.

La energía solar debe intentar ser competitiva con las tecnologías que se basan en el consumo de petróleo, gas, carbón y de energía nuclear, de modo que en un futuro pueda llegar a sustituirlos; claro está, sin perder los niveles de vida alcanzados.

Los inconvenientes fundamentales de la energía solar son: el coste final de la energía y la disponibilidad variable de dicha energía para cubrir la demanda. Si bien el Sol es una fuente energética gratuita, las técnicas hoy conocidas que permiten el aprovechamiento de la energía solar a gran escala no lo son. Por ejemplo, es difícil que resulte rentable el cambiar toda la instalación en un edificio ya construido, para sustituirla por otra de tipo solar.

En cuanto a aplicaciones de alta temperatura, incluida la generación de electricidad, los costes de los sistemas existentes en la actualidad, no permiten aún la utilización de energía solar a precio y en cantidades aceptables. En este campo se está transitando desde una fase de experimentación, donde casi la totalidad de las instalaciones en servicio son de carácter experimental, a una fase comercial en países como Estados Unidos o España.

Es importante mencionar, que la primera planta de generación de electricidad comercial, con tecnología de Receptor Central en Torre, ha sido inaugurada en el año 2007, en la provincia de Sevilla (España).

Los llamados países subdesarrollados son, generalmente, los que poseen los recursos naturales que les pueden autoabastecer energéticamente, siendo la energía solar uno de sus grandes potenciales tanto para desarrollo propio como para exportación de energía.

1.4. ASPECTOS ECONÓMICOS.

Aunque el recurso solar es básicamente “sin coste”, hay un coste asociado a los sistemas que usan la energía solar, principalmente debido a la inversión inicial en la compra del sistema y un coste menor pero continuo debido a la operación y/o mantenimiento del sistema en condiciones adecuadas de funcionamiento.

Todos estos costes, de inversión, operación y mantenimiento (tomando en cuenta el pago de intereses, en supuesto de compra a crédito) sobre la vida útil del dispositivo, nos conduce al coste final de la energía en €/kWh. Esto nos permite comparar el precio de esta tecnología con las existentes en el mercado (Tabla 1.2).

Tabla 1.2: Aspectos económicos de las tecnologías solares.

Tecnología	Electricidad fotovoltaica	Electricidad solar térmica	Calor solar de baja temperatura
Capacidad de operación (fin de 2005).	4000 MW (e)	400 MW (e)	118000 MW (th)
Factor de capacidad (% horas equivalentes plena carga).	8-25 %	20-50 %	8-25 %
Producción de energía (en 2005).	0.5 TWh (e)	1 TWh (e)	14 TWh (th)
Coste de inversión (€ por kW).	5000-10000 €	2500-4000 €	500-1700 €
Coste actual de la energía.	25-100 c€/kWh	12-18 c€/kWh	3-20 c€/kWh
Coste potencial futuro de la energía.	5 ó 6-25 c€/kWh	4-10 c€/kWh	2 ó 3-10 c€/kWh

(e)-eléctrico, (th)-térmico

Fuente: (Gestión de las energías renovables: Perspectivas de futuro. Quinta Edición, 2007).

1.5. MERCADO ACTUAL Y POTENCIAL.

El sector mundial de la energía solar térmica para producir calor principalmente en sistemas de agua caliente sanitaria (ACS), ha experimentado en los últimos cinco años una tasa de crecimiento 10 veces mayor que el de la economía global³.

³ Informe: El calor solar mundial: mercados y contribuciones al abastecimiento energético en 2004, publicado por el programa de solar térmica de la Agencia Internacional de Energía (AIE).

Según el Programa “Solar Heating and Cooling”, en su estudio publicado en 2006 sobre el mercado solar térmico en 41 países, representando el 57% de la población mundial (~3740 millones de personas) y entre el 85-90% del mercado solar térmico, la capacidad instalada en éstos, sumaba 98.4 GWt (Gigavatios térmicos) a finales de 2004, correspondiendo a unos 141 millones de metros cuadrados de colectores⁴.

De estos, 74,3 GWt corresponden a colectores planos acristalado o de vacío, 23.1 GWt corresponden a colectores no acristalados y 1.1 GWt a colectores de aire (Figura 1.1).

Distribución de la potencia instalada por tipo de colector

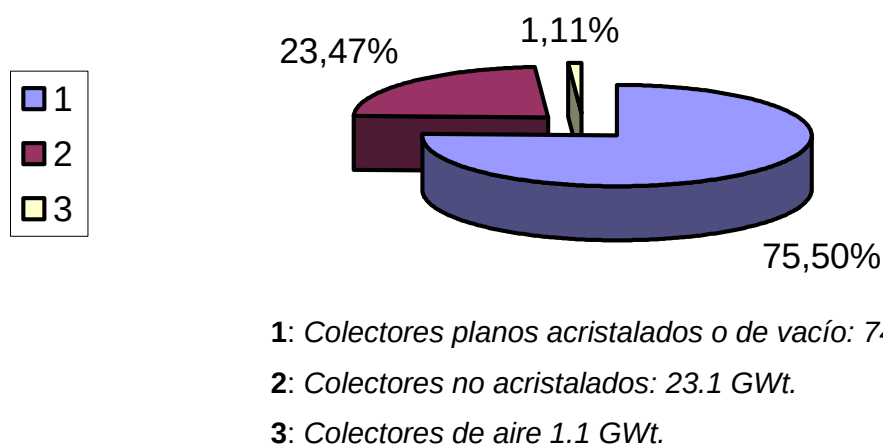


Figura 1.1. Distribución de la potencia instalada por tipo de colector
(Fuente: IEA *Internacional Energy Agency*)

La producción anual de calor con estos colectores se estima en 58.117 GWh(t) (=209.220 TJ): Esto equivale al ahorro de 9300 millones de litros de petróleo y evita la emisión de 25.4 millones de toneladas de CO₂.

El tipo de uso de las tecnologías solares térmicas varía mucho de unas regiones a otras. En Norteamérica domina la aplicación al calentamiento de piscinas, con unos 18.8 GWt de colectores no acristalados, mientras que en China y Taiwán (con 44.4 GWt) y Europa (con 10.8 GWt) dominan los colectores acristalados y de vacío, utilizados para calentamiento de agua y calefacción.

⁴ Agencia Internacional de la Energía.

Los datos para 2005 señalaron una producción energética equivalente a 68 GWh, cifra sólo superada por la producción eólica, dentro del ámbito de las energías renovables.

China es el mercado más dinámico, según el informe, con una tasa media de crecimiento anual, 1999-2004, de un 25%. La región compuesto por Australia y Nueva Zelanda viene en segundo lugar con un 19% y Europa con un 13%.

1.6. REALIDAD ACTUAL DE LA ENERGÍA SOLAR.

1.6.1. LATINOAMÉRICA.

La reforma de la estructura del sector energético en América Latina y el Caribe ha tenido características propias y particulares, especialmente con respecto a la rapidez con que se desarrolló.

Todos los países de América Latina y el Caribe realizaron reformas a la estructura del sector energético, principalmente en la década de los años 90, adoptando modelos con una amplia gama de opciones en cuanto se refiere al grado de apertura del mercado y a la participación de las inversiones privadas.

El país pionero de las reformas, Chile en 1982, es el primero en el mundo en desregular el sector eléctrico, fue seguido por un grupo de países entre el 1992 y el 1996 que aprovechan las lecciones aprendidas para implantar otros modelos, entre ellos destaca Argentina con una estructura que aún con la aguda crisis macroeconómica vivida por el país ha logrado mantener su operación. Otro grupo de países realizó reformas hasta el año 2000, mientras que los países pioneros comenzaron un análisis de la experiencia tendiente a implantar reformas de segunda generación⁵. Se destaca Brasil que realiza reformas en 1996 y realiza una segunda reforma profunda durante el 2004, atendiendo las señales de falta de expansión de la generación y procurando incentivar y soportar el desarrollo de su potencial hidroeléctrico.

La producción de electricidad en los 26 países de OLADE ha sido de 1,020,737 GWh, cifra que muestra un crecimiento medio de 4.3%, lo cual confirma que el mercado eléctrico regional crece a ritmo sostenido y presenta excelentes

⁵ Reformas de segunda generación: Ajustes derivados de la experiencia con la reestructuración del sector.

oportunidades para la inversión. Aproximadamente el 56% de la electricidad producida en los 26 países, proviene de la hidroenergía; el 40% de combustibles, el 3% de centrales nucleares y el 1 % de fuentes geotérmicas, eólicas y fotovoltaicas⁶.

El país que más se ha destacado en desarrollar procesos investigativos para aprovechar los recursos energéticos solares es Argentina, inclusive ha sido premiado por la UNESCO:

“Investigadores del Instituto de Investigación en Energías no Convencionales (INENCO) dependiente de la Universidad Nacional de Salta (UNSa), recibieron el galardón latinoamericano Madres y Abuelas de Plaza de Mayo a la Investigación Participativa por un proyecto enfocado sobre la transferencia de tecnologías que aprovechan la energía solar a comunidades aisladas de la región andina de la provincia. En la convocatoria participaron 50 proyectos de diez países latinoamericanos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, El Salvador, México, Nicaragua, Perú y Paraguay. El premio consiste en 20.000 dólares y fue instituido por la UNESCO bajo una iniciativa del Foro de Ministros de Desarrollo Social de América Latina”.

Además Argentina está trabajando en la planta solar más grande de toda Latinoamérica, con la cual se espera producir entre 1500 y 2400 MW de energía, convirtiendo a este país en el mayor productor de energía de tipo solar en América Latina.

Los países de la Unión Europea están trabajando en programas de ayuda dirigido a las comunidades más aisladas de ocho países de Latinoamérica, con el fin de llegar con energía de tipo solar para solventar las necesidades energéticas, hasta hoy, escasas en estos lugares. Con esto se sustenta el hecho de que la energía solar, a más de ser una energía limpia y gratis, se puede llegar a lugares de muy difícil acceso con otras tecnologías.

1.6.2. ECUADOR.

En el Ecuador se está trabajando en proyectos a fin de, a futuro, poder sustituir la explotación de los recursos fósiles, que no sólo afectan a la economía de nuestro país sino por las repercusiones ambientales que estas producen.

⁶ OLADE (Organización Latinoamericana de Energía)

La secretaria de energía renovable y eficiencia energética, de Ecuador, tiene como uno de sus proyectos “el aprovechamiento de energía solar térmica para el calentamiento del agua”.

El objetivo principal del proyecto es la disminución de los egresos que destina el Estado para la comercialización interna de combustibles a partir del aprovechamiento de energía solar térmica para el calentamiento de agua en el sector residencial.

El MEER (Ministerio de Electricidad y Energías Renovables) con este proyecto espera tener resultados como el de promover las políticas que permitan desarrollar la oferta y demanda de calentadores solares de agua, la sustitución de 20 mil calefones anuales, establecer la normativa que permita asegurar que los nuevos proyectos habitacionales cuenten con las facilidades para instalación de colectores solares que cubra el 100% de su demanda energética para calentamiento de agua en Industrias, Hoteles y principalmente en residencias.

La Corporación para el Desarrollo Sostenible (CODESO) en su página Web nos pone a disposición datos muy importantes sobre “Agua Caliente con Energía Solar”, con el objetivo de incentivar a las personas al uso de este tipo de tecnologías, solventado las dudas que comúnmente se tiene al momento de adquirir estos equipos, sobre todo por su precio que en primera instancia resulta elevado.

En algunas ciudades del Ecuador ya se están utilizando colectores solares, un ejemplo de esto es la hostería Iruñi en la playa Mompiche (provincia de Esmeraldas) (Figura 1.2), donde se cuenta con este tipo de equipos para el abastecimiento de agua caliente para sus cabañas.



Figura 1.2. Cabañas de Iruñi

1.6.3. CUENCA.

En las ciudades de la sierra, es donde más útil sería un sistema de calentamiento solar para agua, por lo que, al ser el clima frío, es muy difícil que las personas cumplan con las labores de aseo personal con el agua a temperatura ambiente; es por eso que se estima que casi el 100% de los hogares cuentan con sistemas de calentamiento de agua a base de electricidad o con calefones.

Tomando en cuenta que de los dos sistemas de calentamiento de agua en los hogares cuencanos, el sistema a base de electricidad es el más comúnmente utilizado, debido a que su instalación no requiere demasiadas especificaciones, a diferencia del sistema a base de GLP (gas licuado de petróleo), el mismo que requiere que el sistema de tuberías de la casa tenga dos entradas, una para agua caliente y otra para agua fría; podemos deducir lo siguiente:

El costo de un KWh (kilovatio hora) de energía eléctrica pública en el Ecuador es de unos US\$ 0.20 (incluidos impuestos directos e indirectos), el consumo de energía eléctrica para la ducha de una persona es de aprox. 1.25 KWh por día, las cinco personas (aproximado por vivienda) consumen entonces 6.25 KWh por día, con un costo de aprox. US\$ 1.25 por día, el consumo de energía le cuesta a la familia US\$ 37.50 por mes. Esto nos da que al año se tiene que pagar por agua caliente de las duchas la suma de US\$ 450.00.

Tomando en cuenta este breve análisis económico y la contaminación que todo este procedimiento produce, se llega a la conclusión que, con el tiempo las ciudades de la sierra son las que más se beneficiarían con las nuevas tecnologías de aprovechamiento de los recursos renovables.

Los centros de investigación de las universidades de la ciudad de Cuenca, ya se encuentran realizando estudios de sistemas de calentamiento solar para agua, existiendo entidades que incentivan y premian estas iniciativas, tal es el caso de la Cámara Junior de Cuenca; entidad que en el 2008 premió a cuatro jóvenes cuencanos por elaborar el proyecto de colectores solares COINSOL, el mismo que consiste en la construcción de un sistema que almacena luz solar, que es utilizada para calentar agua sanitaria.

Cuenca cuenta con una empresa de Hidrosistemas, la misma que opera conjuntamente con la Fundación CODESOL, las mismas que se han encargado de promocionar sus productos y solventar las dudas más comunes que se tienen al

momento de adquirir este tipo de equipos, como son: paneles fotovoltaicos y colectores solares. Este proyecto apunta específicamente a comunidades rurales de la Sierra y Amazonia.

La ciudad de Cuenca se encuentra situada en la cordillera de los Andes a 2550 metros sobre el nivel del mar, su temperatura ambiental oscila entre 10 y 25 °C y posee una radiación solar media de 4.4 [Kwh/m²-día] ⁷. Datos que se corroborarán al final de este estudio, en el sitio de emplazamiento del colector.

1.7. CLASIFICACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS SOLARES.

Las diferentes tecnologías para el aprovechamiento térmico de la energía solar se pueden clasificar según varios criterios:

1.7.1. DEPENDIENDO DE LA INCORPORACIÓN O NO DE ELEMENTOS MECÁNICOS O ELÉCTRICOS PARA TRANSFERIR EL CALOR DE ORIGEN SOLAR.

- **Energía Solar Térmica Pasiva.**- Es una tecnología aplicable en edificación, en la cual se cuida el diseño arquitectónico del edificio (principalmente de su envoltura) para maximizar las condiciones de confort interior anual, con un mínimo gasto de energía convencional para la obtención de las condiciones de confort. Los elementos que optimiza el “diseño solar pasivo” son la orientación, las protecciones, tanto solares (sombreamientos, apartamientos, etc.) como térmicas (aislamiento, masa térmica en muros, etc.), las aperturas (ventanas, lucernarios, atrios, etc.) y algunas otras técnicas naturales de acondicionamiento (como vegetación, etc.).
- **La Energía Solar Térmica Activa.**- Es la que se ayuda de dispositivos mecánicos o eléctricos para transferir la energía proveniente del Sol de unos componentes a otros o de unos espacios a otros, (por ejemplo para mover el fluido a través del absorbedor en algunos colectores solares).

⁷ Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI

1.7.2. ATENDIENDO A LA TEMPERATURA QUE PUEDE OBTENERSE A LA SALIDA DEL SISTEMA.

- **Energía Solar Térmica de Baja temperatura.-** Tecnologías que permiten obtener temperaturas de salida de hasta unos 80 °C - 100 °C. No suelen requerir que se concentre la radiación solar. El ejemplo más extendido es el colector plano con aplicaciones para producir agua caliente sanitaria (ACS) y apoyo a la calefacción de viviendas, ACS en polideportivos, calentamiento de agua de piscinas, secado solar (de maderas o productos agrícolas), etc.
- **Energía Solar Térmica de Media temperatura.-** Tecnologías que permiten obtener temperaturas en el fluido de salida entre los 100 °C y los 250 °C. Estas si requieren incorporar elementos de concentración solar y tienen aplicaciones por ejemplo, en la producción de fluidos térmicos para procesos industriales, la desalinización de agua de mar y refrigeración. Los dispositivos de concentración típicos son de geometría “axial” como los concentradores cilindro parabólicos.
- **Energía Solar Térmica de Alta temperatura.-** Tecnologías que permiten obtener temperaturas superiores a los 250 °C, pudiendo llegar a los 2000 °C, en el fluido de salida. Las aplicaciones típicas de estas tecnologías son la producción de electricidad con energía solar (usualmente acoplando el dispositivo receptor solar a ciclos termodinámicos de vapor o ciclos de gas), o algunos procesos de química solar (por ejemplo el reformado de metano o la electrolisis del agua para producción de hidrógeno). Los dispositivos de concentración típicos son de geometría “de revolución” ya sean de superficie única, como los concentradores paraboloides (o discos parabólicos) o de superficie múltiple o facetada, como los campos de helióstatos con concentración sobre receptor soportado en torre central, o concentradores tipo Fresnel.

1.7.3. ATENDIENDO AL FLUIDO QUE SE CALIENTA.

- Sistemas basados en el calentamiento de agua.
- Sistemas basados en el calentamiento de aire.
- Calentamiento de Otros fluidos.

1.7.4. SEGÚN EL TIPO DE APLICACIÓN FINAL DEL CALOR, ES DECIR EN FUNCIÓN DEL ENTORNO TÍPICO DE EMPLAZAMIENTO.

➤ APLICACIONES EN EL SECTOR RESIDENCIAL.

- **Agua caliente sanitaria.-** Es la aplicación más común, ya que estos sistemas pueden proporcionar más de la mitad de la demanda anual de agua caliente sanitaria, ACS, dotándolos de un aporte de energía convencional (como una caldera a gas o un calentador eléctrico) que aporte el complemento. En los países del Sur de Europa, como Grecia, muchos hogares obtienen toda su ACS mediante colectores solares. El sistema tipo para una casa unifamiliar se compone de una superficie colectora de 2 a 5 m² y un depósito de agua de 150 a 300 litros de capacidad. Además de los colectores solares sobre viviendas unifamiliares, la instalación de sistemas mayores en cubierta pueden cubrir buena parte de las necesidades de ACS en bloques de viviendas, hoteles, hospitales, servicios de camping, etc.
- **Calentamiento de piscinas.-** Estas pueden ser fácilmente calentadas mediante energía solar. Para esta aplicación pueden utilizarse colectores más baratos (sin acristalamiento). Esta aplicación es una de las más claramente rentables de la energía solar como ha quedado demostrado en la última década con una multitud de instalaciones, sobre todo en centro- Europa.
- **Calefacción de edificios.-** Los sistemas solares térmicos empiezan también a ser incorporados al apoyo de las calefacciones domésticas. Un equipamiento típico para una vivienda unifamiliar puede ocupar un área de 10 a 30 m² de colectores, con un depósito de agua de 1 a 3 m³ y suministrar un 50 % de las necesidades de calefacción. Pueden ser usados tanto para calefacción de viviendas unifamiliares como de bloques o incluso de manzanas enteras mediante la hibridación con sistemas convencionales de apoyo (para situaciones de falta de radiación solar y de almacenamiento de calor descargado).
- **Refrigeración de edificios.-** Los sistemas solares térmicos de alta eficiencia pueden accionar máquinas refrigeradoras. Esta aplicación

de la energía solar es, quizá, la que mejor sincroniza la disponibilidad del recurso energético (solar) con la demanda de energía (necesidad de refrigeración). Una de las aplicaciones con mayor potencial es el acondicionamiento de edificios en verano.

➤ **APLICACIONES EN EL ENTORNO RURAL.**

- **Secado solar.-** El secado o deshidratación de alimentos o maderas se usa como técnica de preservación pues los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua. Una de las maneras más simples para lograr el secado (de alimentos o cualquier material) es exponer el material húmedo a una corriente de aire con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad. Cuanto más seco y más caliente esté el aire, mayor será la velocidad de secado. En los últimos años, la escasez y mayores precios de los combustibles fósiles han despertado un nuevo interés en el secado basado en el uso de la energía solar, tratando de desarrollar diversas técnicas que permiten solucionar los problemas del secado al aire libre (deterioro debido a lluvias y polvo, ataque de insectos y animales, etc.).
- **Potabilización y desalinización de agua.-** Dependiendo del grado de contaminación que contenga el agua, existen diversas tecnologías solares para su purificación. En general, los sistemas solares para la purificación de agua son capaces de remover sólo cantidades relativamente pequeñas de contaminación, con excepción quizás, de los que se utilizan para purificar agua de mar. Los destiladores solares, pues, no son adecuados para purificar aguas negras ni residuos industriales. Son adecuados para potabilizar aguas superficiales (ríos, lagos), aguas subterráneas o agua de mar. Básicamente habría que considerar dos niveles de contaminación para los cuales son adecuados: **1) Agua con contaminación microbiana ligera** (para eliminar los microorganismos no se requiere llegar a la temperatura de ebullición, sino que basta pasar de los 60°C, pero sostenerlos durante varios minutos) y **2) Agua con contaminación de sales disueltas** (entre

los procesos posibles para retirar las sales disueltas en el agua la que más se presta para acoplarla con un sistema solar, es la desalación por evaporación y condensación).

- **Cocinado solar.-** Si bien la cocción solar de alimentos se ha realizado desde hace cientos de años, en la actualidad se cuenta con materiales diferentes a los usados anteriormente (como el policarbonato), lo que hace reconsiderar el tema reconstruyendo nuevos prototipos con esos productos. Los diseños de cocinas solares pueden clasificarse en función de la incorporación de elementos de concentración solar en cocinas tipo caja (basadas en el efecto invernadero y sin concentración), cocinas de paneles (que incorporan superficies especulares para producir una baja concentración y “confinar” la zona de cocinado) y cocinas “parabólicas” que incorporan elementos de concentración algo más sofisticados.

➤ **APLICACIONES EN EL SECTOR INDUSTRIAL.**

- **Producción de electricidad con energía solar térmica.-** La generación de electricidad representa actualmente el objetivo principal para las aplicaciones solares térmicas a media temperatura (cilindro parabólicos) y alta temperatura (centrales de torre y discos), cubriendo el rango de los 300 °C a los 1000 °C. La producción eléctrica con sistemas solares térmicos es bastante convencional, se realiza a partir de la conversión termodinámica (ciclo Rankine o Brayton) y electromecánica (turbina-generador) de la potencia térmica absorbida en un fluido calentado mediante radiación solar concentrada. El rendimiento global de una central termo solar de generación de electricidad está en el rango del 16-20 % (Fuente: PSA: Plataforma Solar de Almería).
- **Calor para procesos industriales.-** Las tecnologías solares pueden aportar calor en un amplio rango de temperaturas (entre 80 °C y 1000 °C), siendo utilizable para sustituir el consumo de energía convencional en una variedad de procesos industriales.

- **Otras aplicaciones industriales (ejemplo: Química solar).**- La energía solar puede utilizarse para la producción de combustibles (como el hidrógeno) los cuales pueden almacenarse y transportarse (constituyendo un modo indirecto de almacenar y transportar la energía solar). Otros procesos químicos pueden utilizar energía solar, tales como el procesamiento de materiales a alta temperatura, el tratamiento de aguas, gases y suelos contaminados así como el reciclado de materiales de desecho.

1.8. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS.

Los componentes de los sistemas solares térmicos son diversos y difieren dependiendo de cada tecnología; sin embargo, podemos distinguir tres subsistemas en común, en casi todos los sistemas solares térmicos:

- **Subsistema de captación.**- Cuya finalidad es la captación de la energía solar. Este subsistema suele incluir todos los componentes que permiten transferir (captar) la radiación solar a un fluido de trabajo. Suele estar constituido por elementos ópticos (tales como cubiertas de vidrio, espejos concentradores, etc.) y del absorbedor (o receptor) solar (donde la radiación solar incide y se transfiere a un fluido de trabajo).

En este subsistema se dan una variedad de diseños ópticos, desde el colector plano sin concentración a los colectores que incorporan concentración en uno o más pasos (reconcentración) y de elementos absorbedores (absorbedores planos, receptores lineales de tubo con/sin protección de vacío, receptores soportados en torre central en campos de helióstatos -espejos con seguimiento solar en dos ejes-, etc.).

- **Subsistema de almacenamiento.**- Su finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía a la demanda, o para amortiguar los transitorios por paso de nubes, acumulándola cuando está disponible, para poderla ofrecer en cualquier momento en que se solicite.
- **Subsistema de distribución y consumo.**- Tiene por finalidad transferir la potencia solar absorbida en el fluido de trabajo al punto en que se utilizará. Estos sistemas suelen ser conductos, bombas y controles en colectores

planos e incorporan el bloque de potencia en sistemas de producción de electricidad, etc.

1.9. TIPOS DE COLECTORES SOLARES.

Los colectores solares térmicos son dispositivos capaces de captar la radiación solar y transferirla a un fluido, para su posterior aprovechamiento. Los colectores solares se dividen en dos grandes grupos:

1.9.1. LOS COLECTORES SOLARES SIN CONCENTRACIÓN.

Los cuales no son capaces de alcanzar altas temperaturas (llegan aproximadamente a unos 70 °C) 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 (ACS).

- **Colector solar de placa plana.-** Es aquel que actúa como un receptor que recoge la energía procedente del sol y calienta 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 (Figura 1.3).



Figura 1.3. Colector solar de placa plana

- **Colectores solares de caucho.-** Está 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 de calor (Figura 1.4).



Figura 1.4. Colectores solares de caucho

- **Colectores de aire.-** Son 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 (Figura 1.5).



Figura 1.5. Colectores de aire

- **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 caliente sanitaria y climatización de piscinas (Figura 1.6).



Figura 1.6. Colectores de vacío

- **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 interno. Su aplicación principal es la calefacción (Figura 1.7).



Figura 1.7. Tubos de calor

- **Colectores cónicos o esféricos.-** Constituye simultáneamente la unidad 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 sea iluminada constantemente a lo largo del día, aún con sombra; 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 caliente sanitaria (Figura 1.8).



Figura 1.8. Colectores cónicos o esféricos

Nota importante.- Los usados comercialmente son los colectores solares de placa plana y sus derivados, colectores de aire y de vacío. El resto no están disponibles a nivel comercial.

1.9.2. COLECTORES SOLARES DE CONCENTRACIÓN.

Son los que hacen uso de métodos de concentración mediante óptica, siendo capaces de elevar la temperatura del fluido a más de 70 °C. Estos se aplican en la energía solar térmica de media y alta temperatura. Un ejemplo lo podemos encontrar en la plataforma solar de Almería (Figura 1.9).



Figura 1.9. Vistas aéreas de las plantas Solar Two de 10 MW en California, EEUU (Izquierda) y CESA-I de 1,2 MW en Almería, España (Derecha)

La sigla CSP viene del inglés 'Concentrated Solar Power' o Energía Solar Concentrada. Como hemos anunciado, es nuestra fuente de energía alternativa preferida sobre todo desde que se utiliza sal (NaCl) en estado líquido para mantener las turbinas andando en los horarios que el sol desaparece.

Según un estudio realizado por grupos ambientalistas y de energía solar, las plantas CSP podrían alimentar el 25% de la demanda mundial de energía para el año 2050. Esta tecnología especialmente diseñada para las áreas desérticas del planeta, podría crear cientos de miles de puestos de trabajo e impedir que millones de toneladas de dióxido de carbono entren a la atmósfera, el principal gas de efecto invernadero causante del calentamiento global.

La tecnología CSP utiliza miles de espejos para enfocar la luz en un punto donde hay agua. El agua se calienta y se transforma en vapor haciendo girar una turbina que es la responsable de generar la electricidad.

Es diferente al sistema de paneles solares fotovoltaicos que transforman la energía solar directamente en electricidad a través del efecto fotoeléctrico lo que requiere la fabricación de paneles mucho más sofisticados y costosos. Sin embargo, estos últimos tienen la ventaja de generar electricidad hasta en días nublados aunque sea en menor cantidad.

En cambio las plantas con concentradores solares necesitan de días completamente soleados y por lo tanto son especiales para zonas desérticas donde las nubes son prácticamente inexistentes.

Al final del 2008 la capacidad de plantas CSP a nivel mundial era de 430MW y la inversión estimada para el 2009 es de € 2000 millones según Greenpeace⁸.

España está liderando el mundo en tecnología CSP. Más de 50 proyectos han sido aprobados en el país por el Gobierno y para el 2015 se estima que estarán generando más de 2 GW. Las compañías españolas aparte exportan la tecnología a todo el mundo.

También hemos de destacar el lanzamiento del informe internacional Revolución Energética. Este informe contiene un plan de acción para un futuro energético renovable en el mundo. El informe demuestra como combatir con éxito el cambio

⁸ Greenpeace mundial, ONG ecologista. Publicado en www.greenpeace.org/espana/revista-green. Informe anual 2008.

climático mediante una revolución en la forma de producir, consumir y distribuir la energía basado en energías renovables y eficiencia energética. El Congreso de Energía Solar Concentrada de Barcelona, junto con la Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica (EPIA) y Greenpeace Internacional, se presentó Solar Generation IV, Electricidad para más de mil millones de personas y dos millones de puestos de trabajo para 2020, que muestra un futuro brillante para la industria de la energía solar que sería capaz de crear dos millones de empleos. Además, los datos del informe vienen respaldados por la realidad: en 2007, el mercado de la energía solar fotovoltaica creció un 40%, pasando de 1.598 MW a 2.246 MW instalados al año en el mundo.

1.10. RESUMEN.

- En la actualidad, las tecnologías solares empiezan a formar parte de la estrategia energética mundial. Toda una nueva generación de sistemas solares térmicos está disponible para dar respuesta a esta demanda, se trata de equipos fiables y eficientes que empiezan a ser usados ampliamente.
- La energía solar térmica puede contribuir a la sostenibilidad del desarrollo sustituyendo parcialmente el consumo de recursos fósiles por energía solar y aportando soluciones energéticas en regiones con redes débiles o escasas de distribución de energía.
- Los costes de la electricidad solar térmica son más bajos que los de la fotovoltaica, si bien no ofrece aún soluciones tan modulares y fiables.
- El mercado actual de la energía solar térmica está en clara expansión aunque a un ritmo menor que el deseado para converger a los compromisos de Kyoto.

Las perspectivas de futuro dependerán de:

- Desarrollos exitosos de las tecnologías y de su difusión encaminados a una reducción de costes, de modo que aumente su competitividad frente a las convencionales.

- Eliminación de barreras al desarrollo de las renovables e “internalización” de los costes medio-ambientales y otras externalidades no contabilizadas en los precios de las tecnologías convencionales.

Nota importante: El consumo anual mundial de energía previsto en un año equivale a la energía recibida del Sol cada año, en forma constante, en un área de 200.000 Km² en una región situada en los trópicos.

Los actuales sistemas de conversión de energía solar tienen un rendimiento anual medio que oscila entre un 8% y un 20% lo cual supone, que en la práctica sería necesaria una superficie 5 ó 6 veces superior a la dicha anteriormente, que permitiera obtener y suministrar energía solar de una forma más racional. Además, como parte de esta energía debería ser almacenada, se pueden suponer unas pérdidas adicionales de un 20% que, unidas a las pérdidas de transporte, que son del orden del 5%, nos lleva a la conclusión de que todos los sistemas prácticos destinados a la transformación de la energía solar en otras fuentes de energía, tendentes a cubrir todas las necesidades mundiales de energía, ocuparían en la actualidad una extensión superior a un millón (1.000.000) de Km².

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE SISTEMAS SOLARES PARA AGUA CALIENTE SANITARIA.

Entre los colectores solares de baja temperatura, los que más se destacan por la relación eficiencia-costo son: los colectores solares de tubos de vacío y los colectores solares de placa plana. La diferencia entre estos dos tipos de colectores solares radica en que el sistema de captación solar es diferente.

2.1. COLECTORES SOLARES DE TUBOS DE VACÍO.

Los colectores solares de tubo de vacío se encuentran entre los tipos de colectores solares más eficientes y más costosos del mercado. Estos colectores se aprovechan al máximo en aplicaciones que requieren temperaturas moderadas, entre 50 °C y 95 °C, y/o en climas muy fríos.

En los calentadores de tubos al vacío la radiación es recibida por el absorbedor y llevada en forma de calor hacia un tanque acumulador. La diferencia consiste en que el absorbedor está formado por tubos, los cuales están provistos de un vacío entre la superficie que está en contacto con el medio ambiente y la superficie que está en contacto con el fluido a calentar. Este sistema permite disminuir las pérdidas de calor y dentro del tubo van colocadas las secciones del plato absorbedor.

Algunos modelos están formados por tubos sencillos de vidrio, los cuales tienen en su interior un sector de plato plano de absorción acoplado a un tubo metálico por donde fluye el líquido. En otros modelos el absorbedor suele ser un tubo interior con tratamiento óptico selectivo, lo que mejora todavía más la eficiencia del colector. Entre el tubo interior y el exterior, ambos concéntricos, existe vacío (Figura 2.1).

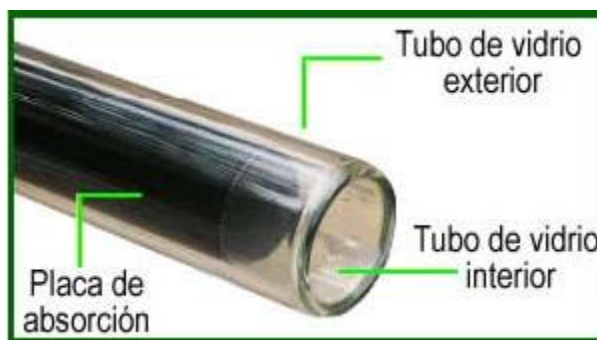


Figura 2.1. Partes de un tubo de vacío

La placa de absorción es un recubrimiento de nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción de energía solar y mínimas propiedades de reflexión. Durante la fabricación del tubo, el aire existente entre los dos tubos es extraído o evacuado del espacio entre tubos para formar al vacío, el cual elimina las pérdidas de calor por conducción y convección. Para mantener el vacío dentro del tubo, un elemento de bario es expuesto a alta temperatura, el cual causa que el fondo del tubo se cubra con una capa de barium puro (plateado). Esta capa de barium puro, es un indicador visual del vacío interno del tubo. Si el color plateado se torna blanco el vacío se ha perdido y el tubo tiene que ser reemplazado.

Cada tubo de vidrio al vacío consiste en dos tubos de vidrio. El tubo exterior esta hecho de borosilicato transparente de alta resistencia capaz de resistir el impacto de un granizo de hasta 2.5 cm. de diámetro. El tubo interior esta también hecho de vidrio de borosilicato, pero este está recubierto con nitrato de aluminio que tiene una excelente absorción del calor solar y mínimas propiedades de reflexión.

La radiación solar es captada por la placa de absorción del tubo interior transformándose en calor útil. La envolvente de doble camisa de cristal al vacío evita las perdidas de calor por conducción y convección. Las pérdidas por radiación se reducen gracias al tratamiento superficial del cristal interior.

2.1.1. TIPOS DE TUBOS DE VACÍO.

Hay varios modelos de colectores de tubos al vacío, en dependencia del movimiento del fluido y el método de transferencia de calor utilizado. En todos los casos, los tubos van directamente acoplados al tanque-termo o a un cabezal, por donde fluye el agua o líquido a calentar.

Los principales tipos de tubos de vacío son los siguientes:

- **Calentador solar de tubos termosifónicos.-** En el caso de los tubos termosifónicos, el agua del tanque-termo fluye directamente por dentro del tubo interior, y su movimiento dentro del mismo se debe al cambio de densidad del agua más caliente, la cual sube, y la menos caliente, que baja (Figura 2.2).

En este caso, la presión del tanque-termo se trasmite al tubo de vidrio. Estos calentadores no resisten sobrepresión y normalmente trabajan a presión

atmosférica. No necesitan intercambiadores de calor, ya que calientan el líquido directamente. Si un tubo se rompe, el sistema se queda sin agua. Las ventajas son su alta eficiencia y su relativo bajo costo.



Figura 2.2. Efecto Termosifón

Como estos calentadores trabajan con circulación natural, requieren una inclinación mínima de 20° con relación al plano horizontal.

- **Calentador solar de tubos en U.**-En los calentadores de tubos en U el agua (o líquido) fluye por un tubo metálico (comúnmente de cobre) de pequeño diámetro, doblado en U, que va situado dentro del tubo al vacío y acoplado a la superficie captadora (absorbedora) por medio de una aleta metálica (de cobre o aluminio) (Figura 2.3).

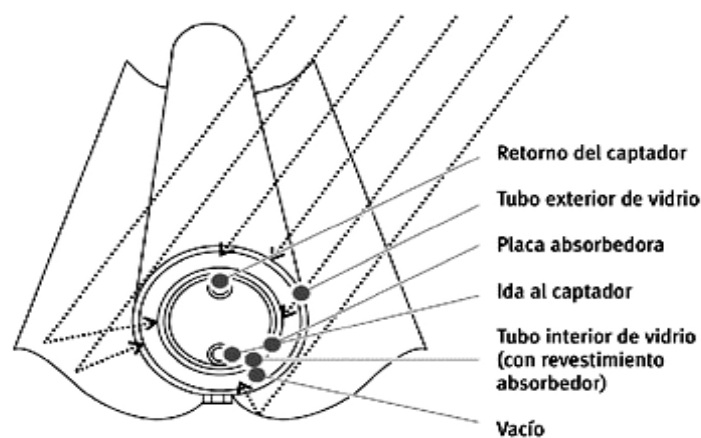


Figura 2.3. Calentador solar de tubos en U.

En algunos casos cada tubo lleva un reflector en su parte inferior con el objetivo de ganar el máximo de radiación solar. Estos calentadores suelen trabajar con circulación forzada, por lo que pueden situarse horizontalmente.

- **Calentador solar con tubos calóricos.-** El calentador de tubos al vacío con tubos calóricos ha significado un gran avance en la tecnología de transferencia de calor, aplicada en este caso al calentador solar. En este modelo, por dentro del tubo de vidrio no fluye el agua, sino que tiene en su eje central un tubo calórico para transmitir el calor solar ganado al agua del tanque-termo o cabezal.

El tubo calórico forma un sistema cerrado de evaporación-condensación y suele ser un tubo metálico largo y fino, herméticamente cerrado, el cual contiene un líquido en equilibrio con su vapor (gas) a determinada presión (vacío) y temperatura. Si la temperatura aumenta, aumenta la fase gaseosa; y si disminuye, aumenta la fase líquida. La temperatura de cambio de fase (líquido-gas-líquido) depende de la presión, la cual cambia directamente proporcional al cambio de temperatura. La presión (vacío) dentro del tubo se selecciona de tal forma que la evaporación empiece a 25 °C, lo que garantiza el funcionamiento del colector solar aún con baja radiación (Figura 2.4).

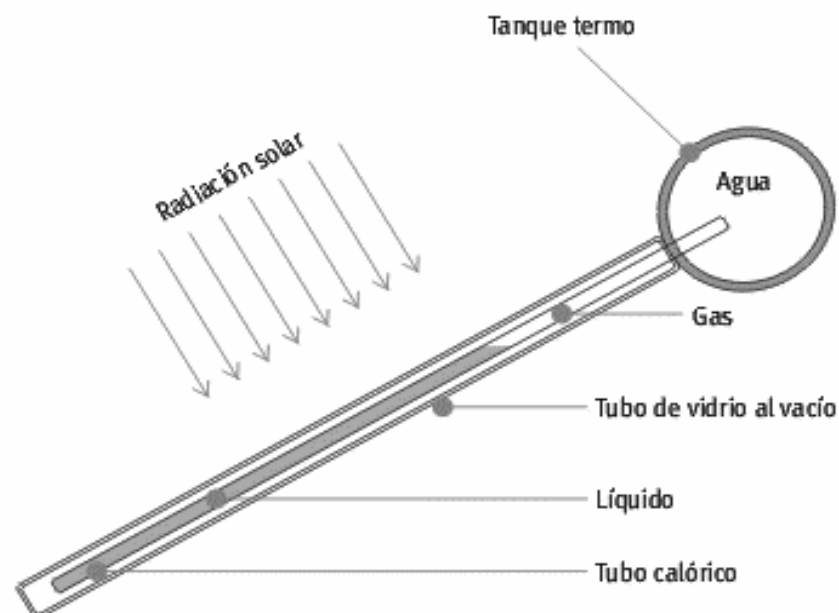


Figura 2.4. Calentador solar con tubos calóricos

La parte superior del tubo calórico va introducida en el agua del tanque-termo o cabezal. De esta forma, cuando la parte que está expuesta a la radiación solar (dentro del tubo de vidrio al vacío) se calienta, genera vapor y éste sube. Cuando este vapor se pone en contacto con el agua del tanque-termo, la cual está más fría, se condensa, y baja en forma líquida por gravedad a la parte baja del tubo calórico. De esta forma se completa el ciclo.

El tubo de vidrio que se somete al vacío suele ser de borosilicato, por sus buenas condiciones ópticas y resistencia mecánica. En este tipo de colector se requiere que los tubos tengan una inclinación mínima de 20° con respecto a la horizontal, para que el fluido condensado baje por gravedad.

2.2. COLECTORES SOLARES DE PLACA PLANA.

Los colectores de placa plana, también llamados colectores solares o paneles solares térmicos son sofisticados invernaderos que atrapan y utilizan el calor del sol para aumentar la temperatura del agua hasta alrededor de los 70°C .

Estos colectores consisten en una caja herméticamente cerrada con una cubierta de vidrio algún otro material transparente. En su interior se ubica una placa de absorción la cual está en contacto con unos tubos por los que circula un líquido que transporta el calor. Existen un gran número de diferentes configuraciones de los tubos internos en los colectores de placa plana (Figura 2.5).

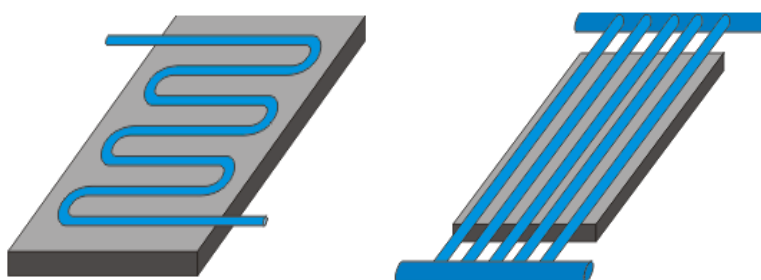


Figura 2.5. Configuración en serpentina, configuración en paralelo

2.2.1. ELEMENTOS DE UN COLECTOR SOLAR DE PLACA PLANA.

Cubierta transparente.- Es la encargada de producir el efecto invernadero, reducir las pérdidas por convección y asegurar la estanqueidad del colector al agua y al

aire en unión con la carcasa y las juntas. El efecto invernadero logrado por la cubierta consiste en que la radiación que ha atravesado la cubierta y llega a la placa captadora, una parte es reflejada hacia la cubierta transparente con una longitud de onda para la cual ésta es opaca, con lo que se consigue retener la radiación en el interior. Se puede usar una doble cubierta o aumentar el espesor de la cubierta transparente para tratar de minimizar las pérdidas por convección, pero estas soluciones aumentan las pérdidas por absorción del flujo solar incidente, además de encarecer el panel. En general se puede decir que la doble cubierta es tanto más interesante cuanto más baja sea la temperatura exterior y más fuerte sea el viento.

Placa captadora.- Tiene por misión absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador. Existen diferentes modelos. La cara de la placa captadora que se expone al sol ha de estar protegida de los rayos solares por medio de pinturas negras o recubrimientos selectivos.

Aislamiento.- La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por medio de un aislamiento para evitar las pérdidas térmicas hacia el exterior. Los materiales más usados son la fibra de vidrio, la espuma rígida de poliuretano y el poliestireno expandido. Cualquiera que sea el material escogido debe tener un coeficiente de dilatación compatible con el de los demás componentes del panel solar.

Carcasa.- Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio o lugar de emplazamiento por medio de los soportes (Figura 2.6).

Los colectores de placa plana se han usado de forma eficaz para calentar agua y para calefacción. Los sistemas típicos para casa-habitación emplean colectores fijos, montados sobre el tejado. En el hemisferio norte se orientan hacia el Sur y en el hemisferio sur hacia el Norte. El ángulo de inclinación óptimo para montar los colectores depende de la latitud. En general, para sistemas que se usan durante todo el año, como los que producen agua caliente, los colectores se inclinan un ángulo igual a la suma del valor de latitud local más 15° , respecto al plano horizontal y se orientan unos 20° latitud S o 20° de latitud N⁹.

⁹ Diego Guzman. Universidad Piloto de Colombia. Ingeniería de Sistemas.

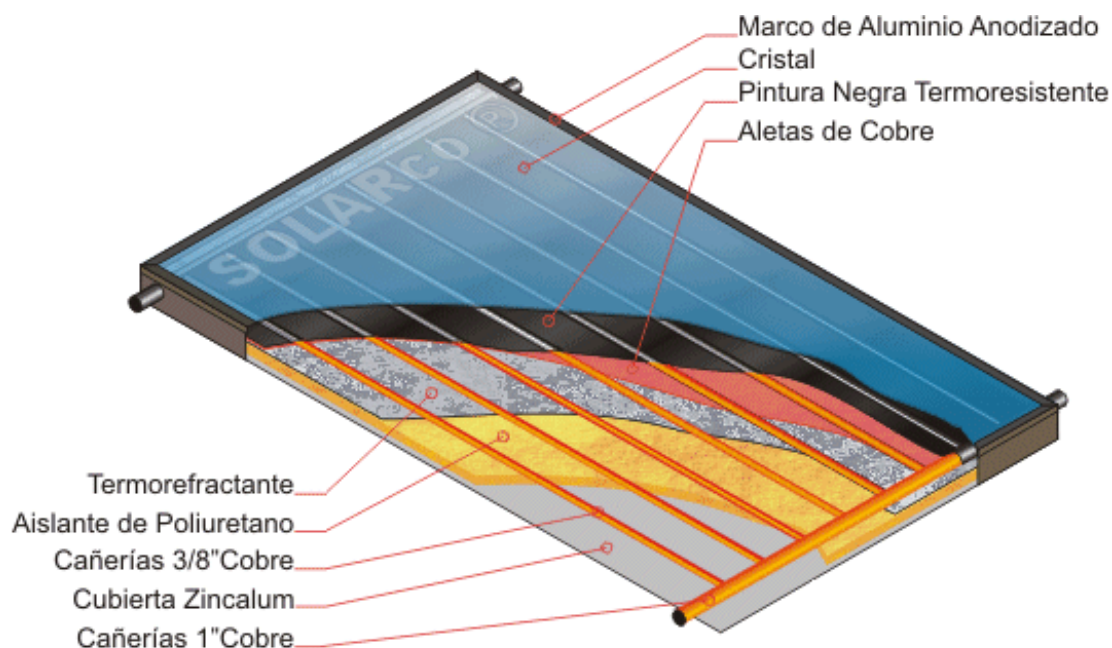


Figura 2.6. Elementos de un colector solar térmico de efecto invernadero

El sistema de un colector solar plano sigue el mismo *principio, denominado “efecto invernadero”*, que consiste en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica e impidiendo su salida al exterior (Figura 2.7).

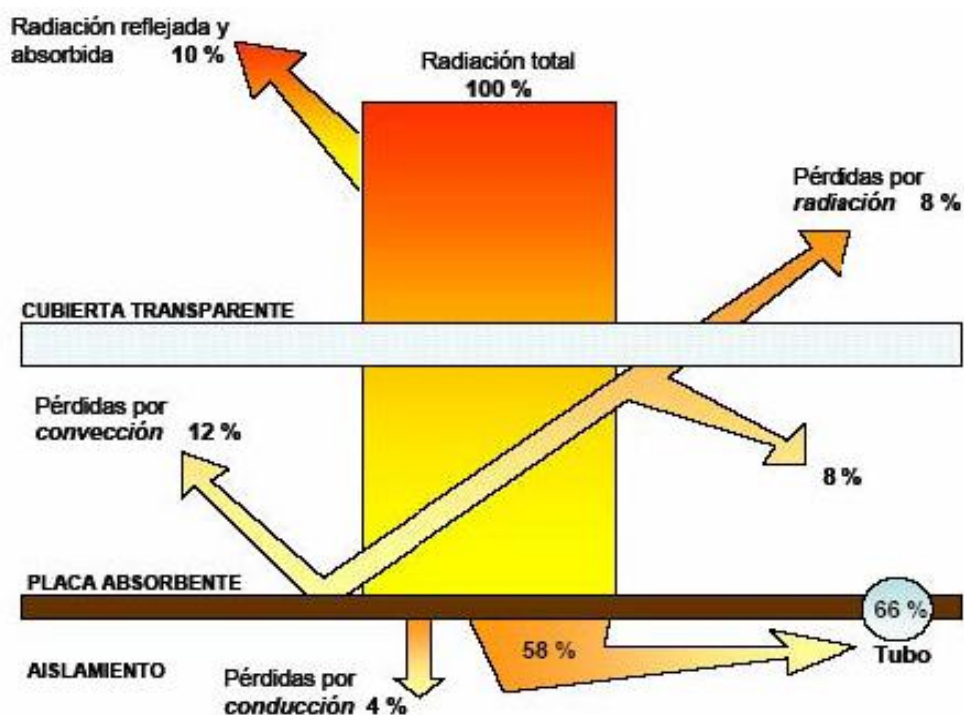


Figura 2.7. Distribución de la radiación en un colector solar plano.

La principal característica de estos sistemas es su poca concentración, aunque captan tanto la radiación directa como la difusa. También carecen de seguimiento solar. Estos hechos implican que para aprovechar la energía hay que tener en cuenta una serie de aspectos:

- Para poder transformar la energía solar en energía térmica en cantidad apreciable, es necesario utilizar grandes superficies de colectores solares.
- Para obtener rendimientos aceptables, es necesario reducir al máximo las pérdidas térmicas en el colector, tanto por conducción-convección como por radiación.
- Debido a la gran superficie de colectores y longitud de canalizaciones del fluido de transporte térmico y la limitada radiación solar, el margen entre economía y tecnología es estrecho.

Las condiciones esenciales para que se transfieran las calorías de la manera más efectiva posible son:

1. Utilizar una **cubierta de vidrio transparente** (reduce las pérdidas por convección) sobre el absorbente, procurando que el espacio entre ambas superficies sea reducido; al haber **menor volumen de aire** (menores pérdidas por conducción), la temperatura interior aumentará fácilmente. En algunos casos se hace vacío para reducir aun más las pérdidas conductivas.
2. El agua debe circular a lo largo de un tubo intercambiador, soldado o embutido, generalmente dispuesto a modo de parrilla o de serpentín, pues **cuanto mayor sea el recorrido, más energía absorberá** y antes alcanzará un grado térmico útil.
3. Entre el conjunto formado por el absorbedor, el conducto del fluido y la carcasa del colector, se dispondrá una plancha termo-aislante que minimice el desperdicio de calor.

Importante.- *Todos los componentes utilizados en un colector solar deben poseer una resistencia a la degradación, en condiciones reales de uso, que permita que el colector sea utilizado durante 20 años, periodo considerado como vida útil del mismo. Por este motivo, no es suficiente que dichos componentes posean unas propiedades óptimas en su función, sino que además deben mantenerlas a lo largo del tiempo.*

Se conoce como durabilidad a la resistencia de una superficie (o un colector en general) al ataque de los diferentes agentes degradantes que afectan a un dispositivo fototérmico en condiciones de uso. Hay que considerar que estos factores que van a afectar a la durabilidad de un colector son muy diferentes, en función del clima (seco, húmedo, soleado), del tipo de atmósfera (rural, marina, industrial), de la temperatura de funcionamiento del colector, etc.

Sobre las pérdidas por reflexión en cubierta y absorbedor y por absorción en los reflectores se puede actuar optimizando el diseño y fabricación de los materiales para mejorar las propiedades ópticas. Para disminuir las pérdidas térmicas, el principal factor es un buen diseño del colector (aislamiento, producción y mantenimiento del vacío).

2.3. TIPOS DE CIRCULACIÓN DEL FLUIDO.

Los dos tipos de colectores que hemos analizado poseen el mismo principio de funcionamiento, diferenciándose el uno del otro sólo por las unidades de captación.

Dentro de estos sistemas que hemos analizado de calentamiento solar para agua, vamos a encontrar dos tipos de circulación: por termosifón o circulación natural y mediante una bomba de circulación o circulación forzada.

2.3.1. CIRCULACIÓN NATURAL DIRECTA (POR TERMOSIFÓN).

El movimiento del agua se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque que se encuentra conectado a la red y la caliente del colector, esto es, al calentarse agua dentro del colector y disminuir su densidad y por ende su peso el agua más pesada/fría del depósito que va colocado necesariamente por encima de los colectores, empuja al agua caliente del colector, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del colector con la parte superior del tanque.

Este fenómeno gravitatorio, **denominado termosifón**, tiene lugar mientras haya una suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito, las temperaturas se igualan y el movimiento cesa (Figura 2.8). Cuando se produce una extracción de agua caliente, el depósito se

rellena con agua de la red (Figura 2.8. Derecha), la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia por sí mismo.

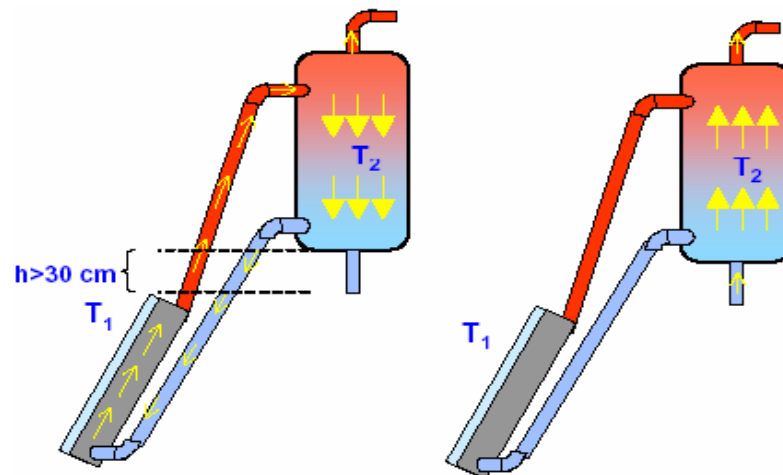


Figura 2.8. Sistema solar para ACS con circulación natural (termosifón)

Es básico, en un sistema por termosifón, que el diseño y montaje de la instalación favorezca el movimiento del agua caliente. Dos son los factores que influyen en la fuerza ascensional del agua: en primer lugar, la diferencia media de las temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito ΔT , y en segundo lugar, la diferencia de alturas h entre el tanque y los colectores. Al conjunto de ambos factores se le denomina carga hidráulica del sistema e indica la energía disponible para el movimiento del fluido. Por tanto, para mayores valores de ΔT y de h , más fácil es la circulación del agua.

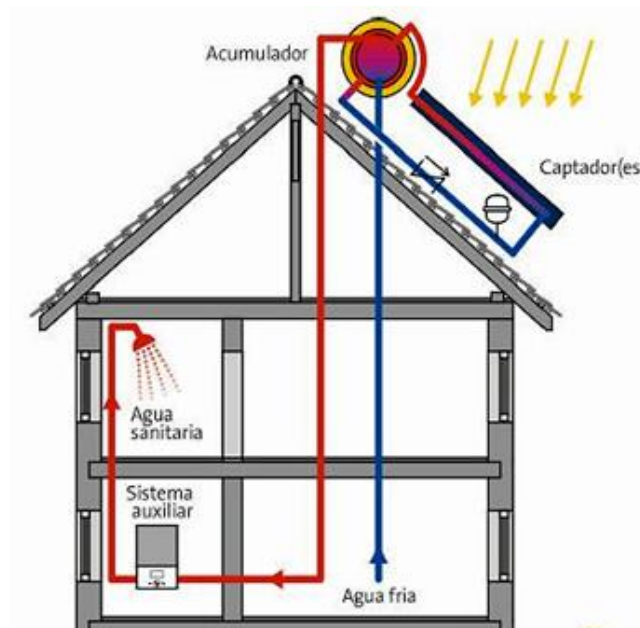


Figura 2.9. Disposición en una vivienda

Es muy importante en este tipo de sistemas un cuidadoso diseño porque, al ser débil la impulsión del agua, el montaje ha de favorecer el movimiento del líquido (Figura 2.9) y la autorregulación del equipo, que se consigue trasvasando un caudal proporcional al salto térmico entre ambos elementos. Frente a su sencillez presenta el inconveniente de carecer de medios para evitar el sobrecalentamiento estival del agua almacenada.

El sistema aconsejable para viviendas unifamiliares con una demanda de agua caliente de unos 250 l/día (Figura 2.10).



Figura 2.10. Equipo compacto termosifón

2.3.2. CIRCULACIÓN NATURAL INDIRECTA.

El mismo efecto de convección puede obtenerse sin tener que consumir el agua que pasa por los colectores, lo que resulta obligado cuando usamos soluciones anticongelantes y el agua caliente ha de ser potable. Basta con acoplar el lazo de calentamiento solar, que llamaremos circuito primario, en un intercambiador que ceda el calor al tanque de consumo potable, de donde parte el circuito secundario (Figura 2.11).

En el intercambiador, el líquido procedente de las placas solares se habrá enfriado, su densidad habrá aumentado y regresará a la entrada de los módulos; mientras su temperatura sea inferior a la de producción, el ciclo se renovará. En estos sistemas el rendimiento de la instalación se reducirá ligeramente y será necesario colocar un vaso de expansión en la red primaria para compensar las dilataciones del fluido.

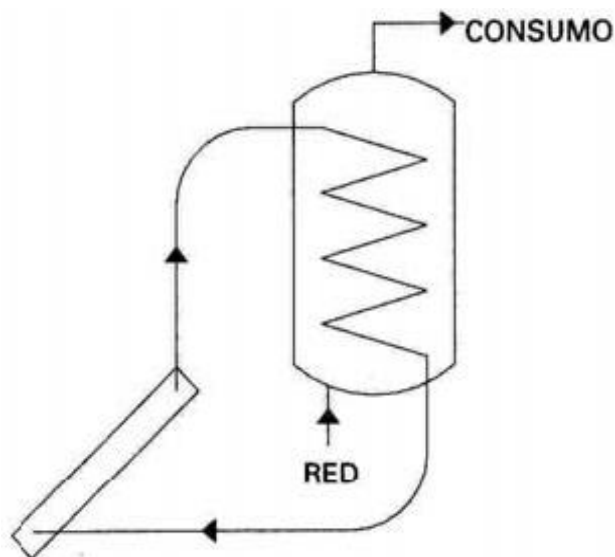


Figura 2.11. Sistema natural Indirecto

2.3.3. CIRCULACIÓN FORZADA DIRECTA.

Son aquellos sistemas en los que la transferencia de calor se realiza por el movimiento del fluido producido mediante una bomba (Figura 2.12). La utilización de estos sistemas es más adecuada en instalaciones de gran tamaño. Estos sistemas presentan ventajas e inconvenientes. Entre las ventajas, destaca la desaparición de efectos inherentes a los sistemas de circulación natural, permitiendo caudales normales dos veces mayores. Entre los inconvenientes tenemos que es necesario el consumo de electricidad y aparece la necesidad de control y regulación de la instalación.

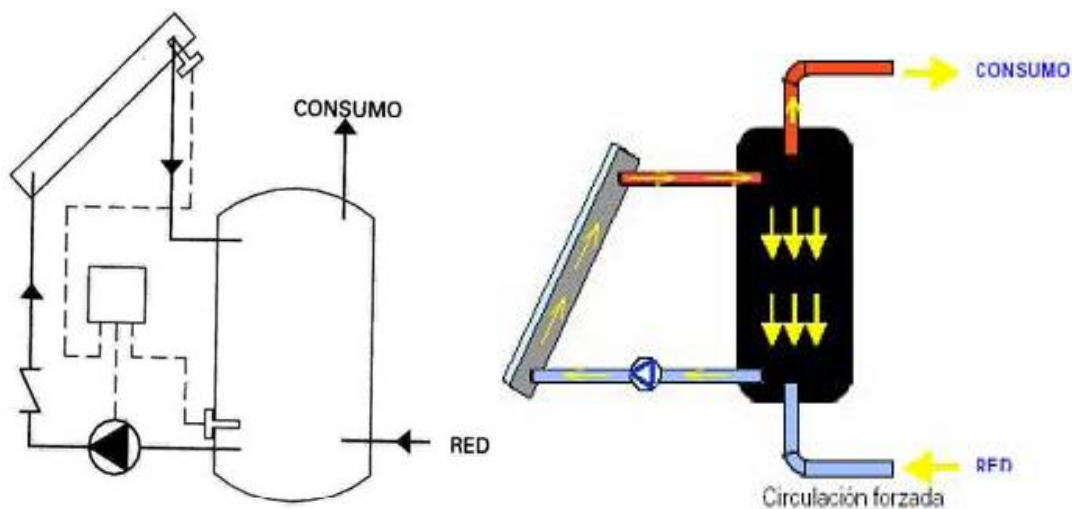


Figura 2.12. Esquema Sistema ACS con circulación forzada directo

2.3.4. CIRCULACIÓN FORZADA INDIRECTA.

La necesidad de conjuntar las ventajas de un esquema forzado que disponga, además, de circuitos separados, hace de esta solución la ideal para el agua caliente potable (Figura 2.13).

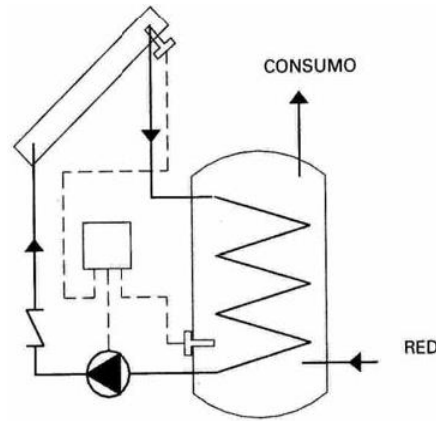


Figura 2.13. Esquema Sistema ACS con circulación forzada indirecta

Los sistemas solares térmicos para ACS, requieren por lo general, de al menos la conexión del panel colector a un módulo de almacenamiento, y a veces incorporan además un sistema auxiliar (resistencia eléctrica o térmica) para complementar el aporte solar en el acumulador si fuera necesario (Figura 2.14).

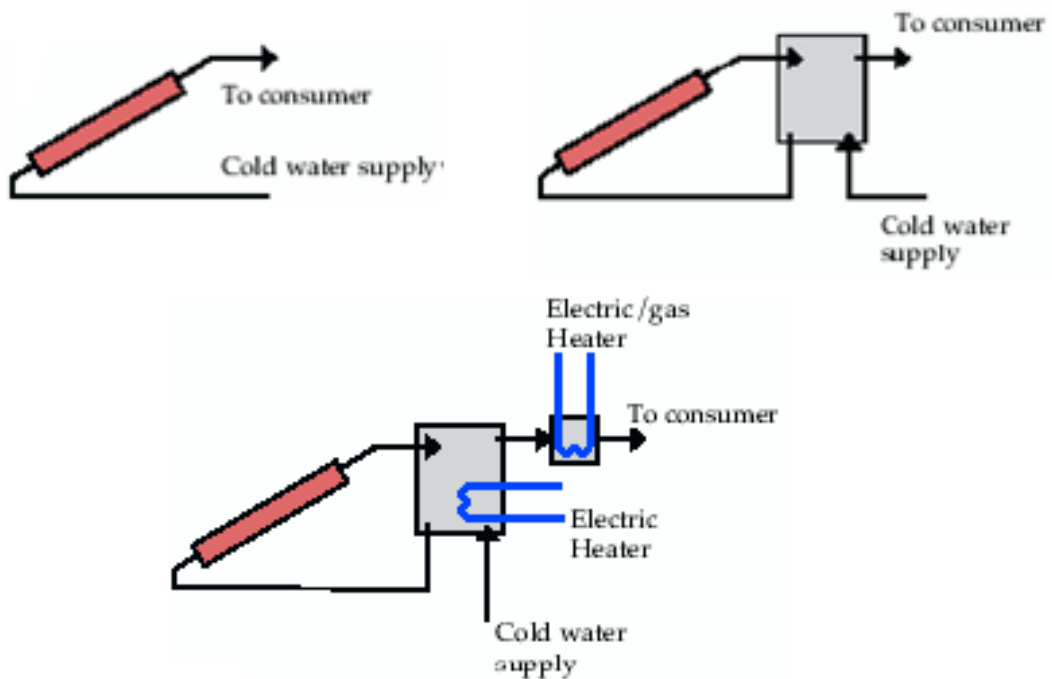


Figura 2.14. Esquemas de conexión a un acumulador y sistema auxiliar: (a) Sistema mínimo; b) Sistema con almacenamiento; c) Sistema con almacenamiento y calentamiento auxiliar

2.4. CALENTAMIENTO DE APOYO.

Con el fin de obtener un suministro continuo de fluido caliente, sea para agua potable o para calefacción, en las épocas de poco aporte solar es preciso disponer de energía auxiliar, tal como una resistencia eléctrica o un serpentín insertados en lo alto del acumulador, un acopio contiguo o un calentador en línea.

2.4.1. RESISTENCIAS INTEGRADAS.

Las resistencias integradas en el acumulador de agua caliente no son aconsejables para volúmenes grandes, pues elevan la temperatura de toda la reserva y derrocharían energía.

Este método funciona aceptablemente en pequeños y medianos sistemas siempre que el depósito sea vertical, para no mezclar el agua caldeada por el método natural, y no agreguen más de un tercio de la energía requerida (Figura 2.15). Como su acoplamiento de fábrica no eleva en demasía el coste, y la regulación es sencilla y práctica, constituyen la solución ideal para viviendas unifamiliares. Su potencia calorífica suele ser de 2.000 W, y si el acopio no supera los 100 litros son suficientes 1.500 W.

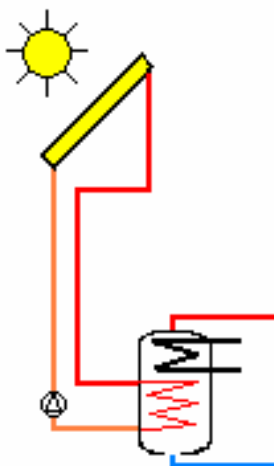


Figura 2.15. Resistencia Integrada

2.4.2. ACUMULADORES EN SERIE.

Los acumuladores en serie con el colector solar son adecuados, y versátiles para la refrigeración (Figura 2.16). Mantienen el agua a temperatura constante y no

derrochan calor durante los pequeños vaciados. La principal limitación de todo almacenador es su capacidad, ya que al agotarse las reservas toma un tiempo en recuperar el nivel que indique el termostato, pero ello puede contribuir a hábitos de moderación en los egresos, frente a la inercia del enfriamiento en caudales punta.

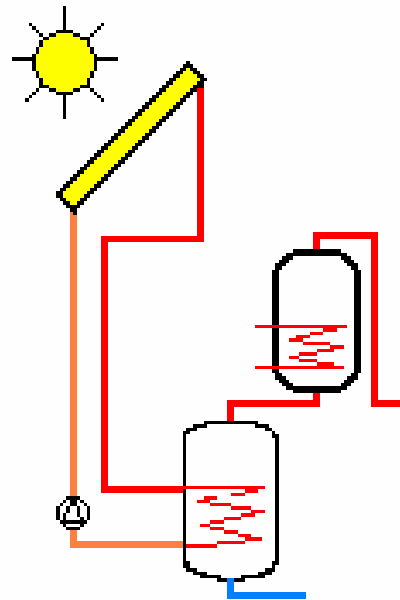


Figura 2.16. Acumulador en serie

Los termos individuales de efecto Joule, como la resistencia eléctrica, ajustan con acierto y prontitud los grados que el usuario desea para su higiene. Incluso pueden dedicarse a usos muy particulares. La reducción del importe de la electricidad y el incierto ascenso de los valores del petróleo está animando su introducción en las ciudades. Otra de sus ventajas es la posibilidad de alimentación auxiliar en horarios de tarifa eléctrica económica.

2.4.3. CALENTADORES INSTANTÁNEOS.

Los calentadores instantáneos también se instalan a continuación del almacenador (Figura 2.17). Los aparatos individuales de caldeo más extendidos son de butano, propano y gas natural, pero la mayoría regulan la potencia en función del caudal de distribución, en lugar de modular según la temperatura de salida del acumulador, y claudican ante consumos simultáneos.

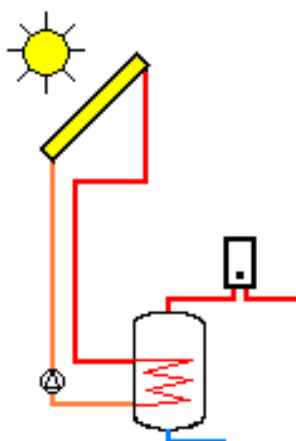


Figura 2.17. Calentador Instantáneo

2.5. SUBSISTEMAS GENERALES DE UNA INSTALACIÓN SOLAR.

En general, se puede decir que una instalación solar está constituida por el subsistema de captación (colector), el subsistema de almacenamiento y el subsistema de distribución (tuberías, bombas, intercambiadores,...) y consumo de la energía solar captada. En su diseño hay que tener en cuenta que, tan importante como la correcta selección de los elementos integrantes de cada subsistema, es la correcta integración de todos ellos en el sistema y la selección de las estrategias de regulación, control y operación.

2.5.1. SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN.

Su finalidad es la captación de la energía solar. Lo más habitual es disponer los colectores acoplados en paralelo, o en caso de disponerse en varias filas colocarse éstas también en paralelo, de cualquier forma éstas deberán tener el mismo número de unidades y estar colocadas paralelas, horizontales y bien alineadas entre sí.

El número de captadores que se pueden **conectar en paralelo** tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante.

La colocación del campo de colectores debe asegurar que el recorrido hidráulico sea el mismo para todos los colectores, de no ser así, los saltos térmicos de los colectores serían diferentes de unos a otros, reduciendo el rendimiento global de la instalación. A fin de garantizar el equilibrio hidráulico es necesario disponer las

conexiones de los colectores entre sí de forma que se realice el llamado **retorno invertido** (Figura 2.18).

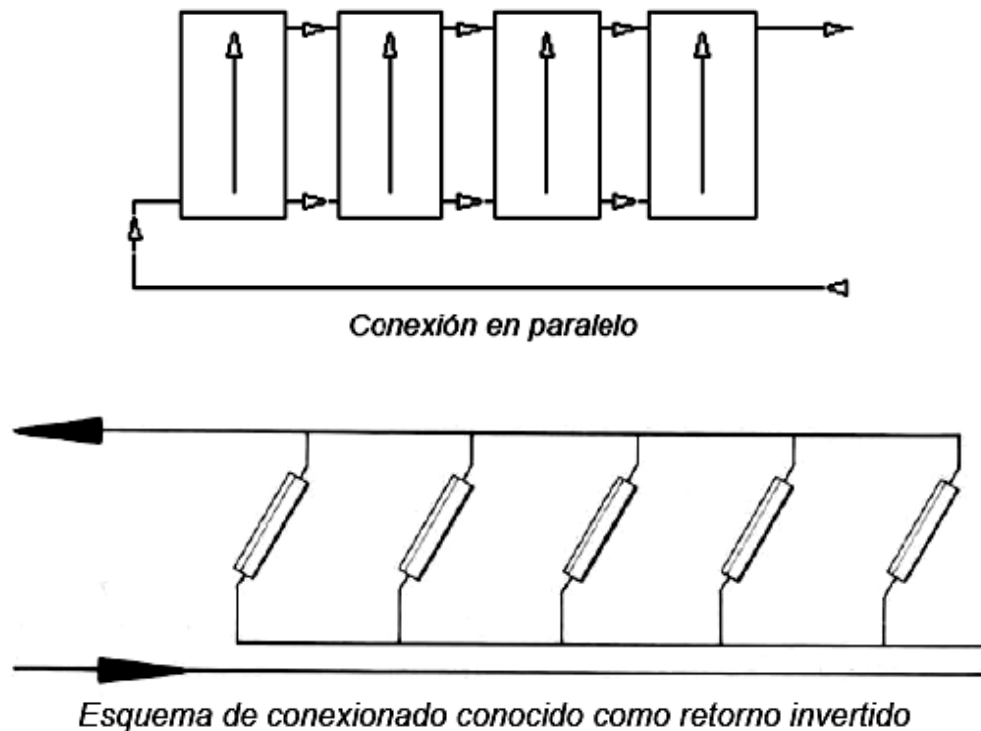


Figura 2.18. Formas de conexión de los colectores solares

No es habitual en estos sistemas, el disponer los colectores solares en serie (su principal ventaja es el aumento de temperatura a la salida) ya que disminuyen el rendimiento y el aumento de temperatura es bastante pequeño en términos relativos.

2.5.2. EL FLUIDO TRANSMISOR DEL CALOR.

El medio por el que vamos a distribuir el calor solar atraído en la placa absorbedora ha de presentar una alta capacidad calorífica. Lo normal es utilizar agua, aire o aceites.

Los aceites gozan de una baja pérdida de carga (baja caída de presión) a lo largo de todo el circuito, pero algunos importantes inconvenientes son el rápido sobrecalentamiento y el elevado precio.

El aire no puede congelarse, caldearse excesivamente ni corroerse y es gratuito, pero tiene el inconveniente de requerir aletas y salientes en los conductos para provocar turbulencias y una buena transferencia de calor, y filtros higiénicos en las

salidas, lo que complica las instalaciones y acrecienta sus dimensiones al necesitar mayor caudal [$1 \text{ (dm}^3/\text{s)} \cdot \text{m}^2$].

El agua es el fluido más empleado en los colectores para aplicación residencial por su limpieza, economía, disponibilidad, el menor caudal requerido [$0,1 \text{ (dm}^3/\text{s)} \cdot \text{m}^2$] y las características térmicas favorables. Como inconveniente, requiere proteger la instalación de las incrustaciones de cal, prever las heladas y el recalentamiento.

2.5.3. SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO.

Su finalidad es adaptar en el tiempo la disponibilidad de energía a la demanda, acumulándola para poderla ofrecer en cualquier momento que se solicite. Lo habitual es almacenar la energía en forma de calor sensible, por medio del agua que se pasará a consumo con posterioridad.

En aplicaciones para ACS, muchos usuarios prefieren el baño diario matutino, después de unas horas en las que no ha habido insolación, de modo que es necesario y práctico tener una reserva de agua caliente, considerando además que, en días muy nublados puede haber una baja significativa de la irradiación solar. Con el uso de una reserva de agua caliente se logra satisfacer la demanda de agua caliente en más del 95% de los días del año.

Los tanques de acumulación normalmente se suelen construir de acero tratado adecuadamente, mediante baño galvanizado, pintura epoxi, etc. Otros materiales, o bien resultan más caros (fibra de vidrio), o no son adecuados para trabajar a la presión de la red (fibrocemento).

Para instalaciones pequeñas o medias se suele incorporar un interacumulador, en donde se coloca el intercambiador en el circuito del acumulador. Sin embargo, en las de cierta importancia lo usual es disponer de un intercambiador de placas o tubular y envolvente, lo cual implica incorporar un elemento más de bombeo en el circuito secundario.

2.5.4. SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y CONSUMO.

Su finalidad es trasladar a los centros de consumo el agua caliente requerida. En este subsistema se incluyen un conjunto de elementos que pueden ser los siguientes: apoyo energético, control, tuberías y conducciones, vasos de expansión, bombas, purgadores, válvulas, etc.

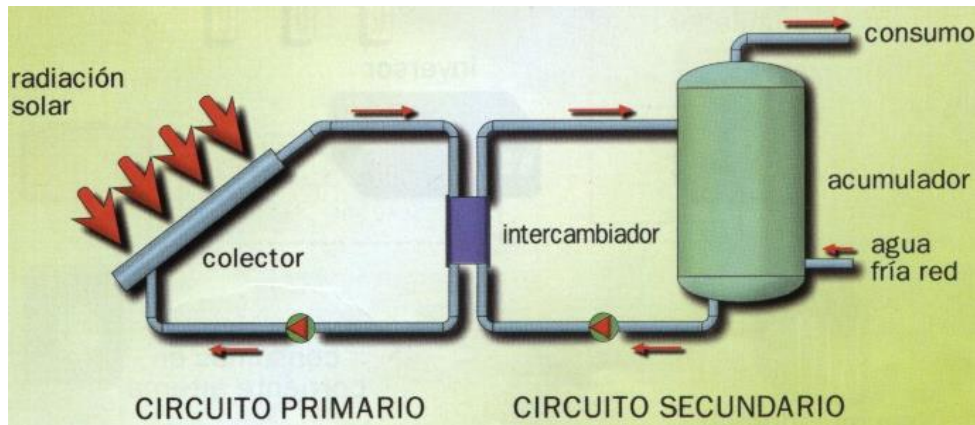


Figura 2.19. Esquema de instalación solar a baja temperatura

2.6. COLECTORES SOLARES TÉRMICOS DE CONCENTRACIÓN.

Se utilizan para instalaciones que trabajan a media temperatura, Estos colectores concentran la radiación solar que recibe la superficie captadora en un elemento receptor de superficie muy reducida (un punto, una línea). Al ser el receptor más pequeño que en los colectores planos puede estar fabricado a partir de materiales más sofisticados y caros que permiten una mejor absorción de la energía solar.

Por otro lado, al recibir la radiación solar de manera concentrada. Los colectores de concentración son capaces de proporcionar temperaturas de hasta 300°C con buenos rendimientos. Las centrales de colectores de concentración se utilizan para generar vapor a alta temperatura con destino a procesos industriales, para producir energía eléctrica, etc.

Hay colectores de concentración de varios tipos. Pero todos ellos tienen en común que exigen estar dotados, para ser eficientes, de un sistema de seguimiento que les permita permanecer constantemente situados en la mejor posición para recibir los rayos del sol a lo largo del día.

Los sistemas de seguimiento del sol de estos colectores son de varios tipos. El colector de concentración cilíndrico-parabólico (uno de los más difundidos) suele

utilizar un reloj o sensor óptico (Figura 2.20). Este último combinado con un servomotor, hace girar al colector siguiendo la dirección del sol.

Nota importante.- Uno de los inconvenientes de la mayoría de los colectores de concentración (y entre ellos, del cilíndrico parabólico) es que sólo aprovechan la radiación directa del Sol, es decir, que sólo aprovechan los rayos solares que realmente inciden sobre su superficie. No son capaces, por el contrario, de captar la radiación solar difusa. Por ello, no resultan convenientes en zonas climáticas que, aunque reciben una aceptable cantidad de radiación solar, son relativamente nubosas. Sólo resultan realmente eficaces en zonas auténticamente soleadas.

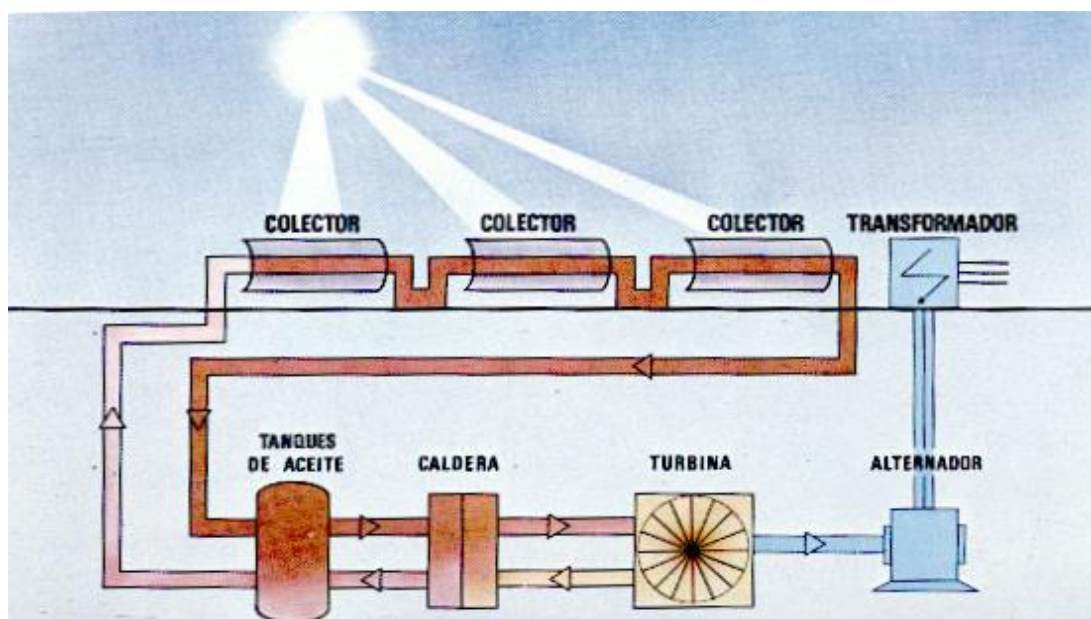


Figura 2.20. Esquema de una central eléctrica solar con colectores cilindro-parabólicos

El aprovechamiento de energía solar, a alta temperatura, para producir electricidad mediante vía termodinámica se basa en principios análogos a los que pueden contemplarse en una central eléctrica convencional que quema carbón o petróleo.

Se consigue que la radiación solar caliente a alta temperatura un fluido primario (el fluido caloportador). Este fluido transmite el calor a un circuito secundario por el que circula un segundo fluido que, tras transformarse en vapor por la acción del calor, pone en marcha una turbina acoplada a un alternador.

En algunos casos, es el propio fluido primario el que, convertido en vapor, acciona la turbina. Generalmente, todas estas instalaciones solares tienen incorporado un

dispositivo que permite almacenar una cierta cantidad de energía en forma de calor para disminuir en lo posible las oscilaciones que puede presentar la radiación solar.

Hay diversos tipos de centrales solares basadas en este principio. Las hay de caldera única, de receptores distribuidos, de discos parabólicos, etc. No obstante, las más extendidas son las centrales solares termoeléctricas de receptor central. En ellas, la radiación solar incide en un "campo de heliostatos" (Figura 2.21).

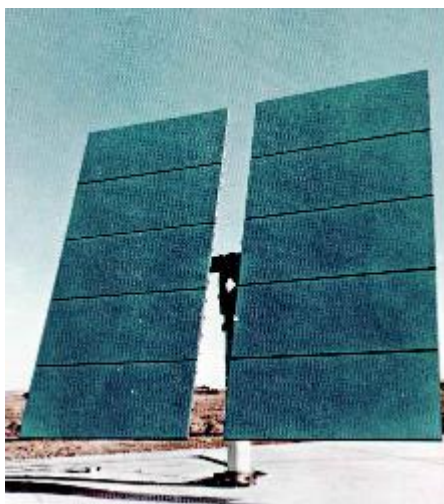


Figura 2.21. Heliostato

Este es una amplia superficie cubierta de grandes espejos (heliostatos) que concentran la radiación solar captada en un receptor. Los sistemas más comunes de este tipo tienen el receptor instalado en una torre, por lo que reciben el nombre de centrales solares de tipo torre central (Figura 2.22).

Los heliostatos constan de una estructura soporte y de una superficie reflectante. Asimismo, tienen incorporados unos mecanismos que permiten que la superficie reflectante se mueva según dos ejes de giro, de modo que pueda captar de la mejor forma y en cada momento la radiación solar y concentrarla en el receptor instalado en la torre. Para mover los heliostatos, se utilizan medios electrónicos: cada espejo recibe periódicamente las órdenes que emite un programa incorporado a un ordenador central. El receptor tiene una serie de tubos por los que circula un fluido primario (agua, sodio, sales fundidas, aire,..., depende de la instalación) que transmite la energía recibida a un fluido secundario que, convertido en vapor, acciona una turbina. En algunas instalaciones, es el propio fluido primario quien, convertido en vapor por efecto de la radiación solar, acciona directamente la turbina, sin necesidad del fluido secundario. En determinadas centrales, el fluido

primario transmite la energía previamente al dispositivo de almacenamiento, y luego se sigue el ciclo termodinámico habitual.



Figura 2.22. Central solar de tipo torre central

2.6.1. DISPOSITIVOS DE CONCENTRACIÓN SOLAR.

Existen muchas aplicaciones, sobre todo a nivel industrial, donde se necesita que la energía sea liberada a altas temperaturas. Esto no se puede lograr con los colectores solares planos o de vacío debido a las características propias de este tipo de colectores y a que la radiación solar es una energía de baja intensidad.

Aún sin concentración, para aplicaciones que requieren entre 80 y 120 °C, existen los colectores de vacío que suelen emplear una superficie de captación formada por una serie de tubos con aletas, recubiertos de una superficie selectiva y circulando el fluido caloportador en su interior.

Nota importante.- Para alcanzar mayores temperaturas (entre 120 °C y más de 1000 °C), resulta imprescindible concentrar la radiación solar mediante procedimientos ópticos.

Hay una gran variedad de sistemas de concentración solar. Estos sistemas pueden clasificarse atendiendo a diferentes soluciones técnicas de cada componente: elementos ópticos, receptor, módulo y sistemas de seguimiento.

2.6.2. TIPOS DE COLECTORES CONCENTRADORES.

Los colectores concentradores pueden clasificarse en función de los siguientes conceptos:

- Principio óptico.
- Forma del foco.
- Razón geométrica de concentración / ángulo de aceptación.

➤ PRINCIPIO ÓPTICO.

Para concentración se han desarrollado y probado concentradores basados en varios principios ópticos:

- **Concentradores por refracción (lentes).**- Los concentradores por refracción pueden ser de tipo de lentes clásicas o de tipo Fresnel. Las lentes de tipo Fresnel se realizan proyectando la superficie de la lente sobre un plano o superficie curvada, de forma que los rayos encuentran la misma forma que en las lentes convencionales y, en consecuencia, son refractados de la misma forma.

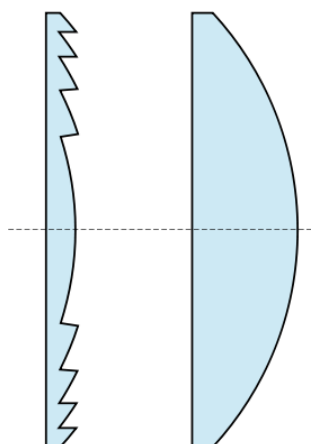


Figura 2.20. Lentes Tipo Fresnel, lente tradicional

Las lentes de tipo Fresnel tienen menor coste y peso que las lentes convencionales.

- **Concentradores por reflexión (espejos).**- El colector/concentrador está formado por una superficie reflectora (espejo, aluminio anodizado, etc.) usualmente de forma parabólica (continua o facetada), que recibe los rayos solares y que a merced de la propiedad de la parábola que dice que cuando los rayos son paralelos al eje de la misma se concentran en el foco de ella, dichos rayos inciden en un elemento receptor ubicado en el foco, que contiene el fluido a calentar.
- **Luminiscentes.**- Los concentradores luminiscentes son dispositivos ópticos “non-imaging” para captar y concentrar luz., basados en un elemento óptico plano, normalmente un plástico transparente al que se ha añadido un pigmento luminiscente durante su proceso de fabricación. Los fotones incidentes son absorbidos a nivel molecular por este pigmento. Entonces los centros luminiscentes emiten isotrópicamente nuevos fotones, de los cuales la mayoría quedan atrapados en la matriz plana debido a un fenómeno de reflexión total interna tal y como funciona la fibra óptica.

El principio de luminiscencia permite además desplazar el espectro solar hacia longitudes de onda más altas y hacerlo así mas adecuado a la respuesta espectral de las células FV.

- **Holográficos.**- Los concentradores holográficos permiten obtener simultáneamente concentración y división del haz de luz mediante efectos de difracción. Solamente los hologramas hechos de materiales fotosensibles y altamente transparentes son capaces de alcanzar buenas transmisividades. La limitación de estos concentradores es que solo concentran una banda pequeña de longitudes de onda, usualmente en torno a los 100 nm, el resto de las longitudes de onda son transmitidas sin ser concentradas.

➤ **FORMA DEL FOCO.**

En función de la forma del foco, los colectores concentradores pueden ser:

- **Concentradores de “foco puntual” o simetría rotacional.-** Estos concentradores enfocan la radiación solar sobre un punto o pequeña zona central con una simetría de revolución. Concentradores de este tipo pueden obtenerse por revolución de simetrías bidimensionales (por ejemplo paraboloides de revolución -como giro de una parábola sobre su eje-).
- **Concentradores de “foco lineal” o lineales.-** Concentran la radiación solar sobre una línea. Tienen una simetría lineal. Concentradores de este tipo pueden obtenerse mediante proyección lineal de diseños bidimensionales (por ejemplo desplazando linealmente una parábola).

El índice de concentración para colectores de revolución es mucho mayor que para colectores cilíndricos.

- **Receptor plano y concentrador-reflector plano.-** Tiene un bajo índice de concentración, inferior a 4; se aprovecha en el receptor parte de la componente solar difusa (es la radiación procedente de toda la bóveda celeste, excepto la que llega del sol) incidente sobre el colector.
- **Receptor cilíndrico y concentrador-reflector cónico.-** Se mejoran las características de concentración del caso anterior.
- **Receptor cilíndrico y concentrador-reflector esférico.-** Se mejoran las características de concentración de los casos anteriores.
- **Concentrador-reflector tipo paraboloide de revolución.-** Permite obtener relaciones de concentración muy elevadas, lo que a su vez implica elevadas temperaturas; una modificación del mismo introduce un segundo reflector que permite llevar al foco a otra posición más conveniente.

2.6.3. RAZÓN DE CONCENTRACIÓN.

La razón de concentración de un concentrador es el cociente entre el área de apertura del colector/concentrador y el área del receptor -situado en la zona de enfoque-. El flujo solar incidente en la apertura solar tiene la densidad de la radiación directa normal, la razón de concentración suele expresar el “numero de soles” o número de veces que se ha concentrado el flujo de radiación directa normal incidente.

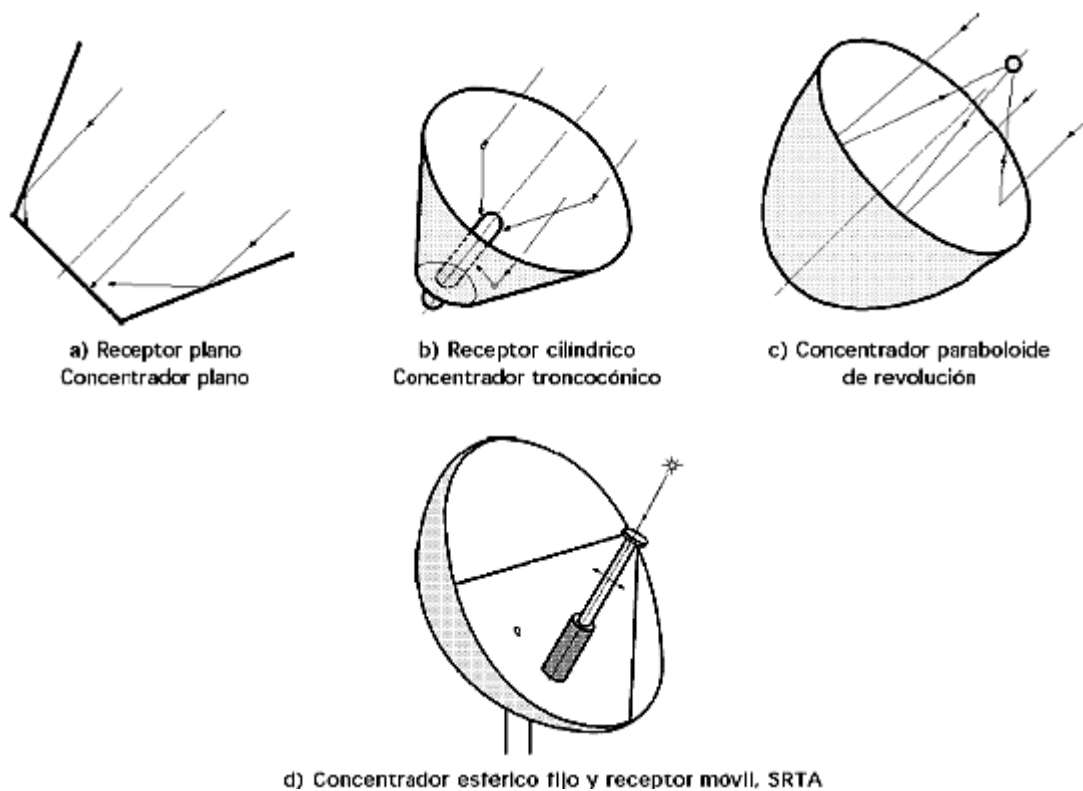


Figura 4. Algunas configuraciones sistemas de concentración (b, c, d foco casi puntual)

El rango de razones de concentración obtenible con concentradores solares está entre 1,5 y unos 10.000, dependiendo del tipo de sistema óptico y de la forma del foco, por ejemplo:

- Los concentradores estáticos (sin seguimiento) están limitados a concentraciones máximas de unos 10 soles.
- Las lentes quedan limitadas a concentraciones de unos 500 soles debido a la dispersión de la luz.
- Los sistemas de foco lineal (usualmente con seguimiento en un eje) permiten alcanzar concentraciones entre 15 y 60 soles.
- Los sistemas de helióstatos con receptor en torre central permiten alcanzar concentraciones de hasta 1.500 soles y picos de 2.500, aunque suelen trabajar con intensidades de flujo medias de unos 300-500 soles.
- Los sistemas de disco parabólico permiten alcanzar concentraciones de hasta 5.000 soles.

- Los hornos solares, utilizando al menos una reconcentración, pueden alcanzar hasta los 10.000 soles.

El límite termodinámico de concentración solar (sin cambio de medio o índice de refracción en la propagación de la luz) está en obtener un flujo de radiación en el receptor igual al flujo efectivo con el que el sol emite la radiación desde su superficie (2º principio de la termodinámica) lo cual ocurre a unos 46000 soles.

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA SOLAR PARA AGUA CALIENTE SANITARIA EN LA CIUDAD DE CUENCA.

Introducción.- El diseño del colector solar de tubos de vacío está basado en un análisis previo de un colector solar del mismo tipo que se encuentra instalado y funcionando en la Universidad Politécnica Salesiana de Cuenca y que es parte del proyecto de investigación “Evaluación y caracterización de colectores solares para agua caliente sanitaria en la ciudad de Cuenca” desarrollado por un grupo de investigación de la universidad. Esto se realiza con el fin de conocer la eficiencia de trabajo de este colector y realizar un análisis, con el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo de este equipo.

Se parte de los valores meteorológicos y de temperatura obtenidos en el proyecto de investigación antes mencionado y se realiza un análisis estadístico para determinar los valores promedio con los cuales se puede realizar un cálculo para obtener la eficiencia de trabajo. Obtenida la eficiencia, se procede a investigar la influencia de la inclinación de los tubos de vacío en el equipo para luego proponer un diseño del colector sustentado con los análisis pertinentes que garanticen funcionalidad.

Descripción del Proyecto de Investigación.- Para desarrollar el diseño del sistema se requieren datos meteorológicos del sector de emplazamiento y condiciones de temperatura. Al no existir para el Ecuador un mapa solar que establezca con certeza estos parámetros, se utilizarán los datos medidos en el proyecto de investigación antes mencionado.

Nuestra institución en su afán de incentivar la investigación, ha designado fondos anuales para llevar a cabo proyectos de carácter investigativo, que tienen, en parte, la misión de apoyar al desarrollo de las energías alternativas en nuestro país.

Con este proyecto se pretende evaluar un colector solar de tubos de vacío, tomando datos meteorológicos y de temperaturas del agua a la entrada y salida del colector; con el objetivo de validar la efectividad de este tipo de equipos en la ciudad de Cuenca y tener además un registro histórico de datos meteorológicos que podrán servir para un futuro.

En las instalaciones del “Tecniclub” en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, se encuentra emplazado un colector solar para agua caliente sanitaria de tubos de vacío, que abastece a las duchas de los camerinos, desde junio del 2009. Desde entonces se está recogiendo datos de: velocidad de viento, radiación solar, humedad relativa, temperatura ambiente, temperatura del agua al ingreso del colector (T1), temperatura del agua a la salida del colector (T2), temperatura de calentamiento o ΔT (T2-T1) y la temperatura del agua en las duchas.

Todos estos datos tabulados se recogieron en el periodo comprendido entre el 9 de Junio al 18 de Septiembre del 2009 y se presentan en el anexo “A”.

3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS METEOROLÓGICOS.

Cuando se trata de estudios meteorológicos, se recomienda el uso del método de distribución de frecuencias para el cálculo de la media, por lo que permite procesar la información con mucha facilidad cuando se cuenta con una cantidad de datos muy amplia.

En este método se agrupan los datos en diferentes clases o intervalos, y al dividir cada frecuencia de clase entre el número total de observaciones, se obtiene la proporción del conjunto de observaciones en cada una de las clases.

Esta manera de tabular los datos permite obtener resultados más claros de la frecuencia con la que un dato se ha presentado en el mes registrado, se va a tomar como ejemplo los datos registrados de velocidad de viento en un lugar X. En la columna izquierda de la tabla se coloca las horas de un día y en la primera fila el intervalo de clase, el cual consiste en dividir en intervalos iguales entre la medida máxima y mínima (Tabla 3.1).

La siguiente gráfica muestra la cantidad de horas durante las cuales un intervalo de velocidad de viento se encuentra presente. De esta forma se aprecia qué rangos de velocidades de viento son los más frecuentes durante el mes (Figura 3.1):

Con el valor de las horas se puede calcular la frecuencia que corresponde al porcentaje de cada intervalo de clase. Luego de esto se saca la marca de clase, que se obtiene sumando los valores de cada intervalo de clase y dividiendo para dos. El producto lo obtenemos de multiplicar el valor de las horas con la marca de clase.

Tabla 3.1: Cartilla de datos de velocidad de viento

hours	V<2m/s	<3m/s	<4m/s	<5m/s	<6m/s
1	I	III	IIII IIII II	IIII II	IIII IIII I
2	I	II	IIII III	IIII I	IIII II
3	I		IIII	IIII	IIII
4		I	IIII	IIII	IIII I
5		I	IIII I	IIII I	I
6					IIII
7			I	I	
8			II	II	II
9			I	I	I
10			I	I	IIII
11					IIII
12					
13					
14					
15					I
16					
17					I
18					
19					
20					
21					
22					I
23					
24					

Fuente: NAHUI, Johnny, Ph.D, Fundamentos de energía eólica.

interval (m/s)	hours/ month
0-1	0
1-2	6
2-3	13
3-4	32
4-5	70
5-6	120
6-7	126
7-8	56
8-9	89
9-10	81
10-11	64
11-12	42
12-13	11
13-14	9
14-15	1
Total	720

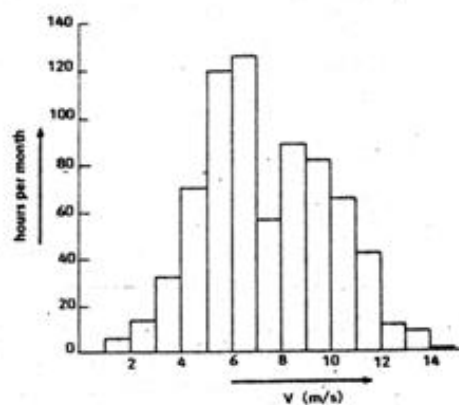


Figura 3.1. Distribución de frecuencias (Izquierda), Histograma de frecuencias relativas (derecha)

Para obtener la media se divide la sumatoria de los productos para el número de horas evaluadas.

Para el cálculo de la varianza (medida cuadrática que informa de la media de distancias que tienen los datos respecto a su media aritmética) y de la desviación estándar (medida de dispersión de los datos hacia la media, a mayor valor, mayor dispersión) se utiliza las siguientes ecuaciones:

$$\text{Varianza} = \frac{\text{Suma de Cuadrados}}{N} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad (3.1)$$

$$\text{Desviación Standard} = \sqrt{\text{Varianza}} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (3.2)$$

Para el cálculo de todos estos datos, se ha utilizado el software Microsoft Excel, cuyas hojas de cálculo se encuentran en el anexo “B”. Todos estos resultados se muestran a continuación:

Tabla 3.2: Velocidad de viento (m/s)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
0.79	0.09	0.29

Tabla 3.3: Temperatura ambiente (°C)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
20.39	5.70	2.39

Tabla 3.4: Humedad Relativa (%)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
51.96	116.93	10.81

Tabla 3.5: Radiación Solar (W/m²)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
384.26	53301.31	230.87

Tabla 3.6: Temperatura del agua a la entrada del colector (°C)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
17.20	2.96	1.72

Tabla 3.7: Temperatura del agua a la salida del colector (°C)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
50	118.75	10.9

Tabla 3.8: Temperatura del agua a la salida de las duchas (°C)

Media (μ)	Varianza (σ^2)	Desv. Estan. (σ)
40	47.92	6.92

3.2. CÁLCULO DE PROBABILIDADES.

3.2.1. PROBABILIDAD UTILIZANDO LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL.

Esta distribución es la que permite determinar la densidad de probabilidades de la velocidad de viento. Cuando ($\mu < 7$ [m/s]) se utiliza la distribución de Weibull y cuando este valor supera este límite, es decir, ($\mu \geq 7$ [m/s]), entonces se utiliza la distribución de Rayleigh.

En nuestro caso, la velocidad media del viento es de 0.79 [m/s], por lo que se utilizará la distribución de Weibull para el cálculo de la probabilidad, cuya ecuación es la siguiente:

$$P(v) = \frac{k}{c} * \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} * e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k} \quad [^{10}] \quad (3.3)$$

de donde:

k = Factor de forma

c = Factor de escala

v = Velocidad media del viento [m/s]

Para obtener el valor de c , existe una regla en la cual dice que, para $v < 7$ [m/s], entonces $c = v$. Para encontrar el factor de forma se utiliza la siguiente ecuación:

$$k = a\sqrt{v} \quad (3.4)$$

¹⁰ NAHUI, Johnny, Ph.D, Fundamentos de energía eólica.

de donde, α es un valor que depende de la forma del terreno, se puede verificar en la Tabla 3.9:

Tabla 3.9: Tabla de valores para α .

Tabla de clases y de longitudes de rugosidad.			
Clase de rugosidad	Longitud de rugosidad [m]	Índice de energía [%]	Tipo de paisaje
0	0.0002	100	Superficie del agua
0.5	0.0024	73	Terreno completamente abierto con una superficie lisa, ej: pistas de hormigón en los aeropuertos, césped cortado, etc.
1	0.03	52	Área agrícola abierta sin cercados ni setos y con edificios muy dispersos. Sólo colinas suavemente redondeadas.
1.5	0.055	45	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 1250 metros.
2	0.1	39	Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 metros.
2.5	0.2	31	Terreno agrícola con muchas casas, arbustos y plantas, o setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 250 metros.
3	0.4	24	Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosques y terreno accidentado y muy desigual.
3.5	0.8	18	Ciudades más grandes con edificios altos
4	1.6	13	Ciudades muy grandes con edificios altos y rascacielos.

Fuente: Asociación Danesa de la Industria Eólica, 2001

El valor que corresponde al lugar de emplazamiento del colector solar en la ciudad de Cuenca es $\alpha = 3.5$.

Reemplazando en la ecuación (3.4) se tiene:

$$k = 3.5\sqrt{0.79}$$

$$k = 3.11$$

Como ya se observó anteriormente, el factor de escala es igual a la velocidad media, es decir 0.79 [m/s], entonces se reemplaza este valor en la ecuación (3.3) y tenemos:

$$P(v) = \frac{3.11}{0.79} \left(\frac{v}{0.79} \right)^{3.11-1} e^{-\left(\frac{v}{0.79} \right)^{3.11}}$$

Esta ecuación permite encontrar la probabilidad de que un valor de velocidad de viento se pueda dar (Figura 3.2).

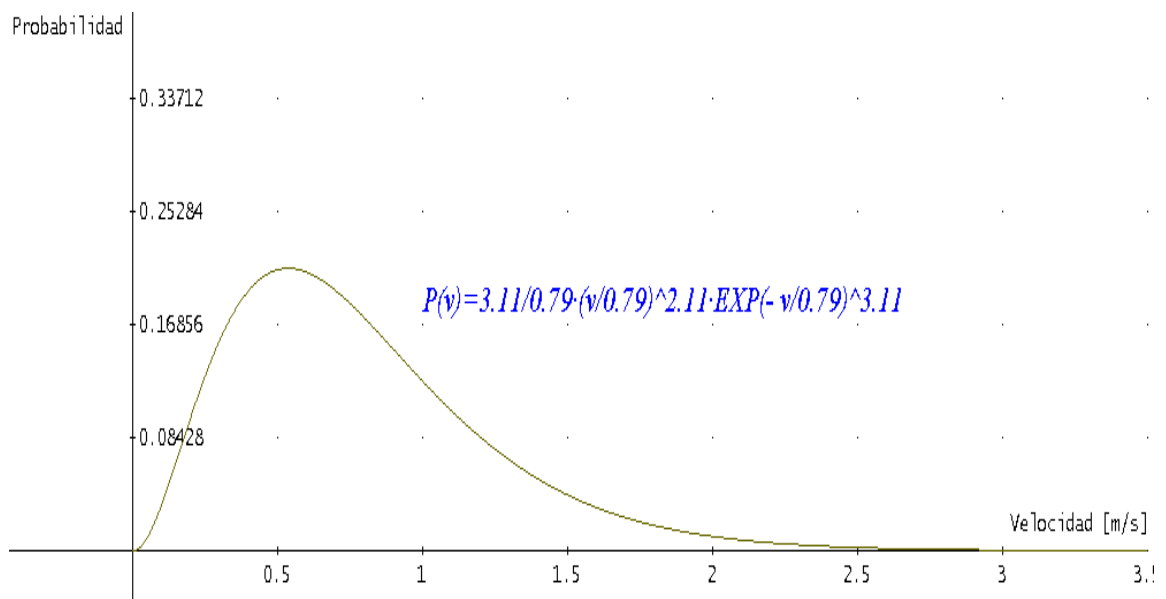


Figura 3.2. Distribución de densidad de probabilidades

3.2.2. PROBABILIDAD UTILIZANDO LA DISTRIBUCIÓN NORMAL.

Para calcular la probabilidad de los demás parámetros meteorológicos se va a utilizar el método de la distribución normal, el mismo que está considerado como el método más importante en todo el campo de la estadística. Su gráfica que se denomina curva normal, es la curva con forma de campana (Figura 3.3), la cual describe aproximadamente muchos fenómenos que ocurren en la naturaleza, la industria y la investigación. Las mediciones físicas en áreas meteorológicas y mediciones de partes fabricadas se explican más que adecuadamente con una distribución normal. Además, los errores en las mediciones científicas se aproximan

extremadamente bien mediante una distribución normal¹¹. La ecuación de la distribución normal es:

$$P(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.5)$$

La gráfica de la distribución normal es la siguiente:

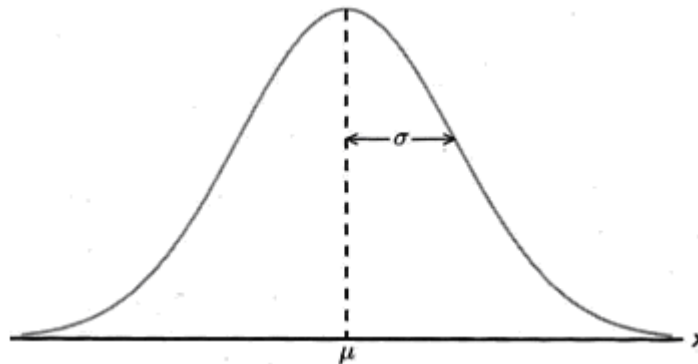


Figura 3.3. Curva Normal

La dificultad que se encuentra al resolver las integrales de funciones de densidad normal necesita de la tabulación de las áreas de la curva normal para una referencia rápida, para lo cual transformaremos todas las observaciones de cualquier variable aleatoria normal X con media 0 y varianza 1. Esto se puede realizar mediante la transformación:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (3.6)$$

La distribución de una variable aleatoria normal con media 0 y varianza 1 se llama distribución normal estándar (Figura 3.4). La ecuación que define la distribución normal estándar es:

$$P(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (3.7)$$

¹¹ WALPOLE, Ronald y MYERS, Raymond, “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias”, Editorial Pearson Educación, Octava edición, pag 172.

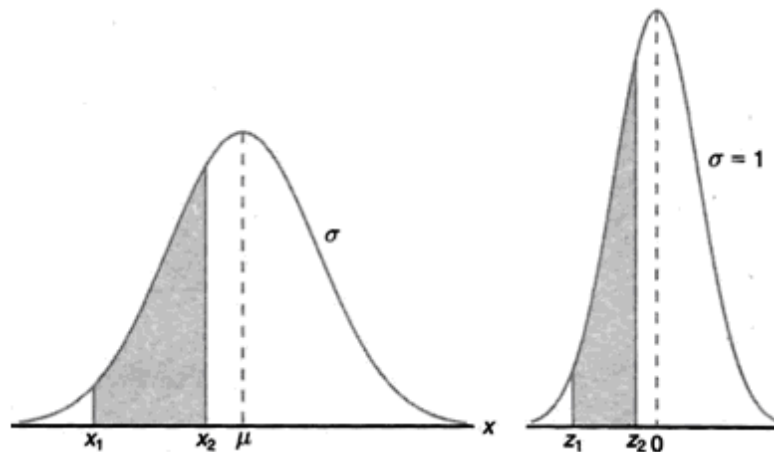


Figura 3.4. Distribuciones: normal original y transformada

- **Probabilidad de la temperatura ambiente.**

Se utiliza la ecuación (3.6), para lo cual $X = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$, debido que, interesa saber el porcentaje de que la temperatura sea mayor a este valor, que es cuando se va a dar una mayor captación solar.

$$Z = \frac{18 - 20.39}{2.39}$$

$$Z = -1$$

Para $(Z > -1) = (X > 18)$, se busca el valor de la probabilidad, que es el área bajo la curva en la tabla A3 del libro de Walpole (anexo "C1").

$$P(X > 18) = P(Z > -1) = 1 - 0.1587 = 0.8413$$

Que corresponde al 84.13 % de que la temperatura ambiente sea mayor que $18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- **Probabilidad de la humedad relativa.**

La humedad relativa, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura¹².

¹² Microsoft Encarta 2008. Microsoft Corporation 1993-2007

Se determina $X = 60 \%$, debido que, a mayor humedad, mayor temperatura en la noche, es decir, la humedad actúa como una barrera en la trayectoria infrarroja que proviene de la Tierra y, como consecuencia, retarda el proceso de enfriamiento del clima en la noche por ausencia del sol.

$$Z = \frac{60 - 51.79}{10.81}$$

$$Z = 0.76$$

Ahora se va a calcular la probabilidad de que la humedad relativa sea $X \geq 60$. Entonces para $(Z < 0.76) = (X < 60)$, se busca el valor de la probabilidad, que es el área bajo la curva en la tabla A3 del libro de Walpole (anexo "C1").

$$P(X > 51.96) = P(Z > 0.76) = 1 - 0.7764 = 0.2236$$

Que corresponde al 22.36 % de que la humedad relativa sea mayor que 60 %, por lo que podemos decir que Cuenca tiene una humedad relativa muy baja.

- **Probabilidad de la radiación solar.**

Se escoge $X = 300 \text{ W/m}^2$, porque a medidas de radiación mayores a este valor, habrá un mayor calentamiento del agua en el colector.

$$Z = \frac{300 - 384.26}{230.87}$$

$$Z = -0.36$$

Para $(Z > -0.36) = (X > 300)$, se busca el valor de la probabilidad, que es el área bajo la curva en la tabla A3 del libro de Walpole (anexo "C1").

$$P(X > 300) = P(Z > -0.36) = 1 - 0.3594 = 0.6406$$

Que corresponde al 64.06 % de que la radiación solar sea mayor que 300 W/m^2 .

3.3 CALCULO DE LA EFICIENCIA DEL COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO.

Para calcular la eficiencia del colector solar (Figura 3.5), es indispensable conocer las características de este equipo:



Figura 3.5. Colector solar de tubos de vacío

Especificaciones Técnicas:

- **Tanque de almacenamiento:** Capacidad 130 litros, aislamiento interno: poliuretano de 5.5 cm. de espesor.
- **Tubos al vacío:** Cantidad: 24, diámetro exterior del tubo: 0.47 cm., diámetro interior del tubo 0.37 cm., largo: 150 cm.
- **Interior de Tanque:** Plancha de acero inoxidable SUS304 / 2B, espesor: 0,4 mm., diámetro: 310 mm.
- **Exterior de Tanque:** Plancha de acero pintado, espesor: 0,35 mm., diámetro: 420 mm., longitud: 1.7 m.

Para realizar el cálculo se va a tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El área de captación en el tubo de vacío, es la periferia del tubo interior (Figura 3.8), debido que es ahí donde se va a calentar el agua, el tubo exterior únicamente mantiene el vacío para que no exista pérdidas por

conducción o convección y que las pérdidas por radiación sean mínimas; su superficie siempre está por debajo de la temperatura ambiente;

- Las superficies comunes, como la hierba, los árboles, las rocas y el concreto reflejan alrededor del 20 % de la radiación. Tomando en cuenta que el colector se encuentra sobre una terraza de concreto, el espacio entre tubo y tubo debería considerarse para el cálculo, pero trabajando sólo con el 20% de la radiación total. Realmente esta consideración debería hacerse sólo para el momento en que el Sol se encuentre totalmente perpendicular al colector, pero, como eso duraría sólo un momento al medio día, entonces se desprecia ese valor.

Los colectores solares térmicos son dispositivos capaces de captar radiación solar y comunicársela a un fluido (agua en nuestro caso), para su posterior aprovechamiento. Para poder conocer la eficiencia del colector solar que es base de nuestro estudio, hay que considerar algunos factores:

- El recurso energético o radiación solar con que se cuenta en el sitio donde va a ser emplazado el colector.
- Propiedades físicas de los tubos de vacío: absorptividad y emisividad en la placa captadora de nitrato de aluminio que se encuentra adherida a los tubos interiores y transmisividad solar y emisividad de los tubos de vidrio externos de borosilicato.

En estado estable, el funcionamiento de un colector de tubos de vacío se puede describir mediante el siguiente balance de energía:

$$Q_{incid} = Q_u + Q_L + \frac{du}{dt} \quad (3.8)$$

de donde Q_{incid} , es el calor total incidente absorbido por el colector, Q_u , es la energía útil que se transmite al fluido, Q_L , las pérdidas de calor hacia los alrededores por radiación, convección y conducción, du/dt , es la rapidez del cambio de energía interna almacenada en el colector que generalmente se la desprecia por ser un valor muy pequeño.

Las pérdidas que existen en el colector se muestra en la Figura 3.6, cabe señalar que en los tubos de vacío sólo existe pérdidas por radiación, más no por

conducción y convección, esto se debe a la función que cumplen la placa de absorción y el vacío entre los dos tubos. El tanque de almacenamiento presenta pérdidas por conducción, convección y radiación.

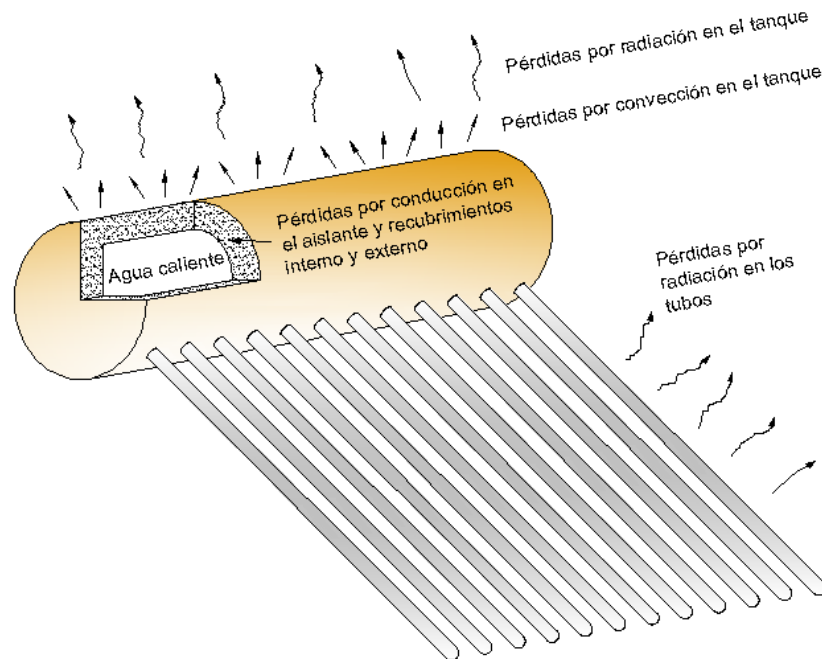


Figura 3.6. Pérdidas de calor en el colector solar

El calor incidente real sobre la placa colectora se lo puede calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_{incid} = I_p \alpha_s A \quad (3.9)$$

donde I_p , es la irradiancia promedio, α_s es el factor de corrección que determina el porcentaje de la radiación incidente que llega a la placa colectora y es igual:

El valor promedio de la radiación solar en la ciudad de Cuenca es de 384.26 W/m^2 , siendo este el valor de I_p . Este valor es tomado del análisis estadístico de los datos meteorológicos que vimos al inicio de este capítulo, el rango es entre 315 y 454 W/m^2 .

$$\alpha_s = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho_d} \quad (3.10)$$

donde, α es la absorptividad de la placa de absorción de nitrato de aluminio y es igual a $\alpha = 0.99$ y su emisividad $\varepsilon_p = 0.1$; τ es la transmisividad de los tubos de

vidrio de borosilicato y es igual a $\tau = 0.74$ y tienen una emisividad $\varepsilon = 0.88$; ρ_d , es la reflectancia difusa, la misma que para tubos de vacío, es igual a $\rho_d = 0.16$.

Los tubos de vacío tienen una longitud de 1.50 m, pero se debe tomar en cuenta que, en la parte superior se encuentran empotrados en el tanque de almacenamiento y en la parte inferior están apoyados en el soporte, por lo que la longitud útil de captación es 1.40 m (Figura 3.7).

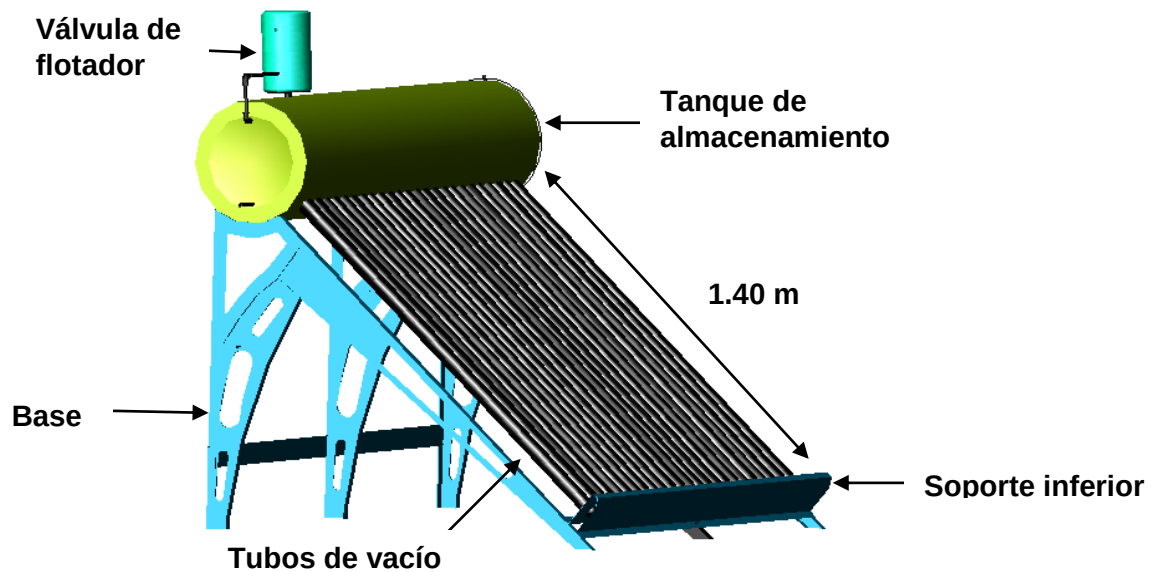


Figura 3.7. Colector solar

Ahora se determina el área total de captación A , la cual es la mitad de la periferia del tubo interno (Figura 3.8)

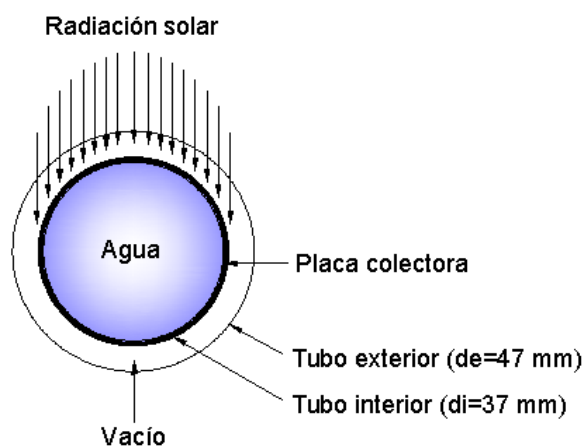


Figura 3.8. Esquema de un tubo de vacío

Tomando en cuenta la longitud útil de captación (1.4 m), el diámetro del tubo interno ($d = 37$ mm) y la cantidad de tubos (24), reemplazamos para calcular la superficie útil de captación:

$$A = \frac{d * \pi * L * 24}{2}$$

$$A = \frac{0.037m * \pi * 1.4 * 24m}{2}$$

$$A = 1.95[m^2]$$

Reemplazando en la ecuación (3.10) y (3.9) se tiene:

$$\alpha_s = \frac{0.74 * 0.99}{1 - (1 - 0.99)0.16}$$

$$\alpha_s = 0.7337$$

$$Q_{incid} = 384.26 * 0.7337 * 1.95$$

$$Q_{incid} = 549.76[W]$$

Siendo este el valor del calor total incidente absorbido por el colector.

Para calcular las pérdidas, tomamos en consideración la figura 3.6, en donde se explica el tipo de pérdidas que se dan en el colector. La ecuación para el cálculo de Q_L es la siguiente:

$$Q_L = Q_{TUBOS} + Q_{TANQUE} \quad (3.11)$$

donde, Q_{TUBOS} son las pérdidas que se dan en los tubos de vacío, que como ya se observó anteriormente, sólo serán por radiación; Q_{TANQUE} son las pérdidas que se producen en el tanque de almacenamiento por conducción, convección y por radiación.

- **Pérdidas por radiación en los tubos de vacío.**

Para determinar la pérdida por radiación en los tubos utilizamos la siguiente ecuación:

$$Q_{TUBOS} = Urad_{tubos} A (T_p - T_a) \quad (3.12)$$

donde, $Urad_{tubos}$ es el coeficiente de pérdidas de calor por radiación, A es el área de captación de los tubos (la mitad de la periferia) calculada anteriormente, T_p es la temperatura promedio de la placa de absorción, que en este caso vamos asumir que es la temperatura media del agua a la salida del colector más el 10% que se

considera en pérdidas, es decir $T_p = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$, este valor es asumido debido que sería imposible tomar el dato exacto de la temperatura en la placa de absorción, porque el tubo está completamente sellado, T_a es la temperatura media del ambiente en el sitio del emplazamiento $T_a = 20.4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para el cálculo de $Urad_{tubos}$, se va a utilizar la ecuación que propuso Lein (1973)¹³, empíricamente, y tenemos:

$$Urad_{tubos} = \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{\frac{1}{\varepsilon_p + 0.0425N(1 - \varepsilon_p)} + \frac{2N + f - 1}{\varepsilon_{cristal}} - N} \quad (3.13)$$

donde, N es el número de cubiertas (para los tubos de vacío es igual a 1), f , es el factor de incidencia del viento sobre el colector, ε_p es la emisividad en la placa de absorción, $\varepsilon_{cristal}$ es la emisividad en los tubos de vacío.

El factor de incidencia del viento se calcula con la siguiente ecuación:

$$f = [1 - 0.04h_{viento} + 5 \times 10^{-4}(h_{viento})^2] * (1 + 0.058N) \quad (3.14)$$

$$h_{viento} = 5.7 + 3.8u \quad (3.15)$$

donde u es la velocidad media del viento en [m/s], que en nuestro caso es de 0.79 m/s.

σ , es la constante de Stefan Boltzman $5.67 \times 10^{-8} \text{ [W/m}^2\text{k}^4\text{]}$.

Reemplazando todos estos valores en las ecuaciones 3.15, 3.14 y 3.13 se tiene:

$$h_{viento} = 5.7 + 3.8(0.79)$$

$$h_{viento} = 8.702 \text{ [m / s]}$$

$$f = [1 - 0.04(8.702) + 5 \times 10^{-4}(8.702)^2] (1 + 0.058(1))$$

$$f = 0.72979 \approx 0.73$$

¹³ JANSEN, Ted J, "Solar Engineering Technology", Editorial/ production supervision: Albert Boddy and Barbara Palambo, pag 13-62,154-165.

$$Urad_{tubos} = \frac{5.67 \times 10^{-8} (55 + 20.4)(55^2 + 20.4^2)}{\frac{1}{0.1 + 0.0425(1)(1 - 0.1)} + \frac{2(1) + 0.73 - 1}{0.88} - 1}$$

$$Urad_{tubos} = 0.0018 \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right]$$

Este valor es el coeficiente de pérdidas por radiación en los tubos de vacío, para obtener el valor de las pérdidas se utiliza la ecuación (3.12):

$$Q_{TUBOS} = 0.0018 * 1.95(55 - 20.4)$$

$$Q_{TUBOS} = 0.121[W]$$

Ahora vamos a calcular las pérdidas de calor en el tanque Q_{TANQUE} . Como se observó en la figura 3.6, el tanque de almacenamiento tiene pérdidas por conducción, por convección y por radiación.

- **Pérdidas por conducción en el tanque de almacenamiento.**

Para obtener las pérdidas por conducción vamos a utilizar el método de Red de resistencias térmicas (Figura 3.9), en donde podemos notar que se realiza una analogía entre los conceptos de resistencias térmicas y eléctricas.

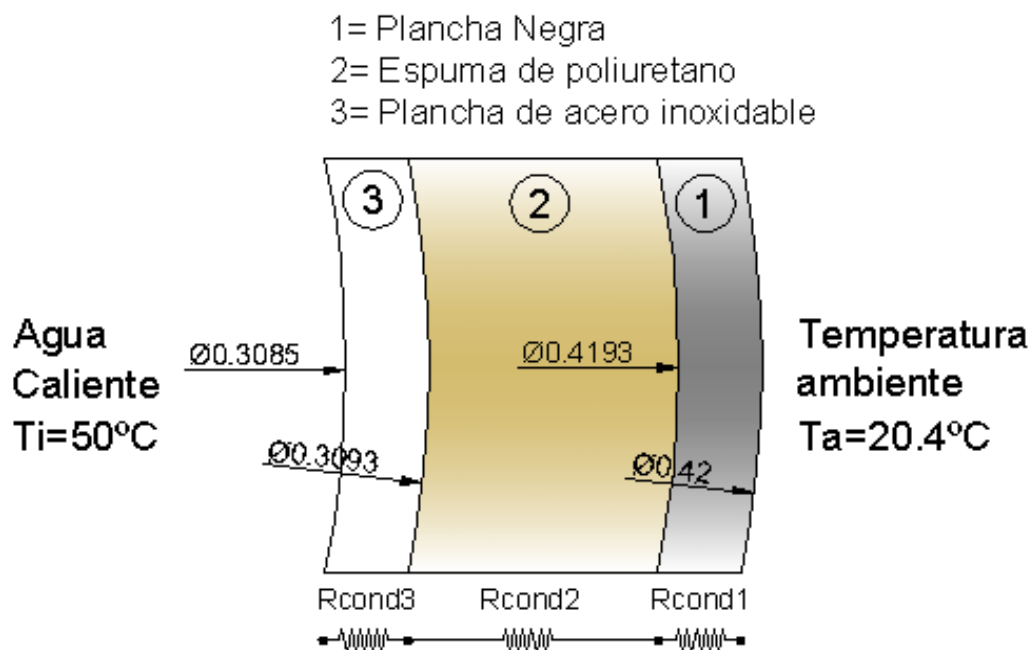


Figura 3.9. Red de resistencias térmicas (cilindro)

La ecuación para calcular la pérdida de calor por conducción en la periferia del tanque de almacenamiento es la siguiente:

$$Q_{CONDtanque} = \frac{T_i - T_a}{R_{total}} \quad (3.16)$$

donde, T_i es la temperatura interna y R_{total} es la resistencia térmica total, y es la suma de las resistencias térmicas por conducción en cada una de las capas y se calcula mediante la ecuación:

$$R_{total} = R_{cond1} + R_{cond2} + R_{cond3} \quad (3.17)$$

Se procede como siguiente paso a calcular las resistencias térmicas por conducción en la periferia del tanque de almacenamiento, es decir, en los recubrimientos interno y externo, y en el aislante, se utiliza la ecuación siguiente:

$$R_{cond} = \frac{\ln(D/d)}{2\pi Lk} \quad (3.18)$$

donde, D es el diámetro mayor de la capa que se esté analizando, d es el diámetro menor de la capa, L es la longitud del cilindro y k es el coeficiente de conductividad térmica de los materiales en las capas, que lo obtenemos interpolando los valores de la tabla del anexo "C4":

- Plancha negra: $k = 58.6 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$.
- Poliuretano expandido: $k = 0.023 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$.
- Plancha de acero inoxidable: $K = 15.75 \text{ [W/m}^\circ\text{C]}$.

Reemplazamos valores en la ecuación (3.18) y tenemos:

$$R_{cond1} = \frac{\ln(0.42/0.4193)}{2\pi * 1.7 * 58.6} = 2.6649 \times 10^{-6} [^\circ\text{C/W}]$$

$$R_{cond2} = \frac{\ln(0.4193/0.3093)}{2\pi * 1.7 * 0.023} = 1.2385 [^\circ\text{C/W}]$$

$$R_{cond3} = \frac{\ln(0.3093/0.3085)}{2\pi * 1.7 * 15.75} = 1.5394 \times 10^{-5} [^\circ\text{C/W}]$$

Se calcula la resistencia térmica total por conducción, para ello se utiliza la ecuación (3.17) y se tiene:

$$R_{totalP} = 2.6649 \times 10^{-6} + 1.2385 + 1.5394 \times 10^{-5}$$

$$R_{totalP} = 1.2385 [^{\circ}C / W]$$

Se utiliza la ecuación (3.16) para obtener el valor de las pérdidas de calor por conducción **en la periferia** del tanque de almacenamiento y se tiene:

$$Q_{Cp} = \frac{50 - 20.4}{1.2385}$$

$$Q_{Cp} = 23.9 [W]$$

Ahora se calcula la pérdida de calor por conducción en las tapas laterales del tanque de almacenamiento, de la misma forma utilizamos el método de Red de resistencias térmicas (Figura 3.10).

Para el cálculo de la pérdida de calor por conducción en las tapas laterales del tanque de almacenamiento utilizamos la misma ecuación que para cilindros, la única diferencia es que para obtener el valor de R_{total} tenemos otra consideración, al tener capas planas y no cilíndricas. La ecuación es:

$$R = \frac{e}{kA} \quad (3.19)$$

donde, e es el espesor de la capa que se esté analizando, k es el coeficiente de conductividad térmica de los materiales de las capas y A es el área de conducción de la capa.

El área se calcula con la ecuación normal de un círculo, entonces se tiene:

$$A = \pi * r^2$$

$$A = \pi * 0.21^2$$

$$A = 0.1385 (\text{por 2 tapas})$$

$$A = 0.277 [m^2]$$

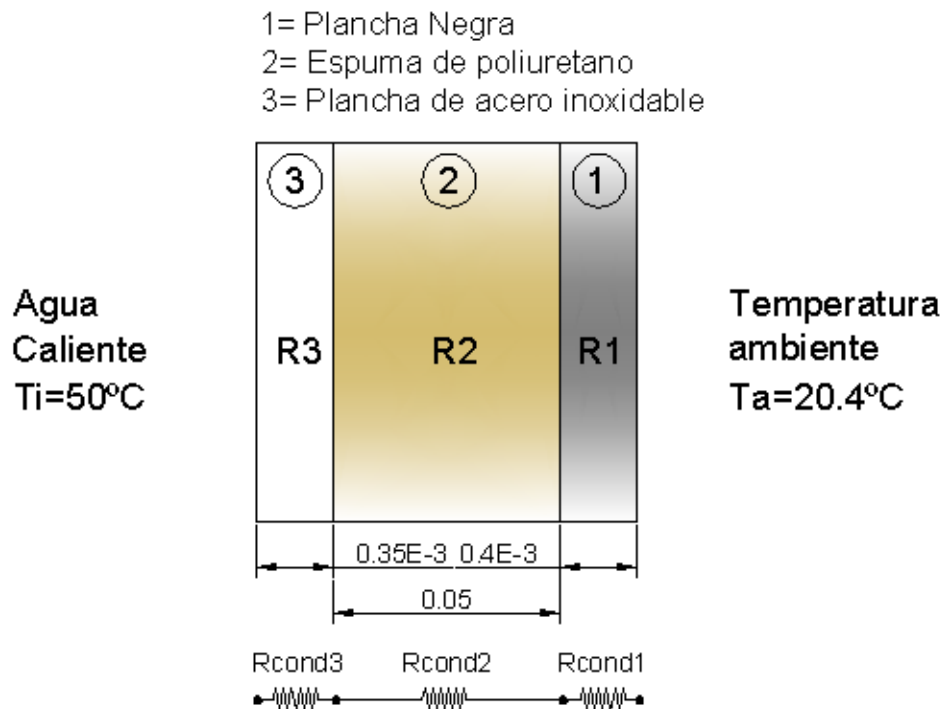


Figura 3.10. Red de resistencias térmicas (tapas)

Reemplazamos en la ecuación 3.19:

$$R_1 = \frac{0.35 \times 10^{-3}}{58.6 \times 0.277} = 2.1562 \times 10^{-5} [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

$$R_2 = \frac{0.055}{0.023 \times 0.277} = 8.6328 [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

$$R_3 = \frac{0.4 \times 10^{-3}}{15.75 \times 0.277} = 9.1685 \times 10^{-5} [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

Ahora se calcula la resistencia térmica total de pérdidas por conducción en las tapas laterales del tanque de almacenamiento (ecuación 3.17) y nos da:

$$R_{totalT} = 2.1562 \times 10^{-5} + 8.6328 + 9.1685 \times 10^{-5}$$

$$R_{totalT} = 8.633 [^{\circ}\text{C} / \text{W}]$$

Se utiliza la ecuación (3.16) para obtener el valor de las pérdidas de calor por conducción **en las tapas laterales** del tanque de almacenamiento y se tiene:

$$Q_{CT} = \frac{50 - 20.4}{8.633}$$

$$Q_{CT} = 3.43 [\text{W}]$$

Para obtener el valor total de pérdidas por conducción en el tanque de almacenamiento se suma las pérdidas en la periferia y en las tapas laterales y se tiene:

$$\begin{aligned}Q_{CONDtanque} &= Q_{CP} + Q_{CT} \\Q_{CONDtanque} &= 23.9 + 3.43 \\Q_{CONDtanque} &= 27.33[W]\end{aligned}$$

- **Pérdidas por convección en el tanque de almacenamiento.**

Para calcular la $Q_{conv_{tanque}}$ se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{conv_{tanque}} = hA_t(T_t - T_a) \quad (3.20)$$

donde, h es el coeficiente de transferencia de calor por convección en $[W/m^2\text{°C}]$, A_t es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, es decir, la superficie exterior del tanque y T_t es la temperatura en la superficie exterior del tanque (31 °C).

$$\begin{aligned}A_t &= 2\pi * r * L + 2\pi * r^2 \\A_t &= 2\pi * 0.21 * 1.7 + 2\pi * 0.21^2 \\A_t &= 2.52[m^2]\end{aligned}$$

Para el cálculo de h utilizamos la siguiente ecuación:

$$h = \frac{Nu * k}{D} \quad (3.21)$$

donde, k es el coeficiente de conductividad térmica del aire (Tabla 3.10), Nu es el número de Nusselt y D es el diámetro exterior del tanque de almacenamiento.

Para obtener las propiedades del aire, se procede a calcular la temperatura de película:

$$T_f = \frac{T_t - T_a}{2} \quad [^{14}] \quad (3.22)$$

¹⁴ CENGEL, Yunus A, “Transferencia de calor”, Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 459”

T_t es la temperatura en la superficie exterior del tanque (31 °C).

Reemplazando valores se tiene:

$$T_f = \frac{31 - 20.4}{2}$$

$$T_f = 25.7[^\circ \text{C}] = 298.85[\text{K}]$$

El coeficiente de expansión volumétrica que es igual a:

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (3.23)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$\beta = \frac{1}{298.85}$$

$$\beta = 3.3 \times 10^{-3} [\text{K}^{-1}]$$

Se busca en las tablas (anexo “C2”), los valores de conductividad térmica, viscosidad cinemática y el número de Prandtl. El valor de temperatura es un número decimal, por lo que se procede a realizar las interpolaciones para cada uno de los valores correspondientes y se tiene:

Tabla 3.10. Propiedades del aire

Conductividad Térmica (k) [W/m°C]	Viscosidad Cinemática (ν) [m ² /s]	Número de Prandtl (Pr)
0.025562	1.5684×10^{-5}	0.7294

El número de Nusselt se calcula con la siguiente ecuación:

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387(Ra)^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\} \quad [\text{anexo “C3”}] \quad (3.24)$$

donde, Ra es el número de Rayleigh y Pr es el número de Prandtl.

El número de Rayleigh, es el producto de los números de Grashof y Prandtl, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Ra = Gr Pr = \frac{g\beta(T_t - T_a)L_c^3}{\nu^2} Pr \quad (3.25)$$

donde, g es la aceleración gravitacional (9.8 m/s^2) y L_c es la longitud característica, cuyos datos se encuentran en el anexo “C3”, donde se tiene que $L_c = D$. Donde D es el diámetro exterior del tanque $D = 0.42$. Reemplazando valores se tiene:

$$Ra = Gr Pr = \frac{9.8 * 3.3 \times 10^{-3} (31 - 20.4)(0.42)^3}{(1.5684 \times 10^{-5})^2} * 0.7294$$

$$Ra = 7.53 \times 10^7$$

Reemplazando valores en la ecuación (3.22) y se tiene:

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387(7.53 \times 10^7)^{1/6}}{\left[1 + (0.559 / 0.7294)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}$$

$$Nu = 52.0685$$

Sustituyendo los valores en la ecuación (3.19) se tiene:

$$h = \frac{52.0685 * 0.025562}{0.42}$$

$$h = 3.169 [W / m^2 \text{ } ^\circ C]$$

Ahora se puede encontrar el valor de las pérdidas por convección del tanque de almacenamiento, se reemplaza valores en la ecuación (3.20):

$$Q_{conv_{tanque}} = 3.169(2.52)(31 - 20.4)$$

$$Q_{conv_{tanque}} = 84.65 [W]$$

- **Pérdidas por radiación en el tanque de almacenamiento.**

Para el cálculo de las pérdidas por radiación del tanque se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{rad_{tanque}} = \varepsilon A_t (T_t^4 - T_a^4) \quad (3.26)$$

donde, ε es la emisividad de la superficie del tanque y es igual a 0.20 y A_t es el área exterior del tanque de almacenamiento.

Reemplazando valores en la ecuación (3.26) se tiene:

$$Q_{rad_{tanque}} = 0.20 * 5.67 \times 10^{-8} * 2.52 * [(31 + 273.15)^4 - (20.4 + 273.15)^4]$$

$$Q_{rad_{tanque}} = 32.35[W]$$

Una vez que se tiene todos los valores de pérdidas, se reemplaza en la ecuación (3.11) y tenemos:

$$Q_L = Q_{TUBOS} + Q_{TANQUE}$$

$$Q_L = Q_{TUBOS} + (Q_{COND} + Q_{CONV} + Q_{RAD})$$

$$Q_L = 0.121 + (27.33 + 84.65 + 32.35)$$

$$Q_L = 144.45[W]$$

Calculado el valor total de las pérdidas Q_L , se procede a calcular la energía útil que el colector transmite al fluido Q_u , despejando de la ecuación (3.8) del balance de energía, pues ya se conoce el valor del calor total incidente absorbido por el colector Q_{incid} . Entonces:

$$Q_{incid} = Q_u + Q_L$$

$$Q_u = Q_{incid} - Q_L$$

$$Q_u = 549.82 - 144.45$$

$$Q_u = 405.37[W]$$

El objetivo de todo este cálculo es llegar a obtener el porcentaje de eficiencia del colector solar de tubos de vacío, para lo cual se va a utilizar la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_{incid}} \quad (3.27)$$

Sustituyendo valores, se tiene:

$$\eta = \frac{405.37}{549.82}$$

$$\eta = 0.73 \approx \underline{73\%}$$

Con este resultado se puede concluir que el colector que está siendo objeto de nuestro estudio se encuentra trabajando con una eficiencia promedio de 73%; cifra que demuestra que este tipo de colectores, aunque son más costosos, tienen mejores resultados en comparación con los de placa plana, de los cuales ya se han hecho estudios y nos ofrecen una eficiencia del 50%, en los casos más generales.

3.4. DISEÑO DE UN COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO.

Para un mejor funcionamiento del calentador, es decir, alcanzar la máxima captación solar, sería necesario que los tubos colectores se ubiquen de tal manera que los rayos solares incidan perpendicularmente sobre ellos (Figura 3.12).

Sin embargo, como el colector va a estar fijo a una estructura, y la inclinación de los rayos varía en el transcurso del día y con el cambio de las estaciones, entonces es imposible que el colector esté siempre perpendicular a los rayos solares. Para maximizar la radiación se debe conocer la geometría del movimiento solar, y estimar la localización promedio del sol según el tiempo del día y del año en que se utilizará el colector.

Como ya se observó en el capítulo II, los colectores solares deben estar ubicados según la latitud en donde se quiera emplazar el sistema, si se está en el norte, el colector tiene que estar orientado hacia el sur y si se está en el sur orientado hacia el norte (Figura 3.11).

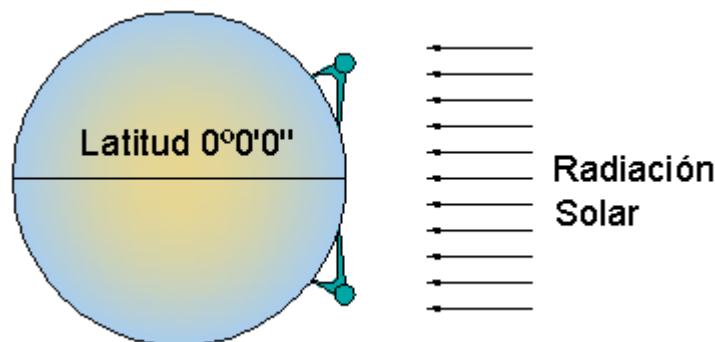


Figura 3.11. Captación solar

Para una captación total de la radiación solar, el colector debería estar en posición horizontal, pero se tendría dificultad con el efecto termosifón, que nos permite la circulación natural dentro del colector. El ángulo correcto para una mejor captación y para poder mejorar el efecto termosifón, determinado mediante pruebas, es de 15 a 20 grados, con respecto a la horizontal, pero tomando en cuenta la corrección por la latitud de ubicación, es decir, se debe sumar el ángulo de latitud¹⁵.

¹⁵ Documento del seminario “Las aplicaciones productivas y sustentables de la energía solar”
Laboratorio de Energía Solar. Departamento de Física. Universidad Nacional Heredia. Costa Rica.

La ciudad de Cuenca se encuentra a una latitud de 2° 53' 57" sur, por lo tanto, **el colector debe estar orientado hacia el norte y su ángulo de inclinación con respecto a la horizontal es de 20°** (tomando el valor de 17.5° como referencia).

Los tubos de vacío, por los que circula el agua, se colocan de manera que el agua fría, la cual proviene del tanque de almacenamiento, entre por la parte superior y una vez que se calienta por la radiación solar, regresa al tanque debido a su menor densidad. Otra vez ingresa a los tubos agua fría del tanque, pero esta vez más caliente que en el ciclo anterior, por la mezcla que ya se dio en el interior del tanque; se vuelve a calentar por la radiación solar y sube otra vez al tanque. Dicho proceso de entrada de agua fría y salida del agua caliente en los tubos de vacío, continúa hasta que se logra un equilibrio térmico, cesando el movimiento, siendo éste el **efecto termosifón**. De esta manera el agua caliente se acumula en el tanque, la cual puede ser utilizada cuando exista necesidad.

Una vez utilizada una cantidad de agua caliente, se llena con agua fría de la red, reiniciándose el movimiento. Para poder contar con agua caliente para consumo en la noche, es necesario que el tanque de almacenamiento tenga un mínimo de pérdidas y pueda mantener el agua caliente cuando no existe radiación solar.

Otro dato muy importante es el consumo diario que se va a tener, debido que, el colector tiene que ser capaz de abastecer las necesidades de agua caliente en todo el día. Se tomará como referencia una familia promedio de 5 personas.

En la ciudad de Cuenca el consumo promedio de agua en una familia de 5 personas es de 22 a 25 metros cúbicos al mes¹⁶. El uso de agua caliente en un hogar normalmente está entre el 60 y 70% del consumo total¹⁷.

El consumo diario en un hogar de 5 personas en la ciudad de Cuenca es de: 0.78 m³ = 780 litros. De este valor, sólo el 65% es agua caliente, es decir 507 litros diarios.

El objetivo es tratar de abastecer la demanda de un hogar promedio de 5 personas en la ciudad de Cuenca, por lo que se va a diseñar el calentador solar con una capacidad de almacenamiento de 300 litros, para lo cual el número de tubos es igual a 30.

¹⁶ Ing. Xavier Vidal, Gerente de agua potable. Empresa municipal ETAPA.

¹⁷ Investigación del consumo promedio del agua en la población de Cuenca de una muestra aleatoria 125 usuarios. Empresa municipal ETAPA.

Hay que tomar en cuenta que la radiación en la ciudad es muy variable, es decir, unos días puede presentarse una buena radiación en todo el día, así como también puede ser sólo por unas horas o tener un día totalmente nublado sin presencia de radiación directa. Por ese motivo el tanque de almacenamiento del sistema va a ser de 300 litros, para evitar la carencia de agua caliente por consumo y/o por falta de radiación solar. Además el tiempo que tarda en llegar a un equilibrio térmico el calentador que se está estudiando es de aproximadamente 2 horas con una radiación solar alta (350 a 600 W/m²), pudiendo tardar más en ausencia de radiación solar directa.

Entonces, si el consumo diario en una familia promedio es de 507 litros, el calentador que se está diseñando va a solventar sin problemas la demanda de agua caliente.

El objetivo de reducir el ángulo de inclinación lo más posible es para aumentar la capacidad de captación solar, esto se explica con la siguiente ecuación:

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta \quad (3.28)$$

donde, G_{solar} es la energía solar que incide sobre una superficie, G_D es la radiación solar directa (Figura 3.12) y θ es el ángulo de incidencia de la radiación solar directa.

Se puede deducir entonces que, mientras más pequeño sea el ángulo θ , mayor será la energía total que incide sobre una superficie.

Se tiene que tomar en cuenta que las mediciones de radiación solar tomadas en el proyecto de investigación y de las cuales se ha tomado el valor medio, fueron realizadas en el mismo ángulo en que se encuentran los tubos, es decir 45°.

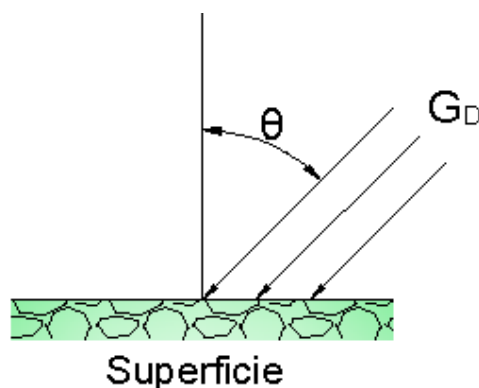


Figura 3.12. Radiación directa que incide sobre una superficie

La representación esquemática de esta situación en un colector solar se representa en la figura 3.13.

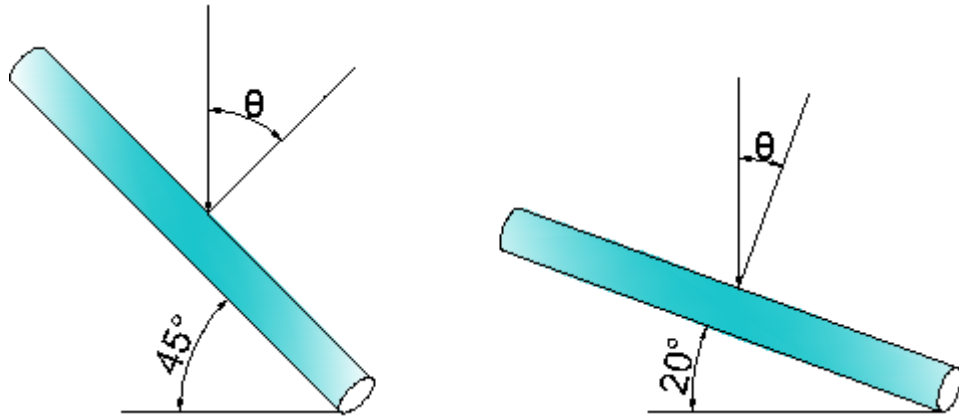


Figura 3.13. Radiación directa sobre el colector de 45° y 20° de inclinación

Para demostrar esto analíticamente, primero se tiene que calcular el valor de la radiación solar directa, para lo cual se despeja de la ecuación 3.28, entonces:

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta$$

$$G_D = \frac{G_{solar}}{\cos \theta}$$

$$G_D = \frac{384.26}{\cos 45^\circ}$$

$$G_D = 543.42 [W / m^2]$$

Entonces, el valor de radiación solar directa promedio ha sido 543.42 W/m². Ahora se determina cuánto por ciento de la radiación directa al ángulo de 45° se está aprovechando:

$$\frac{384.26}{543.42} = 0.70 \approx 70\%$$

Ahora con el ángulo de 20°:

$$G_{solar} = G_D * \cos \theta$$

$$G_{solar} = 543.42 * \cos 20$$

$$G_{solar} = 510.64 [W / m^2]$$

$$\frac{510.64}{543.42} = 0.93 \approx 93\%$$

Como se puede demostrar analíticamente, al reducir el ángulo de inclinación de los tubos de vacío con respecto a la horizontal de 45° a 20° , va a aumentar en un 23% la capacidad de captación solar, lo que obviamente va a mejorar la eficiencia del colector.

A continuación se presenta el diseño propuesto del colector solar de tubos de vacío (Revisar los planos en el anexo “E”).

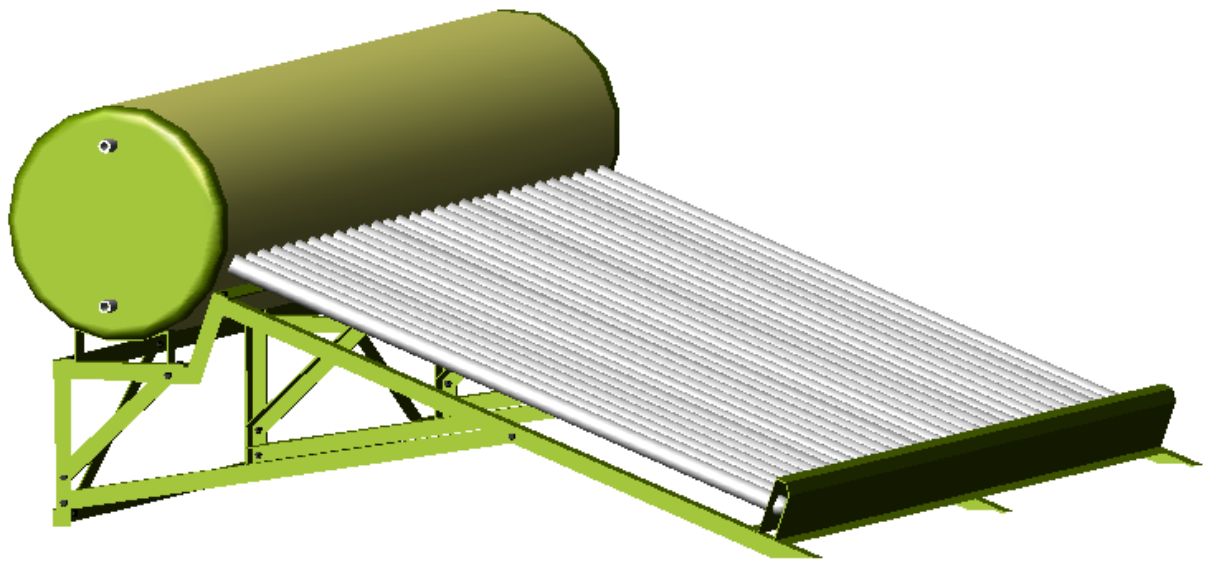
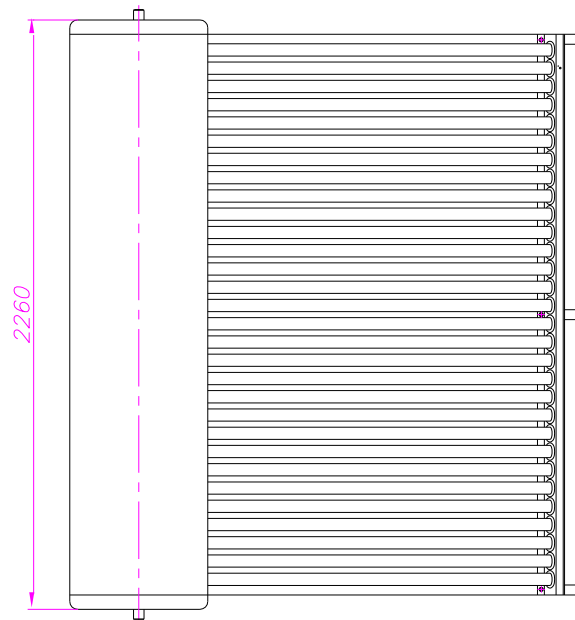
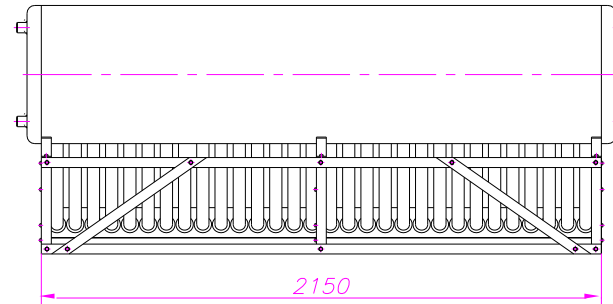
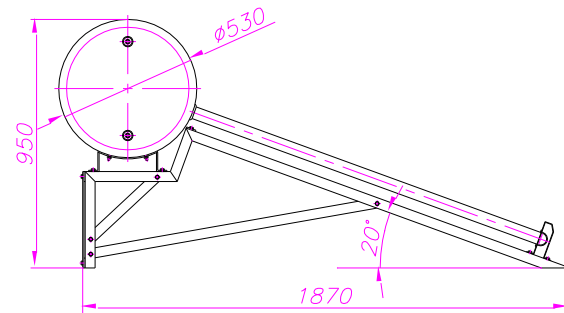


Figura 3.14. Diseño del colector solar



-30 tubos de vacío
-Capacidad del tanque 300 litros

	Fecha	Nombre	 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE MATRIZ CUENCA
Dibujado	10/11/2009	Luis Sánchez P.	
Comprobado		Ing. John Calle	
ESCALA: 1:5	COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO		Ingeniería Mecánica Lámina N° 01

3.4.1. ANÁLISIS DE LAS PARTES DEL COLECTOR.

- **Tanque de almacenamiento.**

El tanque de almacenamiento se lo diseñará con un recubrimiento interno, el cual consiste en un cilindro de plancha de acero inoxidable SUS304 / 2B espesor 0.4 mm., un recubrimiento o cilindro exterior con plancha negra de 0.45 mm. de espesor. Entre los dos recubrimientos se encuentra una capa de poliuretano de 55 mm. de espesor (en toda la periferia y en la partes laterales), el mismo que se encarga de mantener la temperatura del agua lo más caliente posible (Ver planos en anexos “E2” a “E9”).

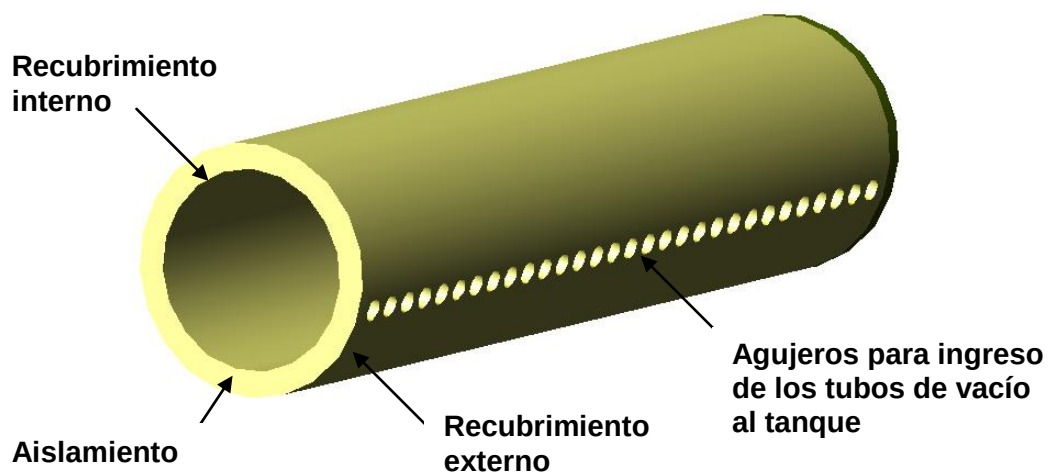


Figura 3.15. Partes del tanque de almacenamiento.

El cilindro interno de acero inoxidable está compuesto de una plancha rolada a un diámetro de 420 mm., con 30 agujeros para el ingreso de los tubos de vacío de 57 mm. de diámetro (anexo “E5”). En los extremos del cilindro lleva unas tapas con dos agujeros cada una de 30 mm. de diámetro para el ingreso de las tuberías de entrada y salida de agua (anexo “E8”); las mismas que van unidas fijamente al cilindro interior mediante soldadura inoxidable (Figura 3.16).

El cilindro externo está construido de una plancha negra rolada a un diámetro de 530 mm., con 30 agujeros para el ingreso de los tubos de vacío de 57 mm. de diámetro (anexo “E4”) y con 6 agujeros de 9 mm. de diámetro, en los cuales van fijados con soldadura pernos M8 x 20 mm., para la fijación del tanque a la base (los pernos van colocados de adentro del cilindro hacia afuera). En los extremos lleva unas tapas laterales con forma de bandeja con dos agujeros cada una de 30 mm.

de diámetro para el ingreso de las tuberías de entrada y salida de agua (anexo “E6”), la cuales van unidas al cilindro mediante remaches (Figura 3.16).

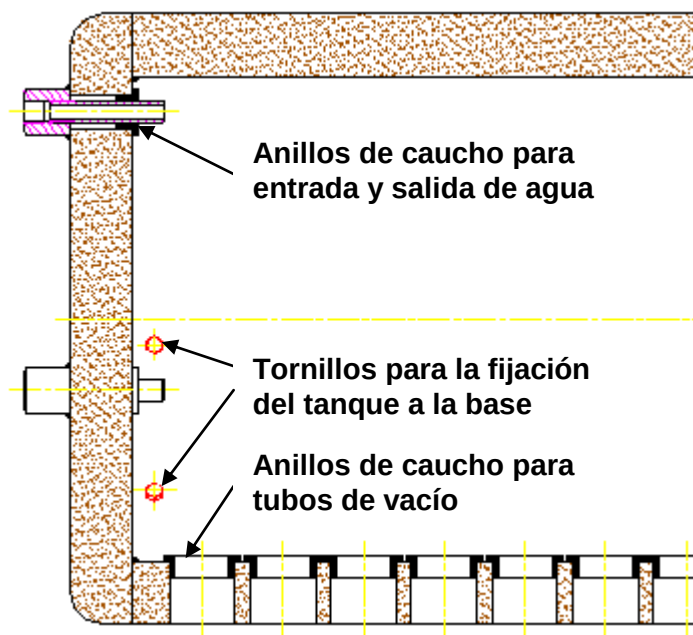


Figura 3.16. Tanque de almacenamiento representado en corte.

En las tapas laterales del tanque exterior van soldadas las uniones de acero inoxidable de $\frac{1}{2}$ ", las cuales servirán para conectar la entrada de agua fría y salida de agua caliente (revisar el plano en el anexo “E2”) (Figura 3.16 y 3.17).

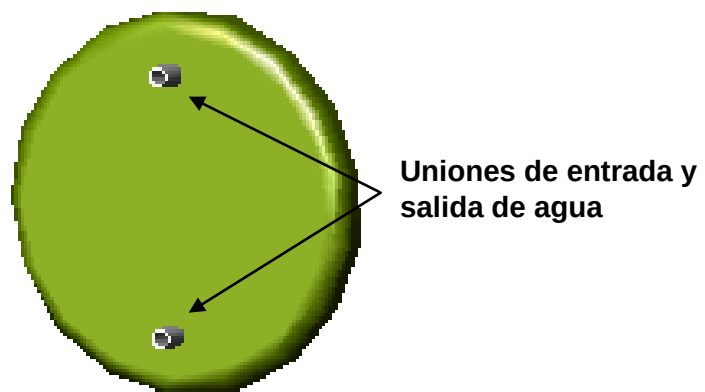


Figura 3.17. Tapa lateral exterior del tanque

Una vez fabricados los dos cilindros externo e interno, se los coloca de forma concéntrica y se tapona provisionalmente los agujeros para ingreso de tubos de vacío y para ingreso y salida de agua, para realizar el procedimiento de inyección de poliuretano

Los agujeros pasantes para el ingreso de los tubos de vacío y para las uniones de entrada y salida de agua poseen en el interior unos anillos de caucho sintético, los mismos que cumplen la función de sellar completamente el agujero para que el agua no tenga contacto con el aislamiento de poliuretano (Figura 3.16).

- **Estructura base.**

La estructura base del colector solar tiene algunas partes (Figura 3.18), las cuales se detallan a continuación:

- **Soporte inferior de los tubos de vacío.-** Es una plancha doblada en forma de canal, la misma que lleva treinta agujeros donde van colocados unos capuchones de caucho EPDM⁹, en donde se va a colocar la parte inferior de los tubos de vacío (Ver plano en anexo “E10”).
- **Soportes del tanque.-** Son contruidos en platina estructural de 1.5” x 3/16”, cumplen la función de soportar el tanque de almacenamiento, fijándolo a la base (Ver plano en anexo “E13”).
- **Columnas.-** Son hechos en ángulo estructural de 1.5” x 3/16”, consta de pedazos de ángulo unidos con soldadura, constituyen la parte más importante de la base, debido que es aquí donde se emperna el resto de partes de la base. Son tres, uno a cada extremo y otro al centro de la base, (Ver plano en anexo “E15”).
- **Apoyos.-** Fabricados de ángulo estructural de 1.5” x 3/16”, tienen la función de ayudar a las columnas a soportar el peso del tanque de almacenamiento sin deformarse. Van colocados debajo de las columnas y son dos por cada columna, (Ver plano en anexo “E11” y “E12”).
- **Tirantes.-** Contruidos en platina estructural de 1.5” x 3/16”, se colocan para unir las tres columnas evitando que se viren por el peso del tanque, (Ver plano en anexo “E17” a “E21”).

⁹ Elastómero EPDM, resistente al medio ambiente, con aditivos antioxidantes y antiozonantes.

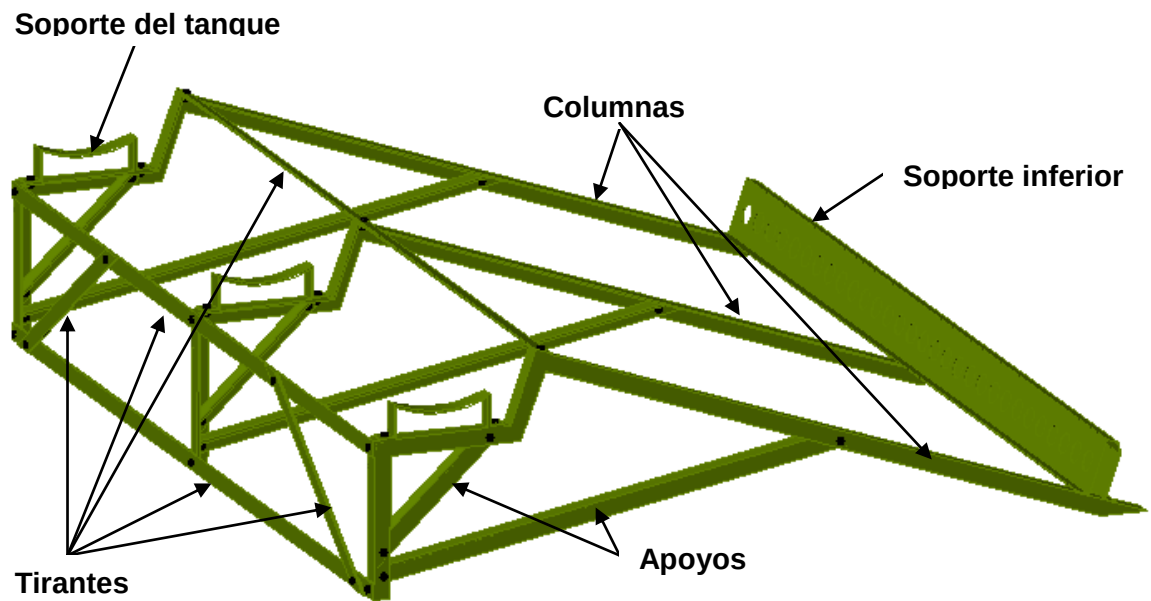


Figura 3.18. Estructura base

- **Plancha reflejante.-** Sobre las columnas, justo debajo de los tubos de vacío va colocada una plancha de acero inoxidable del mismo tipo que el cilindro interior del tanque de almacenamiento de dimensiones 1220 x 2150 mm., con el objetivo de captar la mayor cantidad de radiación solar durante el día. Esta plancha funciona reflejando hacia arriba los rayos solares que pasan por el espacio entre tubo y tubo, chocando por debajo de los tubos de vacío (Figura 3.19).

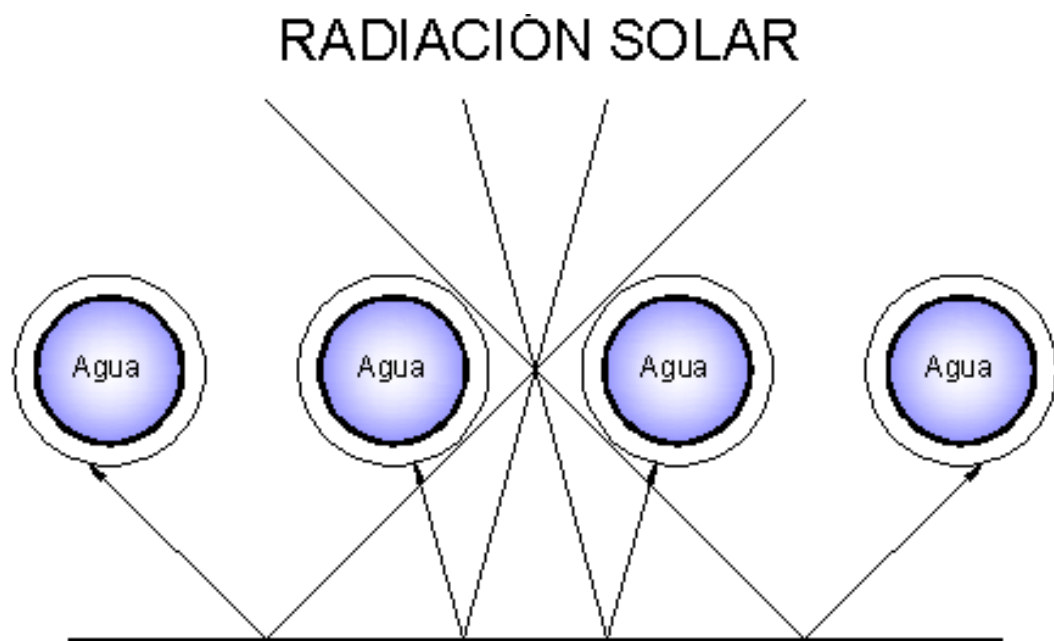


Figura 3.19. Función de la plancha reflejante

La plancha reflejante únicamente funciona durante aproximadamente 5 horas diarias, debido a la posición del sol al amanecer y al atardecer, como puede apreciarse en la figura 3.19.

3.4.2. CÁLCULO ESTRUCTURAL DE LA BASE.

Para realizar el análisis de la estructura y comprobar que ésta si soporta los esfuerzos a los que va a estar sometido se ha utilizado dos softwares de cálculo estructural como son: **MULTIFRAME 4D** y **SOLIDWORKS**. Cabe señalar que todo este análisis está realizado estáticamente.

Como puede observarse en la figura 3.20 la estructura cuenta con tres soportes, en los cuales va asentado el tanque de almacenamiento.

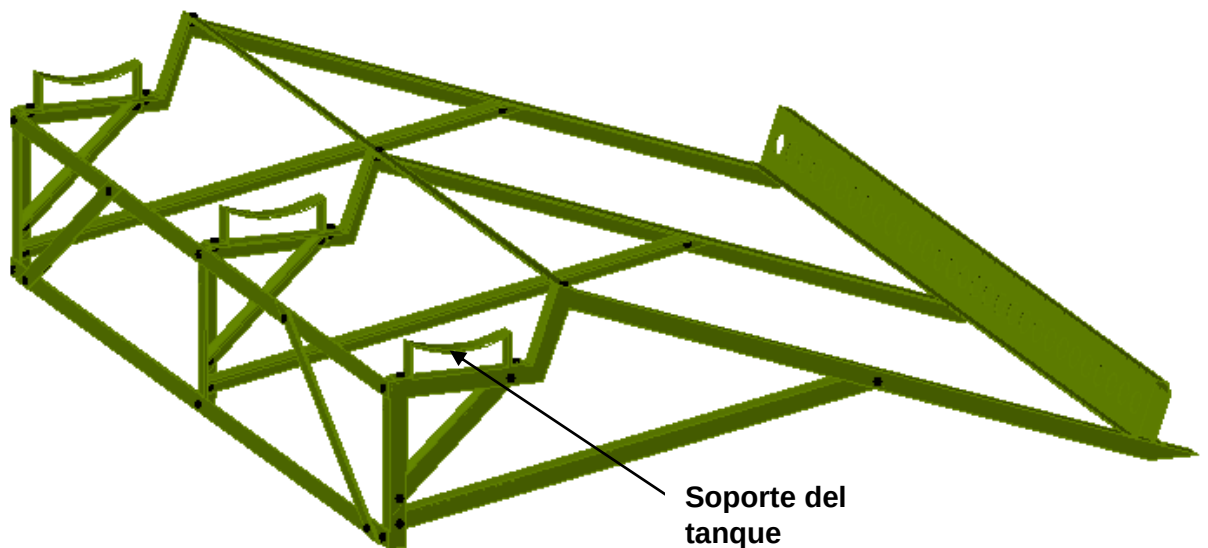


Figura 3.20. Estructura de la base del colector

Para el análisis estructural se va a dividir en dos partes la estructura: la estructura sin los soportes (Figura 3.21) y los soportes (Figura 3.22).

La base del colector va a soportar el peso del volumen de agua de 0.323 m³, que es igual a 322.58 kg sumando el peso del tanque de unos 25 kg. El total de la carga a soportar por la estructura es de 347.58 kg $\approx$ 350 kg. El material empleado para su construcción es ángulo estructural de 1 1/2 x 3/16 pulgadas y platina estructural de 1 1/2 x 3/16.

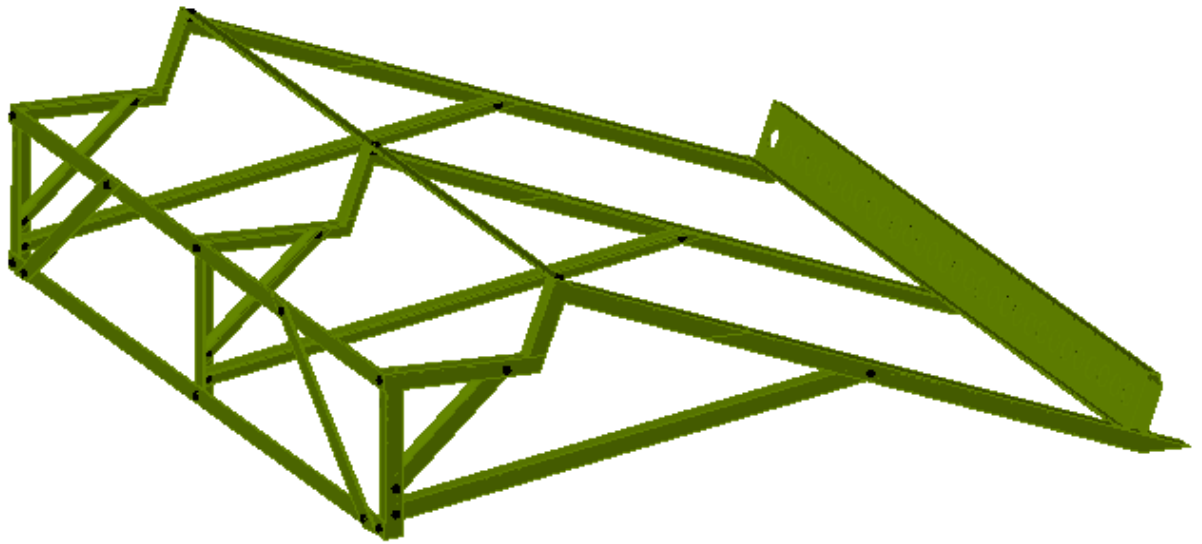


Figura 3.21. Estructura sin los soportes



Figura 3.22. Soportes

El análisis de la estructura sin los soportes se lo va a realizar en el software **MULTIFRAME 4D**, por lo que este programa es más versátil cuando se trabaja de conjuntos armados. Para lo cual primero se dibuja la geometría de la estructura (Figura 3.23).

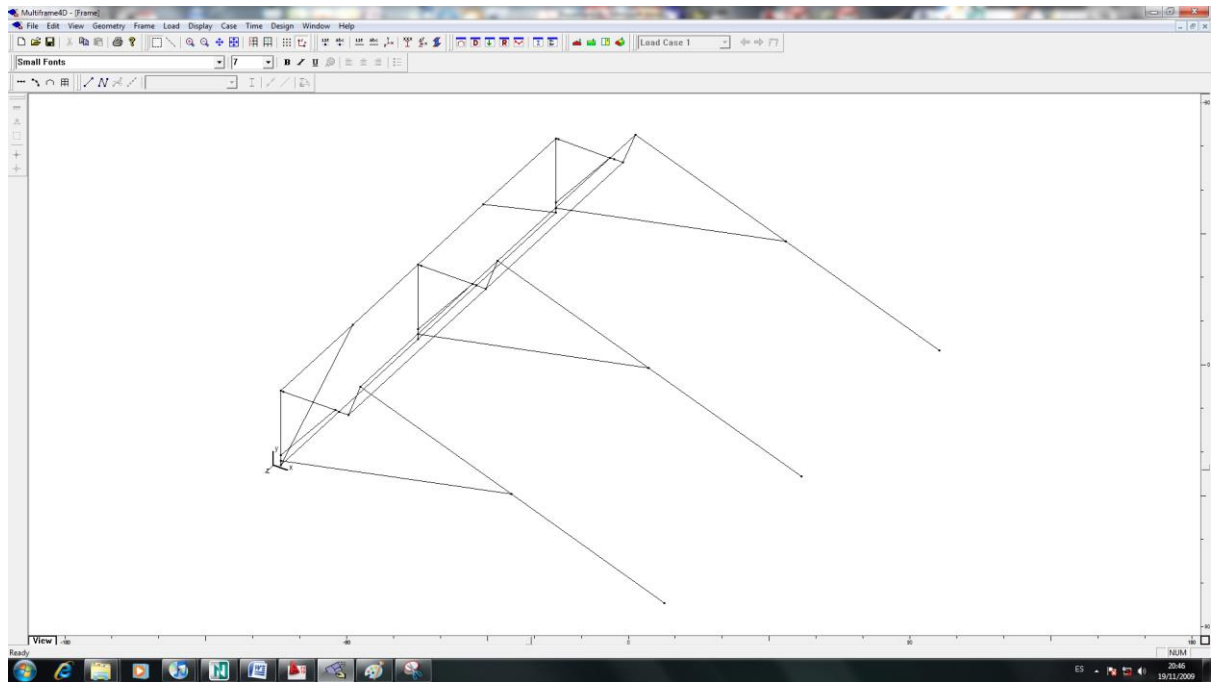


Figura 3.23. Geometría analizada

El programa asume que todos los nodos son articulados (uniones desmontables), es por eso que primero se coloca restricciones en algunos de ellos.

Luego se ingresa el tipo de acero estructural que se está utilizando. Primero se selecciona las partes que están hechas de ángulo (Figura 3.24).

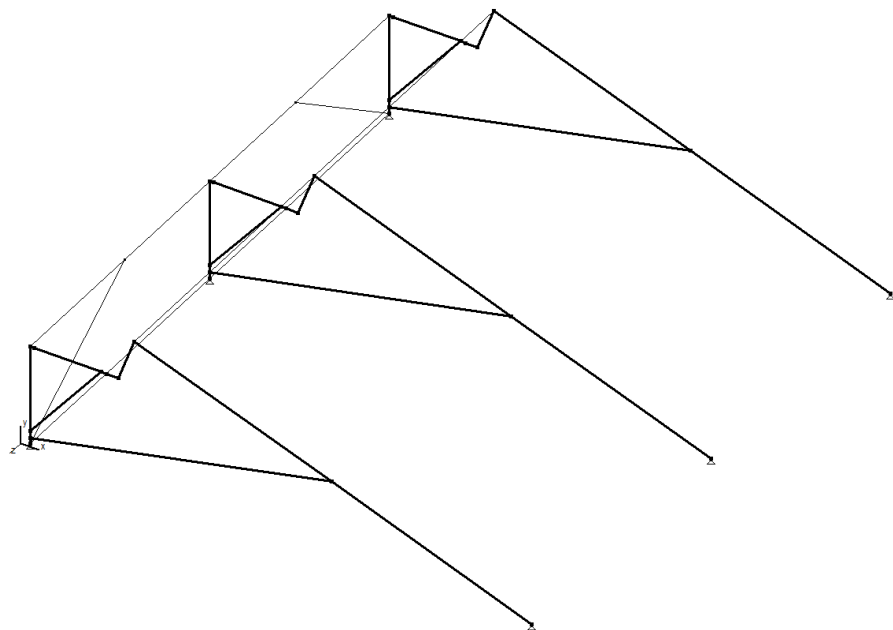


Figura 3.24. Partes hechas de ángulo

Y se coloca las dimensiones del material (Figura 3.25).

New Section

Name:

Group:

Shape:

Properties:

	Property	Value	Units
1	h	38,100	mm
2	b	38,100	mm
3	e	4,762	mm
4	e1	4,762	mm
5	A	3,400	cm ²
6	P	2,760	kg/m
7	I _x	4,570	cm ⁴
8	W _{xb}	4,420	cm ³
9	W _{xt}	1,520	cm ³
10	r _x	1,090	cm
11	I _y	4,570	cm ⁴
12	W _{yl}	4,420	cm ³
13	W _{yr}	1,520	cm ³
14	i _y	1,090	cm
15	I	0.271	cm ⁴

OK Cancel

Figura 3.25. Ingreso de dimensiones del ángulo

Luego se realiza el mismo procedimiento con las partes hechas de platina (Figura 3.26 y 3.27).

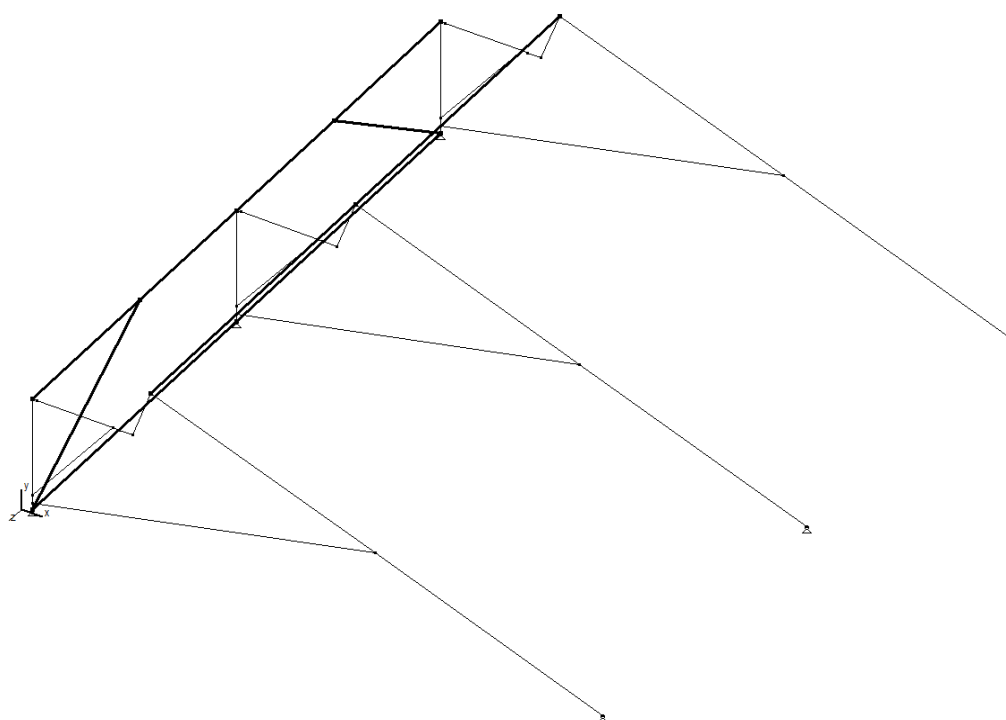


Figura 3.26. Partes hechas de platina

New Section

Name:

Group:

Shape:

Properties:

	Property	Value	Units
1	h	38,100	mm
2	b	4,762	mm
3	e	38,100	mm
4	e1	4,760	mm
5	A	1,814	cm ²
6	P	1,420	kg/m
7	Ix	2,190	cm ⁴
8	Wxb	2,110	cm ³
9	Wxt	0,820	cm ³
10	rx	0,910	cm
11	Iy	0,340	cm ⁴
12	Wyl	0,310	cm ³
13	Wyr	0,250	cm ³
14	iy	0,150	cm
15	I	0,250	cm ⁴

OK Cancel

Figura 3.27. Ingreso de dimensiones de la platina

Ahora se ingresa el valor de las cargas que va a soportar la estructura y su dirección (Figura 3.28).

Global Joint Load

Joint Load:

Magnitude kN

OK Cancel

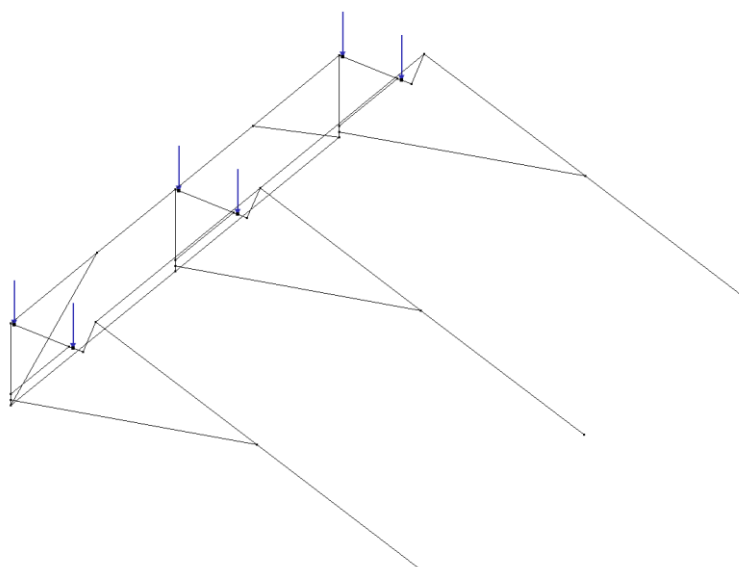


Figura 3.28. Ingreso de cargas

Colocando todas las restricciones, se envía a analizar la estructura y nos da las siguientes tablas de resultados:

Tabla 3.11. Desplazamientos en los puntos

Static Case: Load Case 1								
	Joint	Label	dx' mm	dy' mm	dz' mm	Øx' radE-3	Øy' radE-3	Øz' radE-3
1	1		0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,010	-0,061
2	2		0,001	-0,000	-0,000	-0,001	-0,003	-0,067
3	3		0,004	-0,001	-0,000	-0,001	-0,002	-0,104
4	4		0,060	-0,004	-0,000	0,003	0,000	-0,259
5	5		0,060	-0,007	-0,000	0,003	0,000	-0,261
6	6		0,060	-0,050	-0,000	-0,000	0,000	-0,041
7	7		0,059	-0,051	-0,000	0,000	0,000	0,030
8	8		0,059	-0,045	-0,000	0,000	0,000	0,207
9	9		-0,002	-0,023	-0,000	0,000	-0,001	0,393
10	10		0,003	-0,002	0,000	-0,001	0,000	-0,055
11	11		0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,029
12	12		0,000	0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,060
13	13		0,001	-0,000	-0,000	-0,000	-0,000	-0,067
14	14		0,004	-0,001	-0,000	-0,000	-0,000	-0,103
15	15		0,059	-0,004	-0,000	-0,000	-0,000	-0,259
16	16		0,059	-0,007	-0,000	-0,000	-0,000	-0,261
17	17		0,059	-0,050	-0,000	-0,000	-0,000	-0,041
18	18		0,059	-0,051	-0,000	-0,000	-0,000	0,030
19	19		0,059	-0,045	-0,000	0,000	-0,000	0,207
20	20		-0,002	-0,023	-0,000	0,000	-0,000	0,393
21	21		0,003	-0,002	-0,000	-0,000	0,000	-0,055
22	22		0,000	0,000	0,000	-0,000	0,000	0,029
23	23		0,000	0,000	0,000	0,001	0,010	-0,061
24	24		0,001	-0,000	0,000	0,001	0,003	-0,067
25	25		0,004	-0,001	0,000	0,001	0,002	-0,104
26	26		0,060	-0,004	0,000	-0,003	-0,000	-0,259
27	27		0,060	-0,007	0,000	-0,003	-0,000	-0,261
28	28		0,060	-0,050	0,000	0,000	-0,000	-0,041
29	29		0,059	-0,051	0,000	-0,000	-0,000	0,030
30	30		0,059	-0,045	0,000	-0,000	-0,000	0,207
31	31		-0,002	-0,023	0,000	-0,000	0,001	0,393
32	32		0,003	-0,002	-0,000	0,001	-0,000	-0,055
33	33		0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,029
34	34		0,058	-0,000	0,000	0,001	0,001	-0,204
35	35		0,058	-0,000	-0,000	-0,001	-0,001	-0,204

Como puede obsevarse, en todos los puntos, los desplazamientos en los tres ejes son mínimo, esto nos quiere decir que la estructura nos va a soportar sin problemas el peso.

Tabla 3.12. Esfuerzos en los puntos

Static Case: Load Case 1														
	Mem	Label	Joint	Sbz' top MPa	Sbz' bot MPa	Sby' left MPa	Sby' right MPa	Sy' MPa	Sz' MPa	Sx' MPa	Sx'+Sbz' top MPa	Sx'+Sbz' bot MPa	Sx'+Sby' left MPa	Sx'+Sby' right MPa
1	1		1	0,034	-0,012	0,023	-0,067	-0,004	1,394	3,095	3,129	3,083	3,117	3,028
2	1		2	0,022	-0,008	-1,247	3,625	-0,004	1,394	3,095	3,117	3,087	1,848	6,720
3	2		2	0,015	-0,005	-1,922	5,590	-0,004	1,641	3,138	3,153	3,133	1,216	8,728
4	2		3	0,002	-0,001	-3,677	10,691	-0,004	1,641	3,138	3,140	3,137	-0,539	13,829
5	3		3	2,130	-0,732	-0,001	0,003	0,043	0,004	1,805	3,934	1,072	1,804	1,808
6	3		4	3,713	-1,277	-0,051	0,148	0,043	0,004	1,805	5,518	0,528	1,754	1,953
7	4		4	-0,013	0,005	-1,281	3,725	0,000	-3,512	0,022	0,009	0,026	-1,259	3,747
8	4		5	-0,013	0,004	0,665	-1,935	0,000	-3,512	0,022	0,009	0,026	0,687	-1,913
9	5		5	-0,013	0,004	0,665	-1,935	0,000	-0,242	0,022	0,009	0,026	0,687	-1,913
10	5		6	-0,001	0,000	3,029	-8,808	0,000	-0,242	0,022	0,021	0,022	3,051	-8,787
11	6		7	-0,002	0,001	8,736	-25,402	0,000	0,438	0,844	0,842	0,845	9,580	-24,558
12	6		8	-0,001	0,000	7,972	-23,182	0,000	0,438	0,844	0,843	0,845	8,817	-22,338
13	7		8	-0,001	0,000	7,972	-23,182	0,000	1,691	0,077	0,076	0,077	8,049	-23,106
14	7		9	0,002	-0,001	-3,479	10,117	0,000	1,691	0,077	0,079	0,076	-3,402	10,193
15	8		9	-0,001	0,000	-3,479	10,116	0,000	-0,149	0,871	0,869	0,871	-2,608	10,987
16	8		10	0,012	-0,004	1,073	-3,119	0,000	-0,149	0,871	0,882	0,866	1,943	-2,249
17	9		10	0,012	-0,004	0,443	-1,288	-0,000	0,014	0,766	0,778	0,762	1,209	-0,522
18	9		11	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,014	0,766	0,766	0,766	0,766	0,766
19	10		6	-0,002	0,001	6,605	-19,207	0,000	-2,832	0,844	0,842	0,845	7,450	-18,363
20	10		7	-0,002	0,001	8,736	-25,402	0,000	-2,832	0,844	0,842	0,845	9,580	-24,558
21	11		2	0,036	-0,012	0,676	-1,965	-0,000	0,029	-0,133	-0,098	-0,146	0,542	-2,098
22	11		10	-0,000	0,000	-0,630	1,831	-0,000	0,029	-0,133	-0,134	-0,133	-0,763	1,698
23	12		3	0,007	-0,002	-2,944	8,561	-0,000	-0,399	1,553	1,560	1,550	-1,391	10,114
24	12		6	-0,003	0,001	3,576	-10,399	-0,000	-0,399	1,553	1,550	1,554	5,129	-8,846
25	13		12	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	1,393	3,090	3,090	3,090	3,090	3,089
26	13		13	-0,000	0,000	-1,269	3,689	-0,000	1,393	3,090	3,090	3,090	1,821	6,779
27	14		13	-0,000	0,000	-1,939	5,638	-0,000	1,640	3,133	3,133	3,133	1,194	8,771
28	14		14	-0,000	0,000	-3,692	10,736	-0,000	1,640	3,133	3,133	3,133	-0,559	13,869
29	15		14	2,160	-0,743	0,000	-0,000	0,042	0,000	1,799	3,959	1,057	1,799	1,799
30	15		15	3,696	-1,271	-0,000	0,000	0,042	0,000	1,799	5,495	0,528	1,799	1,799
31	16		15	-0,000	0,000	-1,280	3,723	0,000	-3,511	0,021	0,021	0,021	-1,259	3,744
32	16		16	0,000	-0,000	0,666	-1,936	0,000	-3,511	0,021	0,021	0,021	0,687	-1,915
33	17		16	0,000	-0,000	0,666	-1,936	0,000	-0,241	0,021	0,021	0,021	0,687	-1,915
34	17		17	0,000	-0,000	3,024	-8,793	0,000	-0,241	0,021	0,021	0,021	3,045	-8,772
35	18		18	0,000	-0,000	8,729	-25,384	-0,000	0,438	0,844	0,844	0,844	9,573	-24,540
36	18		19	0,000	-0,000	7,966	-23,166	-0,000	0,438	0,844	0,844	0,844	8,810	-22,322
37	19		19	0,000	-0,000	7,966	-23,166	-0,000	1,690	0,077	0,077	0,077	8,043	-23,089
38	19		20	-0,000	0,000	-3,475	10,105	-0,000	1,690	0,077	0,077	0,077	-3,398	10,182
39	20		20	-0,000	0,000	-3,475	10,105	0,000	-0,149	0,870	0,870	0,870	-2,605	10,975
40	20		21	0,000	-0,000	1,071	-3,114	0,000	-0,149	0,870	0,870	0,870	1,941	-2,244
41	21		21	0,000	-0,000	0,444	-1,290	-0,000	0,014	0,765	0,765	0,765	1,209	-0,524
42	21		22	0,000	0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,014	0,765	0,765	0,765	0,765	0,765
43	22		17	0,000	-0,000	6,599	-19,189	0,000	-2,832	0,844	0,844	0,844	7,443	-18,345
44	22		18	0,000	-0,000	8,729	-25,384	0,000	-2,832	0,844	0,844	0,844	9,573	-24,540
45	23		13	0,000	-0,000	0,670	-1,949	-0,000	0,029	-0,133	-0,133	-0,133	0,537	-2,083
46	23		21	-0,000	0,000	-0,627	1,824	-0,000	0,029	-0,133	-0,133	-0,133	-0,761	1,691
47	24		14	-0,000	0,000	-2,949	8,577	0,000	-0,399	1,553	1,553	1,553	-1,396	10,130
48	24		17	0,000	-0,000	3,575	-10,396	0,000	-0,399	1,553	1,553	1,553	5,128	-8,843
49	25		23	-0,034	0,012	0,023	-0,067	0,004	1,394	3,095	3,060	3,106	3,117	3,028
50	25		24	-0,022	0,008	-1,247	3,625	0,004	1,394	3,095	3,072	3,102	1,848	6,720
51	26		24	-0,015	0,005	-1,922	5,590	0,004	1,641	3,138	3,123	3,143	1,216	8,728
52	26		25	0,002	-0,001	-3,677	10,691	0,004	1,641	3,138	3,136	3,130	-0,539	13,829

Esta tabla nos indica que los esfuerzos que van a soportar los diferentes puntos son bajos en relación al esfuerzo que soporta el acero estructural A36 que es de 250 MPa.

En la figura 3.29 nos podemos hacer una idea de las deformaciones de la estructura, claro esta de una manera exagerada, siendo este un beneficio que nos da el programa. Además podemos observar la localización de cada uno de los puntos en que el programa ha dividido a la estructura.

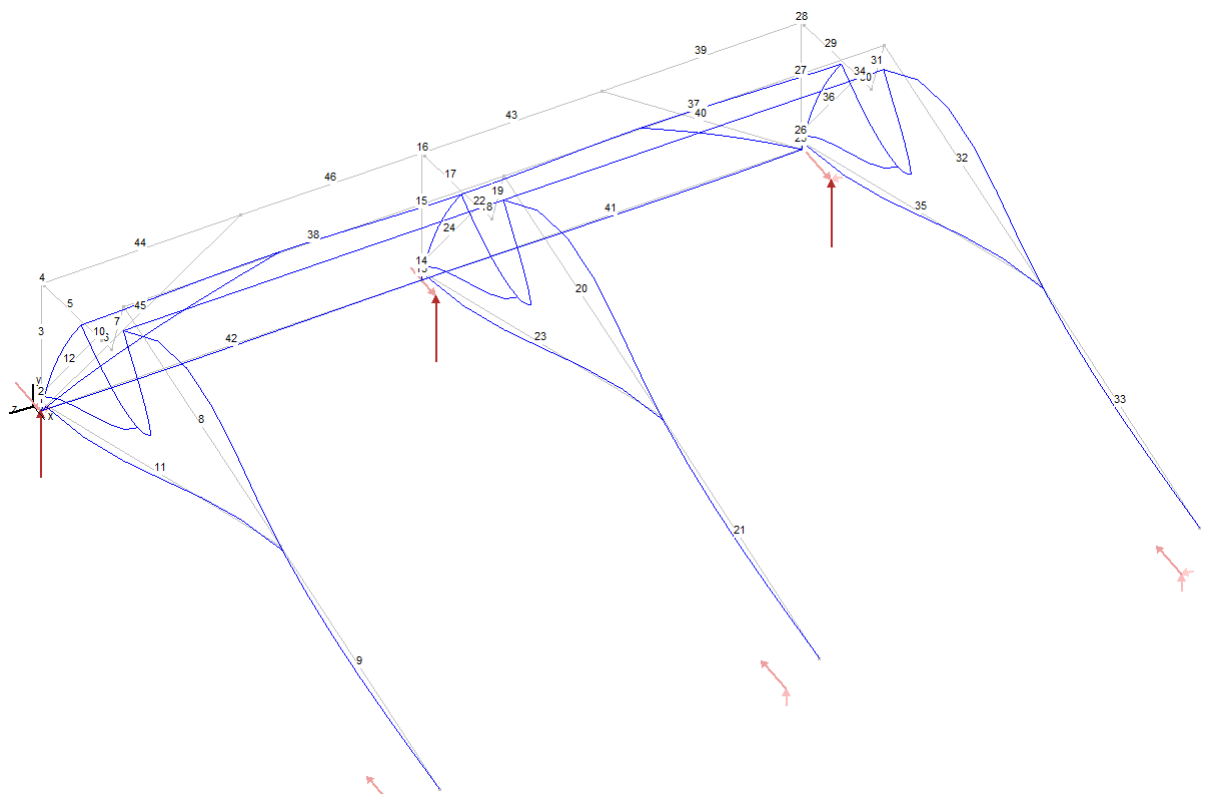


Figura 3.29. Representación de las deformaciones

El análisis de los soportes se lo va a realizar en el software **SOLIDWORKS**, a continuación se presenta el informe del análisis:

1. Información de archivo

Nombre del modelo:	soporte del tanque
Ubicación del modelo:	C:\Users\luis\Desktop\estructura\soporte del tanque.SLDPRT
Ubicación de resultados:	c:\users\luis\appdata\local\temp
Nombre de estudio:	SimulationXpressStudy (-Predeterminado-)

2. Materiales

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	soporte del tanque	[SW]ASTM A36 Acero	0.609413 kg	7.76322e-005 m^3

3. Información de cargas y restricciones

Sujeción		
Restricción 1 <soporte del tanque>	activar 2 Cara(s) inmóvil (sin traslación).	
Carga		
Carga 1 <soporte del tanque>	activar 1 Cara(s) aplicar fuerza normal 1144.5 N utilizando distribución uniforme	

4. Propiedad del estudio

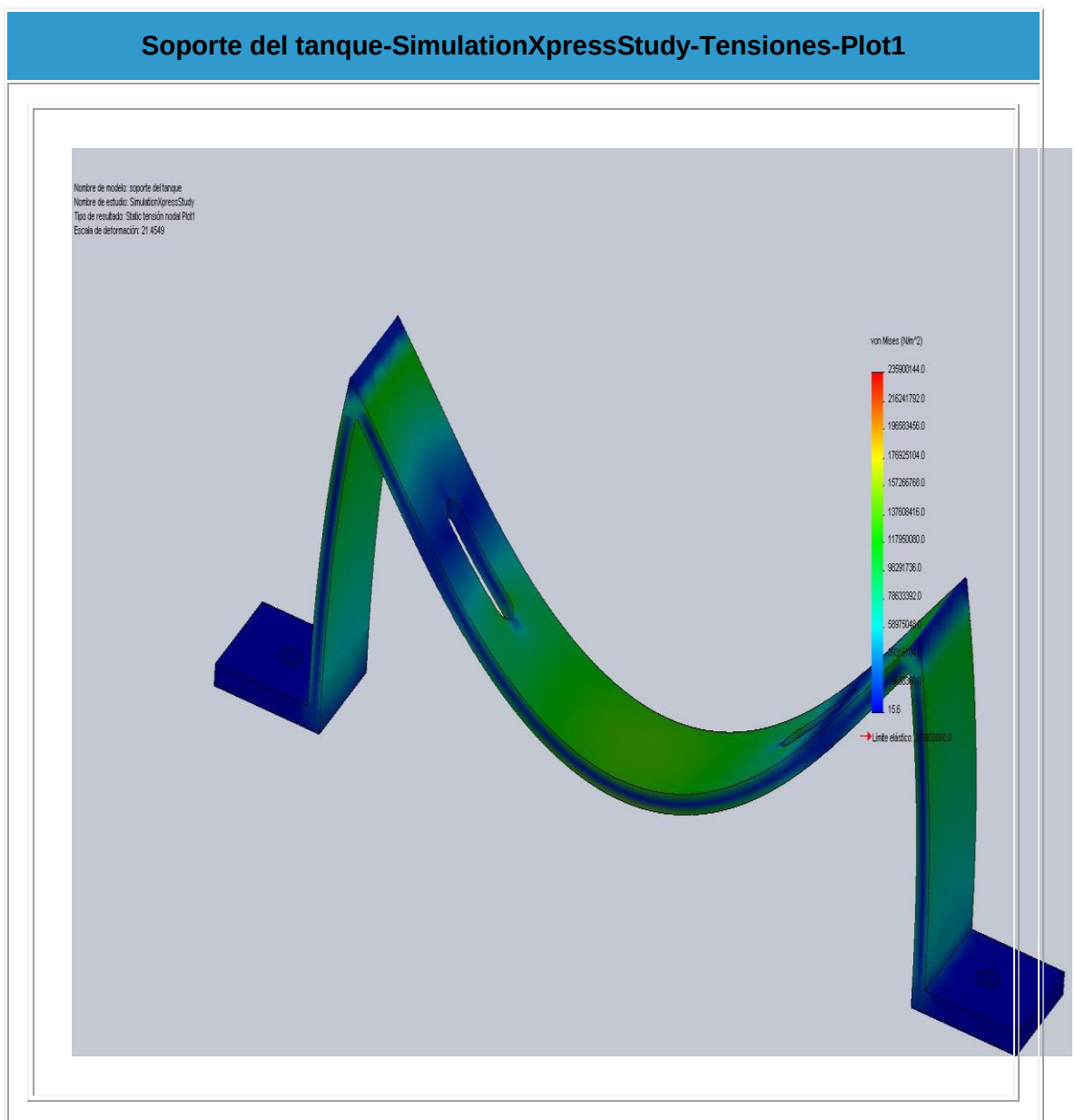
Información de malla	
Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	4.2673 mm
Tolerancia:	0.21336 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	9441
Número de nodos:	17444
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	LUIS-PC

Información del solver	
Calidad:	Alta
Tipo de solver:	Automático

5. Resultados

5a. Tensiones

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot1	VON: Tensión de von Mises	301.848 N/m ²	(2.99379e-006 mm, 4.7625 mm, 3.11843e-007 mm)	2.51063e+008 N/m ²	(257.812 mm, 69.393 mm, 19.0502 mm)

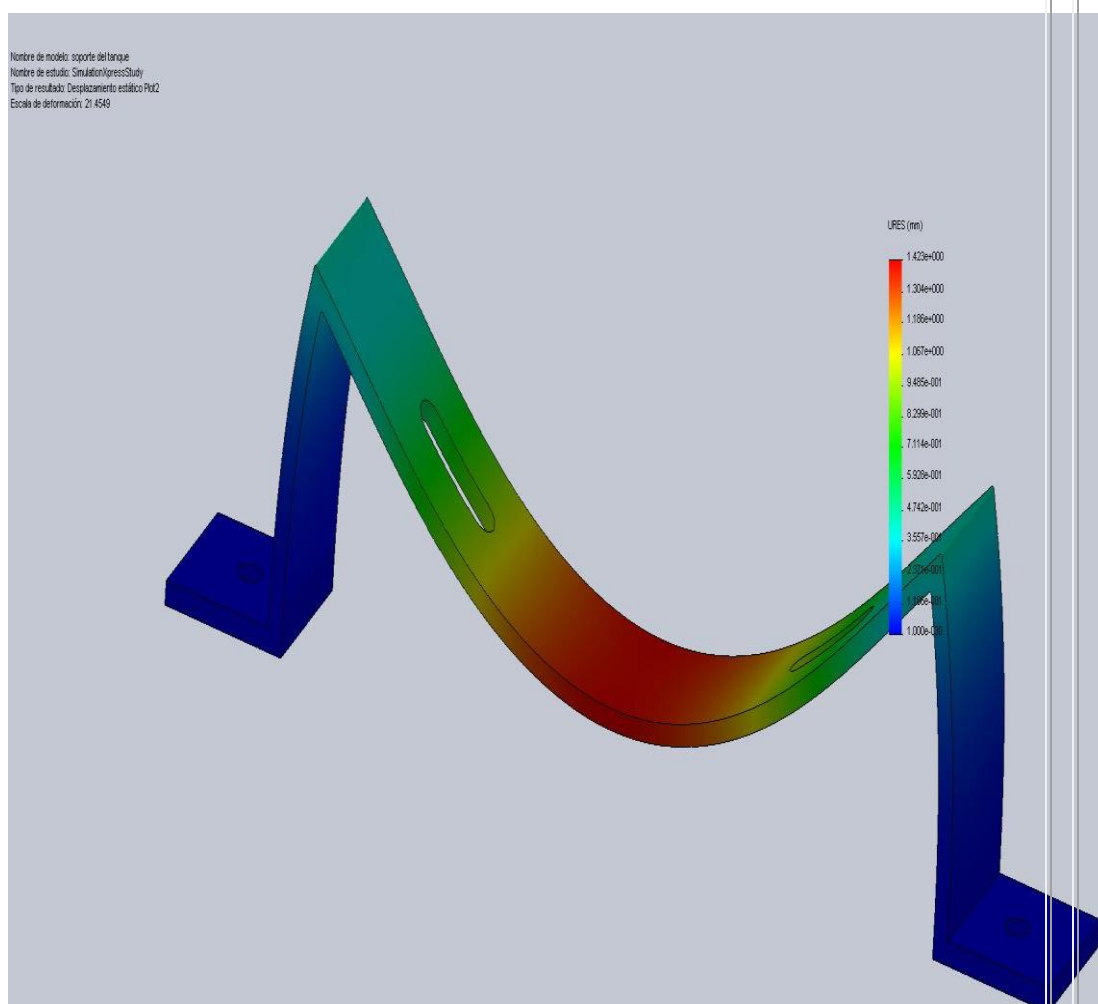


El color rojo nos indica que en que partes el soporte va a fracasar.

5b. Desplazamientos

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Plot2	URES: Desplazamiento resultante	0 mm	(281.24 mm, - 6.93889e- 015 mm, 19.05 mm)	1.40336 mm	(152.625 mm, 17.3593 mm, 38.0988 mm)

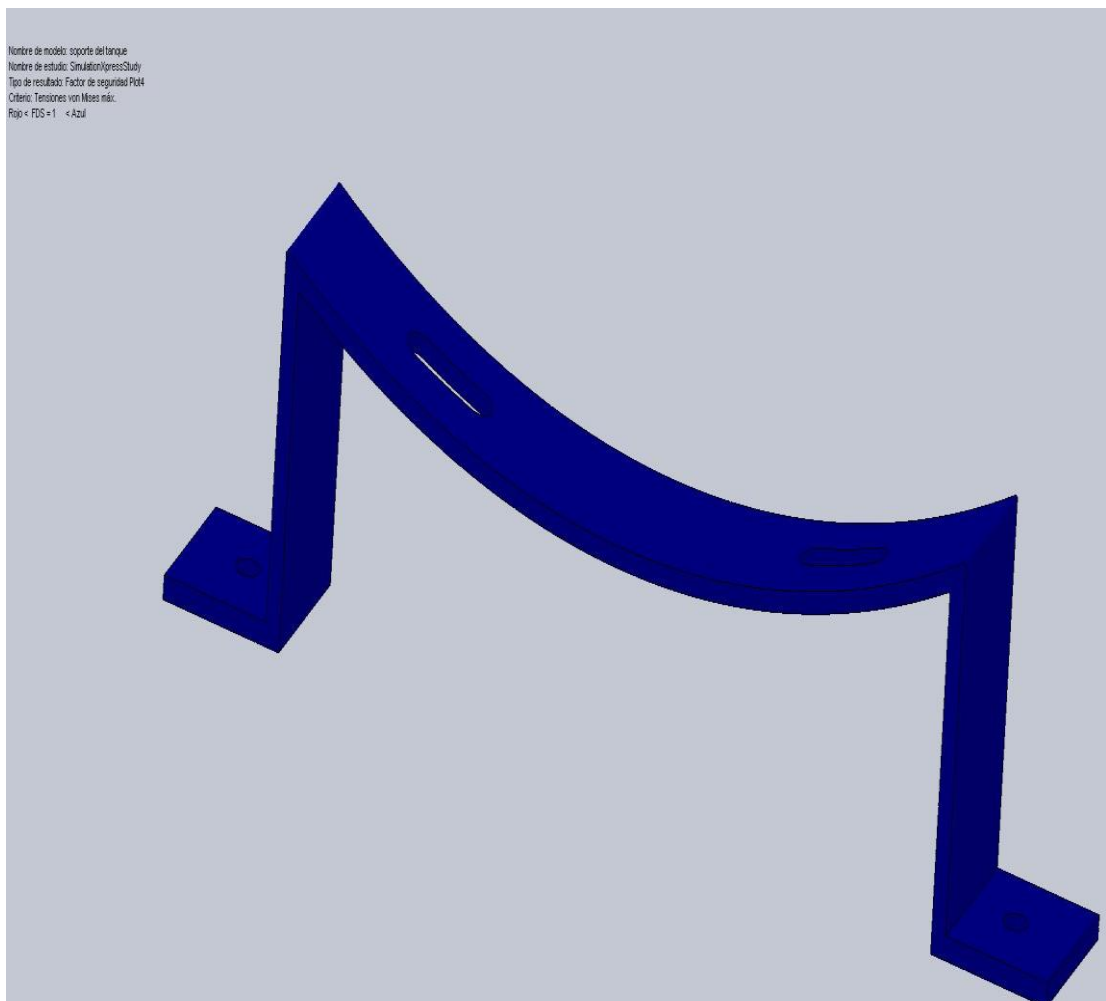
Soporte del tanque-SimulationXpressStudy-Desplazamientos-Plot2



Dada la coloración de la simulación de desplazamientos, nos indica que el soporte se va a deformar aproximadamente 1 mm., en la parte central.

5c. Factor de seguridad

Soporte del tanque-SimulationXpressStudy-Factor de seguridad-Plot4



La simulación de factor de seguridad nos indica que la pieza va a soportar sin ningún problema la carga, por lo que no presenta coloración roja, la cual indica el fracaso del elemento.

6. Apéndice

Nombre de material:	[SW]ASTM A36 Acero
Descripción:	
Origen del material:	
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
Datos de aplicación:	

Nombre de propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coeficiente de Poisson	0.26	NA
Densidad	7850	kg/m ³
Límite elástico	2.5e+008	N/m ²

Nota: SolidWorks SimulationXpress los resultados del análisis de diseño están basados en un análisis estático lineal y se asume que el material es isotrópico. El análisis estático lineal presupone que: 1) el comportamiento del material es lineal, en consonancia con la ley de Hooke, 2) los desplazamientos inducidos son lo suficientemente pequeños como para pasar por alto los cambios en la rigidez debidos a las cargas, y 3) las cargas se aplican lentamente para pasar por alto los efectos dinámicos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE COSTOS.

Para el análisis de costos vamos a considerar la creación de una microempresa dedicada a la fabricación de colectores solares de tubos de vacío, debido que es la única manera de obtener precios al por mayor de la materia prima y por consecuencia tener al final precios de producción y de venta bajos.

Esta pequeña industria estará conformada por un gerente (el dueño de empresa), el mismo que estará también a cargo de la dirección de la producción, una secretaria contadora, dos maestros soldadores y dos oficiales.

4.1. INGENIERÍA DEL PROYECTO.

4.1.1. PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL COLECTOR SOLAR.

Para la construcción del colector solar, se debe de tomar en cuenta los siguientes pasos:

a) Construcción de la estructura base.

1. Cortar los materiales (ángulo y platina)
2. Soldar las partes fijas
3. Taladrar las partes desmontables
4. Esmerilar soldadura y filos cortantes.

b) Construcción del tanque

1. Cortar plancha negra para soporte inferior de tubos de vacío.
2. Cortar plancha inoxidable para cilindro interno
3. Cortar plancha negra para cilindro externo.
4. Taladrar las planchas con caladoras circulares para paso de tubos de vacío, ingreso y salida del agua y para soporte inferior de tubos de vacío.
5. Rolar planchas para cilindros interior y exterior.
6. Doblar plancha para soporte de tubos de vacío
7. Taladrar fijación para soporte inferior.
8. Soldar tapas laterales de cilindro interior.

9. Dar forma a tapas laterales de cilindro exterior.
10. Preparar cilindro para inyección de poliuterano.
11. Soldar tubo y unión de ½" en tapas laterales de cilindro exterior.
12. Inyectar poliuretano.
13. Colocar anillos de elastómero sintético en cilindro interior.
14. Taladrar y remachar tapas laterales de cilindro exterior.
15. Pintar con pintura automotriz.

4.1.2 FLUJOGRAMA DEL PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DEL COLECTOR SOLAR.

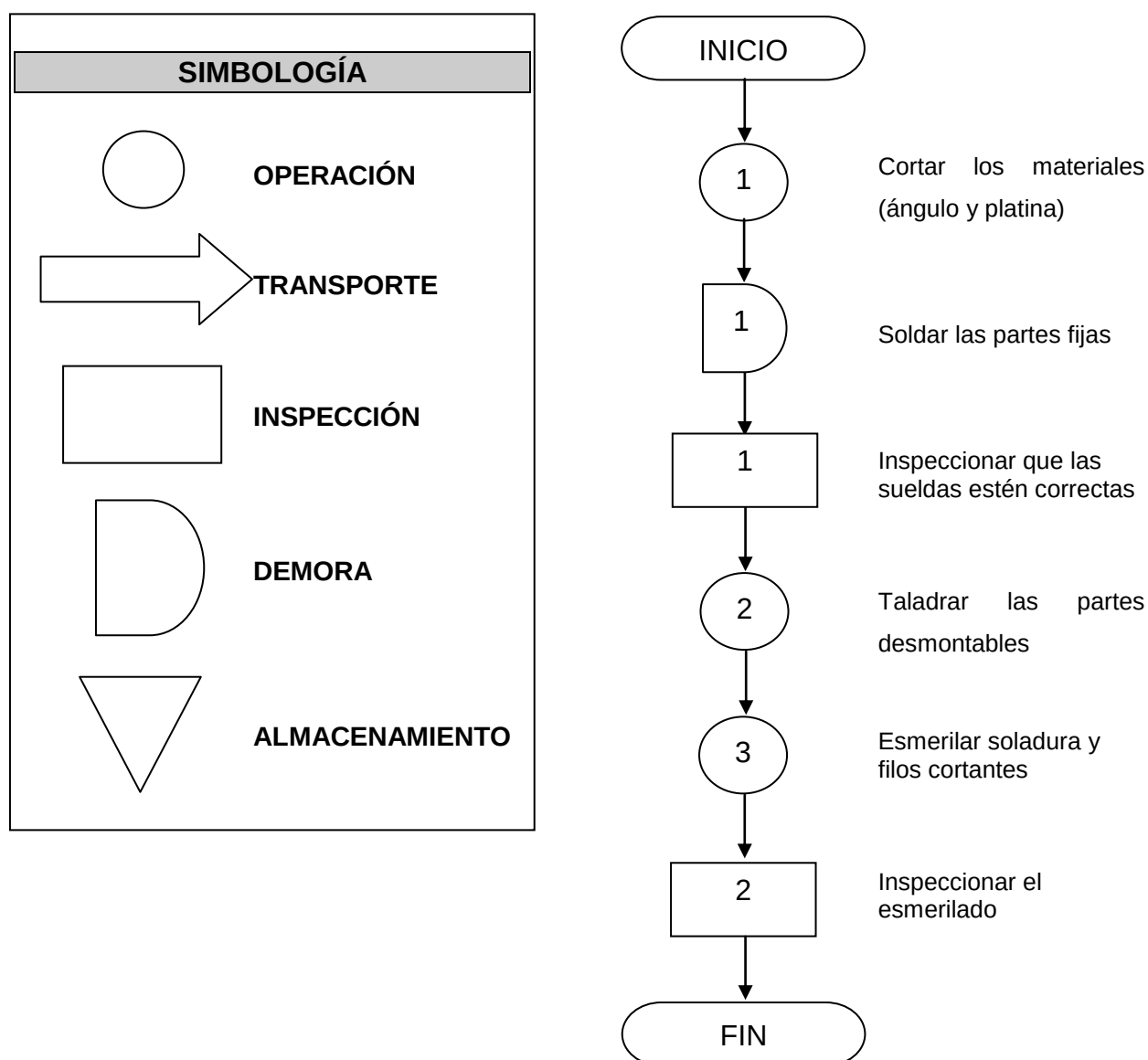
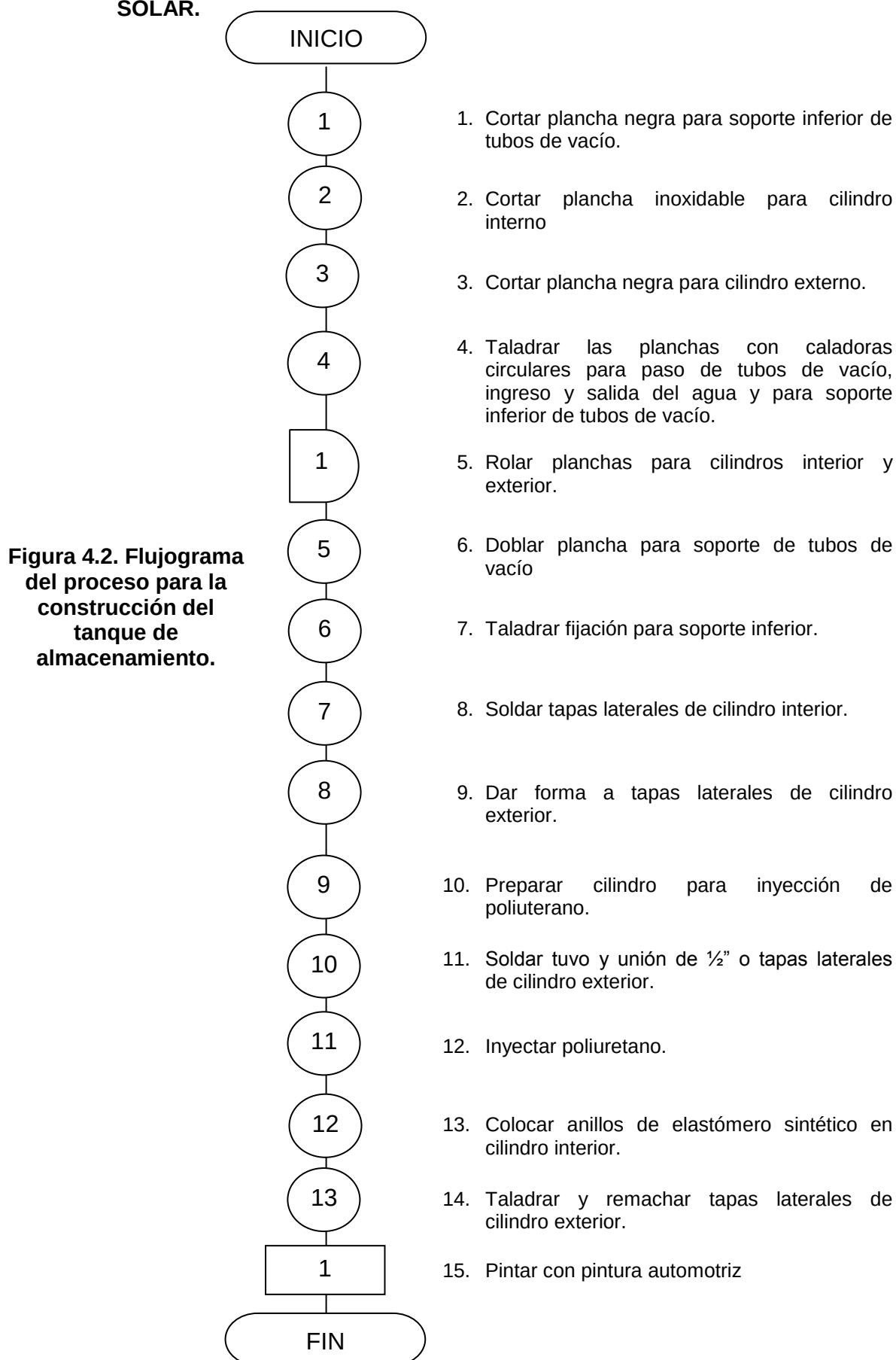


Figura 4.1. Flujoograma del proceso para la construcción de la estructura base

4.1.3. FLUJOGRAMA DE LA CONSTRUCCIÓN DEL TANQUE DEL COLECTOR SOLAR.



4.1.4. ESQUEMA DEL ÁREA ADMINISTRATIVA Y DE PRODUCCIÓN.

Las oficinas y talleres que se requieren para la construcción y comercialización de los colectores solares estarán ubicadas de la siguiente manera:

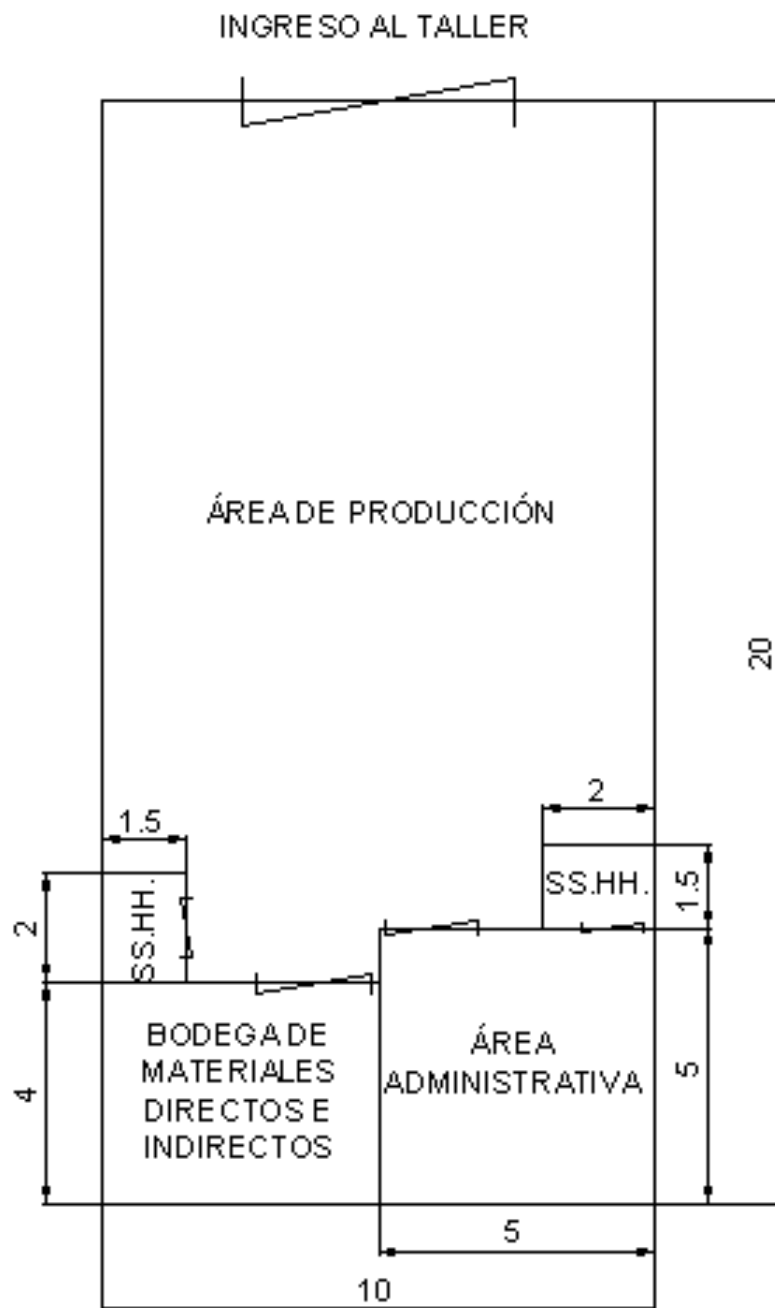


Figura 4.3. Esquema del área administrativa y de producción

El local en donde va a funcionar la empresa será un local arrendado de 200 m², cuya distribución se encuentra representada en la figura 4.3.

4.2. INVERSIONES DEL PROYECTO.

4.2.1. INVERSIONES Y FINANCIAMIENTO.

INVERSIONES.

La inversión está definida por el conjunto de recursos financieros asignados a la adquisición de elementos necesarios para llevar a cabo la instalación y el montaje del proyecto por un lado, y el funcionamiento del mismo por otro. Esta definición está identificando claramente el hecho de que la inversión da origen a dos tipos de activo: el activo Fijo cuya activación se genera en el hecho del montaje, y el capital del trabajo, cuyo apareamiento y utilización se harán efectivos en el periodo del funcionamiento del proyecto implementado.

A) INVERSIÓN FIJA.

Comprende los bienes y derechos adquiridos por la empresa, así como los gastos que se generaron en la organización, construcción y montaje, sus beneficios se extienden a periodos posteriores. La inversión fija abarca a todos los bienes que tienen una vida útil superior a un año y cuyos desembolsos se hacen una sola vez o con gran espaciamiento de tiempo.

Es importante indicar que para los efectos contables los activos fijos a excepción de los terrenos están sujetos a depreciación. Los terrenos tienden a incrementar su valor por la plusvalía generada por el desarrollo urbano o por cualquier mejora. Sin embargo, puede darse el caso de pérdida de un valor de un terreno esto debido al agotamiento de la provisión de agua de riego o la erosión que dañe el potencial productivo.

La inversión Fija se clasifica en:

- 1 Activo fijo o material tangible.
- 2 Activo fijo o material intangible

1 ACTIVO FIJO TANGIBLE.

Llamado también activo fijo material, comprende a todas las propiedades físicas tangibles que tengan una vida útil superior a un año que se utilizan en las

operaciones propias de un negocio. En el proyecto se distinguen los siguientes elementos: terreno, construcciones, instalaciones, obras complementarias, maquinaria, equipo, herramientas, muebles y enseres, equipo de oficina, vehículo y otros activos.

a) Muebles y enseres.

La empresa deberá adquirir los muebles y enseres, destinados a los departamentos de producción, administración. El desembolso para este rubro en el proyecto asciende a la cantidad de **\$ 1.788**. Ver anexo D4.

b) Equipos de oficina.

Son todos los equipos de oficina que se requieren en el departamento de producción y administración, estos equipos en el proyecto se encuentran en el mismo rubro de Muebles Enseres y Equipos de Oficina, el valor es de **\$ 110.00** dólares. Ver anexo D4.

c) Equipos de computación.

Servirán para el procesamiento de la información entre los diferentes departamentos de la oficina y producción, con los cuales además se puede conocer de forma inmediata la información financiera e informaciones de inventarios, producción y otros. Su valor asciende en el mercado nacional a la cantidad de **\$1.700** dólares. Ver Anexo D4.

2. ACTIVO FIJO INTANGIBLE.

Llamado también activo diferido, está conformado por los servicios o derechos adquiridos por la empresa para utilizarlos en su proyecto. Comprende: gastos de constitución, patentes y marcas, gastos de gestión, gastos de investigación y gastos de instalación, este valor en el proyecto tiene un monto de **\$3.845.00** dólares. Ver anexo D4.

B) CAPITAL DE TRABAJO.

Se llama así a los fondos en cuenta corriente que necesita la empresa para llevar a cabo el programa de producción y ventas. Al capital de trabajo se lo denomina

también como activo corriente y abarca el efectivo y conformado por imprevistos que constan en el cuadro de inversiones y el capital de trabajo que se muestra en el Anexo D2, y que es así mismo parte del cuadro de inversiones, generalmente estimado hasta que el proyecto genere sus propios ingresos.

Tabla 4.1. Cuadro de inversiones

CUADRO DE INVERSIONES EN DÓLARES	
DENOMINACIÓN	VALOR TOTAL
1. INVERSIÓN FIJA	
a) Adecuaciones	4.000,00
b) Equipos	7.771,50
c) Otros activos	7.443,00
SUBTOTAL DE INVERSIÓN FIJA	19.214,50
d) IMPREVISTOS 10% INVERSIÓN FIJA	1.921,45
TOTAL INVERSIÓN FIJA	21.135,95
2. CAPITAL DE TRABAJO	17.440,97
SUBTOTAL DE CAPITAL DE TRABAJO	17.440,97
TOTAL CUADRO DE INVERSIONES	38.576,92

Elaboración: El autor

FINANCIAMIENTO.

El financiamiento de un proyecto trata de la obtención de los fondos que servirán para enfrentar la realización de las inversiones, tanto en activo fijo como en capital de trabajo. Aquí indicaremos las fuentes de fondos previstas incluyendo aportes de capital y fondos generados en la propia operación del proyecto.

Es conveniente hacer un análisis de las fuentes y usos de fondos para todo el período de la vida útil del proyecto. Los datos necesarios se obtienen, para fuentes de los cuadros de pérdidas y ganancias y los aportes de capital, para usos del programa de inversiones.

a. Alternativas de financiamiento.

Este proyecto requiere una inversión que será cubierta por los aportes de los inversionistas.

1. Fuentes internas.

Serán los inversionistas quienes aporten, ya que se formara una compañía de responsabilidad limitada estos aportarán el capital para el funcionamiento de la empresa.

4.3. PRESUPUESTO DE GASTOS E INGRESOS.

4.3.1. PRESUPUESTO DE INGRESOS, COSTOS Y GASTOS.

a) Materias primas

La materia prima la constituye todos los materiales que forman parte del producto, el valor de materias primas en el proyecto asciende al valor de **\$20.564,70** dólares, para el primer año, estimándose un crecimiento del 10% anual en los siguientes años de la vida útil del proyecto. Ver cuadro siguiente (anexo "D9").

Tabla 4.2. Materias primas

MATERIALES DIRECTOS EN DÓLARES					PROVEEDOR
DENOMINACIÓN	CANT PROD.	CANT. UNIT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
Angulo 1 1/2" x 3/16"	120	12,50	1,90	2.850,00	Megahierro
Platino 1 1/2" x 3/16"	120	7,75	0,91	846,30	
Plancha negra 0,45 mm.	120	2,00	7,20	1.728,00	
Pintura fondo cromato	120	1,00	19,00	2.280,00	
Pintura sintética automotriz	120	1,00	17,00	2.040,00	
Disolvente para laca	120	2,00	4,20	1.008,00	
Plancha inoxidable 0,4 mm.	120	2,00	31,00	7.440,00	Aluminos
Tubo inox 1/2"	120	0,50	5,00	300,00	
Unión inox 1/2"	120	4,00	1,20	576,00	
Perno inox M8 x 20 mm.	120	43,00	0,29	1.496,40	
TOTAL MATERIALES DIRECTOS				20.564,70	

Elaboración: El autor

b) Mano de obra

Se utilizara mano de obra directa e indirecta.

Mano de obra directa, de acuerdo al volumen de producción, creemos conveniente la contratación de cuatro (4) personas. El personal desarrollara diferentes

actividades. En el proyecto el valor tiene un monto de **\$ 16.830** dólares. Ver anexo D10.

Mano de obra indirecta, Está conformado por las personas que intervienen de manera indirecta en el proceso de producción, se necesitara de un jefe de producción. Su valor es por la cantidad de **\$ 3.917,12** dólares y es parte del anexo costos indirectos de producción, ver anexo D11.

c) Suministros.

Energía Eléctrica.- Se empleara principalmente para el funcionamiento de los equipos, en segundo término para el alumbrado en general y finalmente para los equipos en el área de administración.

Agua potable.- Se destinará el uso de esta para diferentes actividades requeridas en el área de producción, como también para al área de administración.

Teléfono.- El gasto de teléfono corresponde al valor que se cancela por efectos de uso del mismo. Ver literal suministros en el anexo D12, costos indirectos de producción.

El valor total de suministros es de **\$ 5.578**.

- **COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN.**

Los costos de producción están conformados por sus tres elementos que son materia prima, mano de obra directa y costos indirectos de producción. En el proyecto este rubro asciende al valor de **\$49.142,96**; dólares. Ver el anexo “D11”.

En los costos indirectos de producción constan algunos procesos que se van a arrendar, por lo que es más económico que comprar los equipos, estos procesos son (tomando en cuenta la producción de un año, es decir, 120 colectores):

- **Doblado de plancha.-** El costo de arriendo por doblado de plancha es de \$120 (\$0,20 cada dobles); en relación al precio de una dobladora que es de \$3500¹.

¹ FIAM Cia. Ltda. Siderúrgica-Fundiciones-Aceros Industriales MEJÍA VILLAVICENCIO. Cuenca-Ecuador.

- **Rolado de plancha.-** El costo de arriendo por rolado es de \$720 (\$3,00 cada rolado); en relación al precio de una roladora que es de \$4000.
- **Inyección de poliuretano.-** El costo de arriendo por inyección de poliuretano es de \$8640 (\$3,00 cada kilogramo inyectado); en relación al precio de una inyectora de poliuretano que es de \$12000, sin tomar en cuenta los insumos para el proceso de inyección, es decir, el poliol y el isocionato².
- **Inyección de anillos de caucho.-** Por desconocimiento del proceso y por carecer de las máquinas para el mismo, es conveniente comprar la producción de los cuatro tipos de anillos de caucho que se utiliza en el colector. El costo de cada anillo es de \$0,70³.

- **GASTOS ADMINISTRATIVOS.**

Comprende los gastos que la empresa maneja por concepto de sueldos administrativos, materiales de oficina, teléfono, útiles de aseo y limpieza, depreciaciones y amortizaciones. En el primer año es de **\$16.727,28** dólares. Ver anexo “D12”.

- **FLUJO DE CAJA**

Este representa el movimiento neto de caja, el ingreso neto en caja o la generación neta de fondos durante un cierto periodo de tiempo, que generalmente es el año.

Este se calcula restando los costos de inversión, de producción de operación, depreciaciones y amortizaciones de los ingresos netos, menos el impuesto a la renta, más depreciaciones.

El flujo de caja para toda la vida útil del proyecto se lo presenta (ver el anexo “D20”)

² INDURAMA. S.A.

³ CAUCHIN. Caucho Industrias Irp. Rubber Metal Parts Manufacturer.

- **CUADRO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS**

La presentación de un esquema financiero se facilita mediante la integración de los datos en los denominados “cuadros de fuentes y usos de fondos”. Estos comprenden el origen y destino final de los fondos tanto para la etapa de instalación como para la de funcionamiento. El origen y el uso de los fondos durante la vida útil del proyecto se especifican en el flujo de fondos proyectado (ver anexo “D21”).

4.3.2. PRESUPUESTO DE INGRESOS Y COSTOS

- **PRESUPUESTO DE INGRESOS**

Esta proviene del dimensionamiento de la demanda total, considerando además la capacidad instalada en el año normal de producción. Para cuantificar los ingresos que la empresa tendrá una vez puesta en funcionamiento se tomará en cuenta la producción total de la presentación indicada anteriormente y el precio de venta; este precio se fijará en función a los costos de producción y a la utilidad estipulada por la empresa, la misma que ha sido calculada y es de **\$ 132.000** y se puede revisar en el anexo “D6”.

- **COSTOS FIJOS Y VARIABLES**

Costos fijos, Son aquellos en que incurre la empresa haya o no producción y que al mantenerse constante se forman en una carga fija para la empresa.

Costos variables, Estos varían de acuerdo con la mayor o menor utilización de la capacidad instalada, o con el volumen de producción. Indicamos los costos fijos para un año normal de funcionamiento, es decir al 100% de la capacidad de producción. (Ver Anexo D18 Punto de Equilibrio).

El punto de equilibrio, es el equilibrio entre el nivel de producción y ventas en el cual la empresa equilibra el valor de la producción con los gastos necesarios para realizarla, es decir, en el punto de equilibrio los costos totales son iguales a los ingresos totales, es el punto donde la empresa ni pierde ni gana dinero. Las utilidades se perciben recién cuando los ingresos por ventas superan el nivel de ese punto de equilibrio.

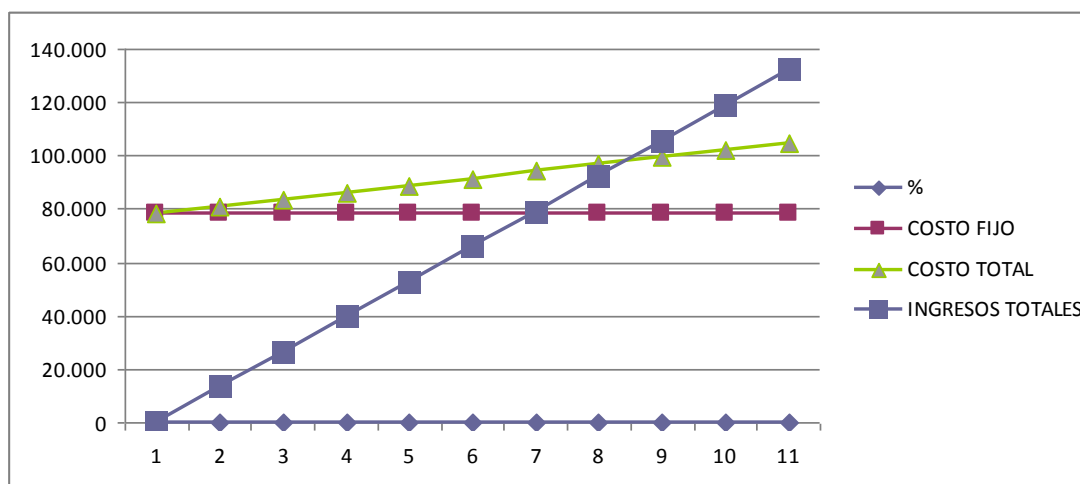


Figura 4.4. Gráfico del punto de equilibrio

4.3.3. ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS.

Está compuesto de dos partes: ingresos y gastos. Es el presupuesto de ingresos y costos viene a constituir el resultado final de una alternativa de inversión, dado que relaciona todos los aspectos y los presenta bajo la forma de resultados contables y financieros, en un orden adecuado que facilite su comprensión.

Los ingresos están representados por las diferentes partidas de ingresos monetarios que en un periodo determinado ha tenido la empresa. Los gastos se refieren a los desembolsos en el mismo periodo de tiempo. (Ver anexo D14)

4.4. EVALUACIÓN DEL PROYECTO.

Comprende la estimación de los resultados de una inversión, con la finalidad de analizar las ventajas o desventajas que se pueden obtener de los recursos asignados para la realización de dicha inversión.

La evaluación de proyectos es bastante extensa y no solo se evalúa su aspecto económico financiero, sino también la parte tecnológica y social, por eso decimos que se trata de una evaluación socioeconómica.

4.4.1. EVALUACIÓN FINANCIERA.

Es de tipo privada, que valora los costos e ingresos a precios de mercado, para medir el efecto que tiene el proyecto desde el punto de vista de la empresa, a

diferencia de la evaluación económica que mide el efecto económico dentro del crecimiento global, por lo tanto se trata de una evaluación publica.

En esta evaluación la valoración de precios e insumos no mide el efecto económico social de los flujos monetarios, ya que los precios de mercado están restringidos por limitaciones legales, estructurales, subsidios y otros factores que protegen o estimulan imperfecciones en el mecanismo de los precios de mercado. (Ver cuadro del V.A.N, TIR, R/B/C. Anexo “D23”).

a. Rentabilidad

La rentabilidad es un coeficiente de evaluación que se lo utiliza para medir la capacidad que posee la empresa para generar utilidades, debemos considerar los beneficios producidos en un periodo determinado y los recursos utilizados en la producción u obtención de dichos beneficios durante el mismo periodo.

b. Valor actual neto (v.a.n)

El V.A.N es un índice de evaluación que consiste en determinar el valor presente del flujo de costos e ingresos generados durante la vida útil del proyecto a una tasa de acuerdo que el inversionista como mínimo aceptaría. Se obtiene por las diferencias entre los ingresos netos actualizados y las inversiones. Si la primera es mayor la alternativa será atractiva, y el V.A.N será positivo.

Este parámetro actualmente se lo calcula en la función X de Excel (Anexo “D23”) el presente proyecto arroja el siguiente VAN: **\$ 80.931,25.**

c. Tasa interna de retorno.

La TIR de un proyecto es aquella que se hace de la sumatoria de los beneficios netos descontados a una tasa de retorno sea igual a cero. Representa la rentabilidad media del dinero utilizado en el proyecto durante su vida útil. El TIR que se presenta en el proyecto es: **46,45 %.**

d. Relación beneficio costo (B/C)

Esta relación es el resultado de dividir el valor actualizado de las entradas en efectivo, con el valor actualizado de los desembolsos, a la tasa de descuento (%) establecida en este proyecto. El proyecto presenta en la relación beneficio costo un índice de **1.11.**

e. Periodo de recuperación del capital

Para calcular este indicador es preciso conocer el nivel de inversión dividido para la utilidad del ejercicio.

$$\begin{aligned}\text{Período de recuperación} \\ \text{del Capital} &= \frac{\text{Inversión}}{\text{Utilidad del ejercicio}} \\ &= \frac{38.576,92}{17.438,27} \\ &= 2.21\end{aligned}$$

Para conocer los meses y días procedemos a realizar la siguiente regla de tres

Cálculo de los meses:

$$\begin{array}{cc} 1 \text{ año} & 12 \text{ meses} \\ 0.21 & X \end{array}$$

$$X = \frac{0.21 \times 12}{1}$$

$$X = 2.54 \text{ meses}$$

Cálculo de los días:

$$\begin{array}{cc} 1 \text{ mes} & 30 \text{ días} \\ 0.54 & X \end{array}$$

$$X = \frac{0.54 \times 30}{1}$$

$$X = 16.39 \text{ días}$$

Por consiguiente, el capital se lo recupera a los 2 años 2 meses y 17 días.

4.4.2. EVALUACIÓN SOCIAL.

La evaluación social se preocupa por la calidad y por las acciones emprendidas por la empresa para que sean efectivas y tengan impactos reales en la calidad de vida de las personas.

Con la realización del proyecto se está colaborando con el desarrollo socioeconómico de la provincia del Azuay, contribuyendo a la generación de empleo, así mismo buscando alternativas viables que para contribuir con uno de los graves problemas que tiene nuestro planeta en los actuales momentos como lo es la contaminación ambiental, a través de un colector solar, evitando de esta manera el consumo de energía eléctrica, disminuyendo la problemática señalada.

Además se dará trabajo a 6 personas entre nivel directivo, ejecutivo y operativo, generando fuentes de empleo tanto para personas profesionales como obreros y artesanos.

CONCLUSIONES

Se pudo comprobar lo factible de poseer un colector solar de tubos de vacío, ya que en las mediciones tomadas del equipo instalado nos dieron como resultados valores muy favorables en cuanto a la temperatura de salida del agua, la misma que alcanzó hasta 75 °C en días de buena radiación, si a esto le sumamos el hecho de no utilizar energía eléctrica o quemar combustibles fósiles, convierte a los colectores solares de tubos de vacío en una de las mejores opciones para tener agua caliente de uso domiciliario.

El costo de estos equipos es bastante elevado en relación los que utilizamos actualmente, pero este valor se amortiza con el tiempo, debido a que la garantía para un colector solar de tubos de vacío es de 10 años y no presenta gastos, de ninguna clase, en su utilización.

Se diseñó un colector solar que posee una mejora en un 23% en la captación solar, demostrado analíticamente; debido al ángulo de inclinación de los tubos de vacío de acuerdo a la latitud de la ciudad de Cuenca.

Para calcular la eficiencia del colector se necesita construir el equipo y que este se encuentre emplazado y funcionando, para poder realizar un seguimiento de las condiciones meteorológicas y de temperatura reales de trabajo, con las cuales sería posible realizar el cálculo antes mencionado.

Se ha demostrado mediante un análisis estructural, con un software para este efecto, que las cargas reales debido al peso del tanque de almacenamiento no presentan deformación alguna en la estructura base del colector.

Se suprimió en el diseño final la válvula de flotador que presenta el colector emplazado, por donde ingresa el agua, por lo que este accesorio disminuye el caudal de salida de una manera considerable y de esta forma se aprovecharía el caudal de la línea de entrada.

El precio de venta del colector resultó relativamente alto, debido al alto precio de los materiales en nuestro medio. Además resultó muy complicado conseguir un precio accesible de tubos de vacío, por lo que fue conveniente conseguir un contacto en China, el mismo que nos pudiera facilitar la importación desde ese país en caso de arrancar con la producción de colectores solares.

Se pudo notar una gran acogida en las personas entrevistadas a la idea de fabricar este tipo de colectores, porque encuentran muy conveniente incluir este tipo de tecnologías en nuestro medio, no sólo por economía, sino también por las ventajas medioambientales que presenta. Otro factor conveniente es la idea de tener un proveedor local de este tipo de equipos, por lo que actualmente no existe ninguno.

RECOMENDACIONES

Actualmente todas las personas deberían tener más presente la posibilidad de sustituir todo artefacto que dependa de la combustión de combustibles fósiles, por los de energías renovables; no sólo por la inminente escasez del petróleo, sino por que el medio ambiente tiene un elevado índice de CO₂, lo que desembocaría en un problema irreversible para la humanidad.

Quizá nosotros no lleguemos a sufrir las consecuencias de este descuido, pero son nuestras descendencias las que no podrán gozar de todas las ventajas que hoy tenemos para vivir cómodamente y justamente es por ellos, por los que se debe hacer conciencia de la realidad actual de nuestro planeta y que va a ir empeorando con el paso de los días si nosotros no colaboramos para que esto cambie.

BIBLIOGRAFÍA

Libros.

- WALPOLE, Ronald y MYERS, Raymond, “Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias”, Editorial Pearson Educación, Octava edición, México 2007.
- JANSEN, Ted J, “Solar Engineering Technology”, Editorial/ production supervision: Albert Boddy and Barbara Palambo.
- CENGEL, Yunus A, “Transferencia de calor”, Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, México 2004
- CENGEL, Yunus A, “Termodinámica”, Editorial Mc Graw Hill, Cuarta edición, Mexico 2003.
- CUEVAS VILLEGAS, Carlos Fernando, “Contabilidad de costos: enfoque general y de gestión”, Editorial Pearson Educación, Segunda edición, Colombia 2001.
- HORNGREN, Charles, DATAR Srikant y FOSTER, George, “Contabilidad de costos: un enfoque gerencial”, Editorial Pearson Educación, Décima segunda edición, Mexico 2007.

Páginas de Internet.

- <http://www.martinot.info/reference>
- <http://www.cordis.lu/eesd/src/indicators>
- <http://www.undp.org/seed/eap/activities/wea/drafts-frame>
- http://www.ecologistasenaccion.org/2002/documentos/225_medidas.pdf

- http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/2_clima/2_soleamiento/tesis/soleamie
- http://wrdc-mgo.nrel.gov/html/get_data-ap
- <http://www.eere.energy.gov/>
- <http://www.solarpaces.org>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Colector_solar#Captadores_de_baja_temperatura
- <http://energiasolar.galeon.com>
- <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01>
- http://www.natureduca.com/energ_alternat_eolicaintrod.php
- <http://www.greenpeace.org>
- <http://www.olade.com>
- <http://www.procobre.org>
- <http://www.amordad.es>
- <http://www.textoscientificos.com/energia/calentador-solar/construccion-colectores>
- <http://www.belenos.es>
- <http://www.sitiosolar.com>

ANEXOS

ANEXO A

TABLAS DE DATOS METEOROLÓGICOS.

Tabla 1: Datos meteorológicos en la mañana

Fecha	Hora	Viento (m/s)	T Amb. (°C)	Humedad (%)	Radiación (W/m ²)	Temp. Ent. T1 (°C)	Temp. Sal. T2 (°C)	ΔT (T2-T1) (°C)	Temp. Duchas (°C)
09/06/2009	8H30	0,6	20,3	59,5					
10/06/2009	8H30	0,4	19,3	63,5					
11/06/2009	9H00	1,8	16,5	79,2					
12/06/2009	10H00	0,4	19,1	64,8					
13/06/2009	9H00	0,8	18,4	62,5					
15/06/2009	10H00	1,2	19,5	58,6					
16/06/2009	10H00	0,9	19,4	64,6					
17/06/2009	10H30	1	21,7	54,1					
18/06/2009	9H30	0,3	17,2	72,3					
19/06/2009	10H30	0,8	20,8	48					
20/06/2009	10H00	0,6	21,2	50,4					
22/06/2009	10H30	0,8	20,8	48					
23/06/2009	10H00	0,8	14,6	74,8					
24/06/2009	10H30	0,5	17,6	70,2					
25/06/2009	9H30	0,4	18,3	61,2					
26/06/2009	8H30	0,4	19,3	64,5					
27/06/2009	9H00	1,8	16,5	75,6					
29/06/2009	10H00	0,4	19,1	65,8					
30/06/2009	9H00	0,8	18,4	63,1					
01/07/2009	10H00	1,2	19,5	57,4					
02/07/2009	10H00	0,9	19,4	64,8					
03/07/2009	10H30	1	21,7	55,1					
04/07/2009	9H30	0,3	17,2	70,1					
06/07/2009	10H00	0,9	19,4	64,6					
07/07/2009	10H00	0,8	18,9	68,2					
08/07/2009	9H30	0,7	17,6	60,2		14	43	29	36
09/07/2009	10H00	0,5	14,6	68,5		15	32	17	27
10/07/2009	10H00	0,4	18,1	60,5		16	33	17	28
11/07/2009	8H30	0,5	14,4	69,5		14	35	21	32
13/07/2009	9H30	0,9	16,1	49		16	45	29	39
14/07/2009	8H30	0,4	17	65,9		19	37	18	24

16/07/2009	8H30	0,6	13,4	69,8	270	19	38	19	28
17/07/2009	9H30	0,7	15,5	66,6	337	16	42	26	35
18/07/2009	11H00	0,4	22,9	43,6	918	19	48	29	33
20/07/2009	9H30	1	18	68	120	16	42	26	32
21/07/2009	9H30	1,2	19,2	45,2	184	12	32	20	29
22/07/2009	9H00	1,7	20	49,1	95	19	44	25	39
23/07/2009	9H00	1,5	18,2	55,6	152	14	39	25	35
24/07/2009	9H30	1	19	50,2	462	12	38	26	35
25/07/2009	9H30	0,7	15,5	66,6	337	16	42	26	35
27/07/2009	9H00	1,6	18,8	45,6	78	14	38	24	34
29/07/2009	9H00	1,5	20	43,6	200	15	44	29	39
30/07/2009	8H30	0,5	14,4	69,5	93	14	35	21	32
31/07/2009	9H00	1	18,2	67	90	19	45	26	33
01/08/2009	9H30	0,7	15,5	66,6	337	16	42	26	35
03/08/2009	9H00	0,4	16,1	68,9	80	17	43	26	38
04/08/2009	9H00	1,7	20	49,1	95	19	44	25	39
05/08/2009	9H30	1	19	50,2	462	12	38	26	35
06/08/2009	9H30	0,7	15,5	66,6	337	16	42	26	35
07/08/2009	11H00	0,4	22,9	43,6	918	19	48	29	33
08/08/2009	10H30	0,7	17,9	63,2	345	18	38	20	29
10/08/2009	11H00	0,4	18	62,3	356	15	35	20	32
11/08/2009	11H00	0,4	22,9	43,6	918	19	48	29	33
12/08/2009	11H00	0,4	18	62,3	356	15	35	20	32
13/08/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	774	14	53	39	47
14/08/2009	10H00	0,5	25,2	35,2	823	19	61	42	49
15/08/2009	9H00	0,4	18,4	50,2	342	16	62	46	49
17/08/2009	11H00	0,7	21,2	48,5	230	18	55	37	40
18/08/2009	11H00	0,4	22,9	43,6	918	19	48	29	33
19/08/2009	10H00	0,1	18,3	77,2	354	15	45	30	38
20/08/2009	11H00	0,4	22,9	43,6	918	19	48	29	33
21/08/2009	10H30	0,7	17,9	63,2	345	18	38	20	29
22/08/2009	11H00	0,4	18	62,3	356	15	35	20	32
25/08/2009	11H00	0,4	18	62,3	356	15	35	20	32
26/08/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	774	14	53	39	47
27/08/2009	10H00	0,5	25,2	35,2	823	19	61	42	49
28/08/2009	9H00	0,4	18,4	50,2	342	16	62	46	49
29/08/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	778	14	53	39	47
31/08/2009	10H30	0,2	21,3	47,5	834	16	57	41	48
01/09/2009	10H00	0,4	20,2	53,6	825	17	54	37	45

02/09/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	774	14	53	39	47
03/09/2009	10H00	0,5	25,2	35,2	823	19	61	42	49
04/09/2009	9H00	0,4	18,4	50,2	342	16	62	46	49
05/09/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	778	14	53	39	47
07/09/2009	10H30	0,2	21,3	47,5	834	16	57	41	48
08/09/2009	10H00	0,4	20,2	53,6	825	17	54	37	45
09/09/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	774	14	53	39	47
10/09/2009	10H00	0,5	25,2	35,2	823	19	61	42	49
11/09/2009	9H00	0,4	18,4	50,2	342	16	62	46	49
14/09/2009	10H30	0,5	22,1	37,3	778	14	53	39	47
15/09/2009	10H00	0,5	25,2	35,2	823	19	61	42	49
16/09/2009	10H00	0,6	21,6	45	895	14	45	31	38
17/09/2009	10H30	0,3	18,2	66,1	184	16	36	20	30
18/09/2009	10H30	1,2	20	56,5	353	15	32	17	30

Fuente: Elaboración propia en base a datos registrados en proyecto de investigación “Evaluación y caracterización de colectores solares para agua caliente sanitaria en la ciudad de Cuenca”.

Tabla 2: Datos meteorológicos al medio día.

Fecha	Hora	Viento (m/s)	T Amb. (°C)	Humedad (%)	Radiación (W/m ²)	Temp. Ent. T1 (°C)	Temp. Sal. T2 (°C)	ΔT (T2-T1) (°C)	Temp. Duchas (°C)
09/06/2009	12H30	1,3	23,5	53,4					
10/06/2009	13H00	0,5	22	61,4					
11/06/2009	14H00	1,8	17,3	74					
12/06/2009	12H30	1,3	17,3	77,8					
13/06/2009	12H00	1,4	19,8	64,5					
15/06/2009	12H00	0,6	20,7	54,3					
16/06/2009	13H00	1,2	21,5	56,4					
17/06/2009	14H00	0,9	22,2	48,2					
18/06/2009	14H00	0,6	22,1	62,5					
19/06/2009	13H00	1	23,2	46					
20/06/2009	14H00	0,8	23,8	48,2					
22/06/2009	14H00	0,9	24	44,8					
23/06/2009	13H00	0,8	18	65,8					
24/06/2009	13H30	0,8	19,1	66,5					
25/06/2009	12H30	1,3	23,5	52,3					
26/06/2009	13H00	0,5	22	62,5					
27/06/2009	14H00	1,8	17,3	72,1					
29/06/2009	12H30	1,3	17,3	72,8					
30/06/2009	12H00	1,4	19,8	60,2					
01/07/2009	12H00	0,6	20,7	55,3					
02/07/2009	13H00	1,2	21,5	55,4					
03/07/2009	14H00	0,9	22,2	50,2					
04/07/2009	14H00	0,6	22,1	60,2					
06/07/2009	13H00	1,2	21,5	56,4					
07/07/2009	13H00	1,2	19,5	62,3					
08/07/2009	13H00	1,4	18,5	50,2		16	45	29	38
09/07/2009	12H30	1,2	14,7	73,3		16	35	19	29
10/07/2009	13H30	0,3	19,3	50,2		18	38	20	30
11/07/2009	14H00	0,6	19,8	51,2		15	40	25	37
13/07/2009	12H30	0,5	20,3	52,1		16	45	29	35
14/07/2009	13H00	0,7	19	50,5		17	42	25	34
15/07/2009	12H30	0,5	19,2	44,4	178	20	45	25	35
16/07/2009	12H30	0,4	22,9	35,6	425	19	48	29	43

17/07/2009	12H30	0,9	18,5	60,3	356	18	46	28	38
18/07/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
20/07/2009	12H30	1,6	21,6	52	236	16	40	24	32
21/07/2009	13H30	0,4	24,8	34,1	184	13	35	22	32
22/07/2009	13H30	2	23,5	42,3	168	22	45	23	35
23/07/2009	14H00	2	21,7	49,7	154	15	44	29	39
24/07/2009	12H00	1,3	21	43,5	236	16	42	26	37
25/07/2009	12H30	0,9	18,5	60,3	356	18	46	28	38
27/07/2009	13H00	2	22,1	39,7	97	16	44	28	39
28/07/2009	14H00	0,7	18,4	51,4	75	16	42	26	38
29/07/2009	14H00	1,2	21	47,7	180	16	44	28	39
30/07/2009	14H00	0,6	19,8	51,2	189	15	40	25	37
31/07/2009	14H30	0,7	20,2	44,5	233	24	45	21	32
01/08/2009	12H30	0,9	18,5	60,3	356	18	46	28	38
03/08/2009	14H30	0,9	20,8	45,9	80	19	43	24	38
04/08/2009	13H30	2	23,5	42,3	168	22	45	23	35
05/08/2009	12H00	1,3	21	43,5	236	16	42	26	37
06/08/2009	12H30	0,9	18,5	60,3	356	18	46	28	38
07/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
08/08/2009	13H30	0,5	20,1	59,2	520	19	42	23	36
10/08/2009	13H30	0,5	25,3	41	512	16	39	23	35
11/08/2009	12H00	0,8	20,8	51	366	18	38	20	29
12/08/2009	13H30	0,5	25,3	41	512	16	39	23	35
13/08/2009	12H00	0,2	24,1	49,2	896	18	59	41	47
14/08/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
15/08/2009	12H00	0,1	28,6	26,8	895	21	63	42	50
17/08/2009	13H00	0,4	23,4	45,6	610	20	58	38	42
18/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
19/08/2009	13H00	0,2	22,5	64,2	530	17	51	34	37
20/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
21/08/2009	13H30	0,5	20,1	59,2	520	19	42	23	36
22/08/2009	13H30	0,5	25,3	41	512	16	39	23	35
24/08/2009	12H00	0,8	20,8	51	366	18	38	20	29
25/08/2009	13H30	0,5	25,3	41	512	16	39	23	35
26/08/2009	12H00	0,2	24,1	49,2	896	18	59	41	47
27/08/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
28/08/2009	12H00	0,1	28,6	26,8	895	21	63	42	50
29/08/2009	12H00	0,4	23,1	43,5	890	18	67	49	52
31/08/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49

01/09/2009	13H30	0,4	23,4	40,5	823	16	62	46	52
02/09/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
03/09/2009	12H00	0,1	28,6	26,8	895	21	63	42	50
04/09/2009	12H00	0,4	23,1	43,5	890	18	67	49	52
05/09/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
07/09/2009	13H30	0,4	23,4	40,5	823	16	62	46	52
08/09/2009	12H00	0,2	24,1	49,2	896	18	59	41	47
09/09/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
10/09/2009	12H00	0,1	28,6	26,8	895	21	63	42	50
11/09/2009	12H00	0,4	23,1	43,5	890	18	67	49	52
14/09/2009	12H30	0,3	25,6	30,5	882	16	58	42	49
15/09/2009	12H00	0,1	28,6	26,8	895	21	63	42	50
16/09/2009	14H00	1,5	24,2	38,2	195	14	53	39	44
17/09/2009	13H30	0,2	22,3	52	184	16	37	21	31
18/09/2009	13H30	0,6	21,5	43,8	347	17	32	15	29

Fuente: Elaboración propia en base a datos registrados en proyecto de investigación “Evaluación y caracterización de colectores solares para agua caliente sanitaria en la ciudad de Cuenca”.

Tabla 3: Datos meteorológicos en la tarde.

Fecha	Hora	Viento (m/s)	T Amb. (°C)	Humedad (%)	Radiación (W/m ²)	Temp. Ent. T1 (°C)	Temp. Sal. T2 (°C)	ΔT (T2-T1) (°C)	Temp. Duchas (°C)
09/06/2009	17H30	0,4	21	52,1					
10/06/2009	18H00	0,4	18,8	68,3					
11/06/2009	18H00	0,9	16,2	82,1					
12/06/2009	16H00	0,7	17,7	69,1					
13/06/2009	17H00	0,7	17,5	68,9					
15/06/2009	17H00	1,8	17,4	75,9					
16/06/2009	17H30	0,6	19,1	58,8					
17/06/2009	18H00	0,6	18,3	54,2					
18/06/2009	17H00	0,7	16,5	47,4					
19/06/2009	17H00	0,8	18,4	45,2					
20/06/2009	17H00	0,6	19	44,7					
22/06/2009	17H30	0,8	18,2	50,2					
23/06/2009	17H00	0,9	15	60,2					
24/06/2009	18H00	0,7	18,3	60,6					
25/06/2009	17H30	0,4	21	50,2					
26/06/2009	18H00	0,4	18,8	65,2					
27/06/2009	18H00	0,9	16,2	74,6					
29/06/2009	16H00	0,7	17,7	70,2					
30/06/2009	17H00	0,7	17,5	64,5					
01/07/2009	17H00	1,8	17,4	72,5					
02/07/2009	17H30	0,6	19,1	60,8					
03/07/2009	18H00	0,6	18,3	59,2					
04/07/2009	17H00	0,7	16,5	50,3					
06/07/2009	17H30	0,6	19,1	58,8					
07/07/2009	15H40	0,7	18,5	58,6					
08/07/2009	16H30	1,2	21,4	45,5		16	47	31	39
09/07/2009	17H00	0,5	16	72,9		16	35	19	29
10/07/2009	18H00	1,4	15	70,1		17	37	20	22
11/07/2009	17H30	0,8	18,5	49,2		15	41	26	37
13/07/2009	17H30	1,2	17,9	59,3		15	46	31	35
14/07/2009	17H30	2,1	17	55		14	45	31	35
15/07/2009	18H00	0,5	16,6	45,6	20	14	46	32	33
16/07/2009	18H00	0,6	18,2	53,9	11	20	50	30	33

17/07/2009	16H30	1,2	16,9	56,3	321	18	50	32	40
18/07/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
20/07/2009	17H30	0,6	21,2	46,8	65	17	44	27	34
21/07/2009	16H30	0,8	21,3	41,2	143	16	41	25	36
22/07/2009	18H00	0,7	19,3	49,2	18	20	45	25	37
23/07/2009	17H30	0,8	21,1	42	60	16	43	27	38
24/07/2009	17H00	1,2	21,4	41,4	236	16	42	26	37
25/07/2009	16H30	1,2	16,9	56,3	321	18	50	32	40
28/07/2009	18H30	0,5	17,1	64,9	0	15	43	28	38
29/07/2009	17H30	0,6	17	50,8	18	16	43	27	38
30/07/2009	17H30	0,8	18,5	49,2	32	15	41	26	37
01/08/2009	16H30	1,2	16,9	56,3	321	18	50	32	40
03/08/2009	17H30	0,9	18,7	52,1	92	19	46	27	39
04/08/2009	18H00	0,7	19,3	49,2	18	20	45	25	37
05/08/2009	17H00	1,2	21,4	41,4	236	16	42	26	37
06/08/2009	16H30	1,2	16,9	56,3	321	18	50	32	40
07/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
08/08/2009	16H30	1,3	18,6	55,3	85	18	45	27	37
10/08/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	85	17	45	28	37
11/08/2009	17H00	0,6	19,6	48,9	52	15	46	31	38
12/08/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	43	17	60	43	46
13/08/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
14/08/2009	17H00	1	21,4	45,5	40	19	62	43	47
15/08/2009	15H30	1,3	19,4	39,9	200	18	69	51	52
17/08/2009	17H00	0,9	21,5	52,1	50	20	60	40	44
18/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
19/08/2009	16H00	1,6	19,9	53,3	14	17	55	38	38
20/08/2009	14H30	0,3	23,7	36,4	338	20	55	35	39
21/08/2009	16H30	1,3	18,6	55,3	85	18	45	27	37
22/08/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	43	17	60	43	46
24/08/2009	17H00	0,6	19,6	48,9	52	15	46	31	38
25/08/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	43	17	60	43	46
26/08/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
27/08/2009	17H00	1	21,4	45,5	40	19	62	43	47
28/08/2009	15H30	1,3	19,4	39,9	200	18	69	51	52
29/08/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
31/08/2009	17H30	0,5	20,8	39,6	32	15	63	48	52
01/09/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	43	17	60	43	46
02/09/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48

03/09/2009	17H00	1	21,4	45,5	40	19	62	43	47
04/09/2009	15H30	1,3	19,4	39,9	200	18	69	51	52
05/09/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
07/09/2009	17H30	0,5	20,8	39,6	32	15	63	48	52
08/09/2009	17H00	1,1	20,7	45,6	43	17	60	43	46
09/09/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
10/09/2009	17H00	1	21,4	45,5	40	19	62	43	47
11/09/2009	15H30	1,3	19,4	39,9	200	18	69	51	52
14/09/2009	17H00	1,1	23,2	35,2	145	17	64	47	48
15/09/2009	17H00	1	21,4	45,5	40	19	62	43	47
16/09/2009	17H00	1,1	17,8	59,8	34	17	50	33	35
17/09/2009	16H30	0,3	18,2	66,1	184	16	36	20	30
18/09/2009	17H00	0,8	19	49,7	49	16	33	17	31

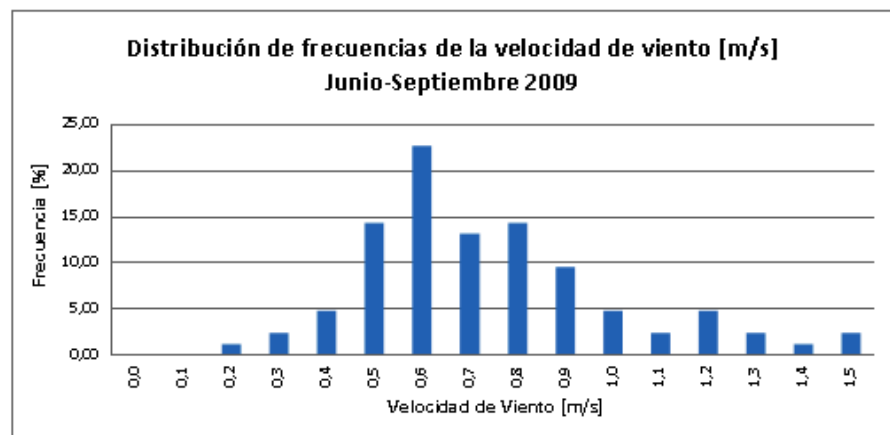
Fuente: Elaboración propia en base a datos registrados en proyecto de investigación “Evaluación y caracterización de colectores solares para agua caliente sanitaria en la ciudad de Cuenca”.

ANEXO B

ANEXO B1

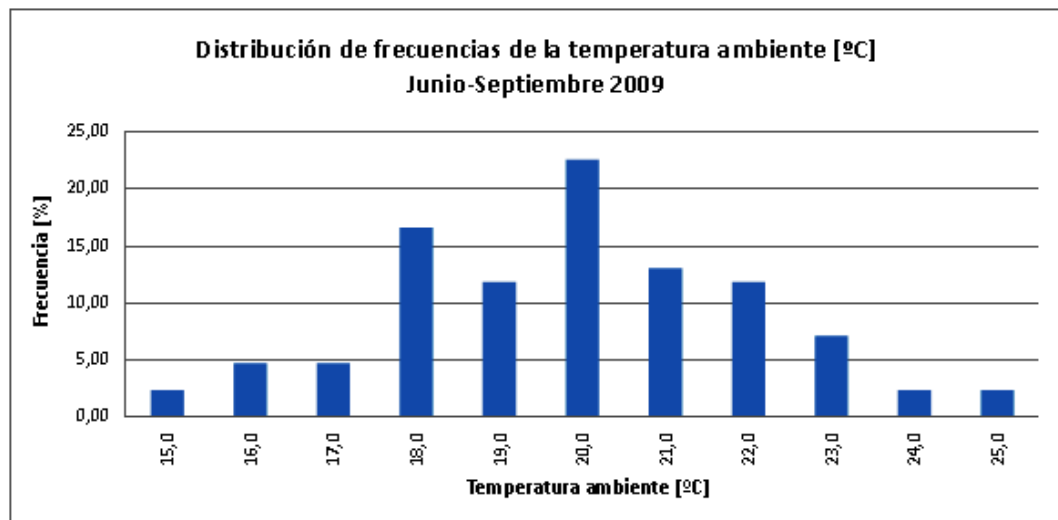
DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS Y CÁLCULO DE MEDIA, VARIANZA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Velocidad [m/s]	Frecuencias (f)				Suma (D)	Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand	
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre						
0,00 - 0,09	0	0	0	0	0	0,00	0,05	0,00	0,00	
0,10 - 0,19	0	0	0	0	0	0,00	0,15	0,00	0,00	
0,20 - 0,29	0	0	1	0	1	1,19	0,25	0,25	0,35	
0,30 - 0,39	0	0	2	0	2	2,38	0,35	0,70	0,46	
0,40 - 0,49	2	0	0	2	4	4,76	0,45	1,80	0,56	
0,50 - 0,59	1	4	3	4	12	14,29	0,55	6,60	0,83	
0,60 - 0,69	2	3	11	3	19	22,62	0,65	12,35	0,45	
0,70 - 0,79	2	2	3	4	11	13,10	0,75	8,25	0,02	
0,80 - 0,89	6	4	2	0	12	14,29	0,85	10,20	0,05	
0,90 - 0,99	3	4	1	0	8	9,52	0,95	7,60	0,24	
1,00 - 1,09	0	3	1	0	4	4,76	1,05	4,20	0,32	
1,10 - 1,19	0	2	0	0	2	2,38	1,15	2,30	0,31	
1,20 - 1,29	1	2	0	1	4	4,76	1,25	5,00	1,00	
1,30 - 1,39	0	1	1	0	2	2,38	1,35	2,70	0,74	
1,40 - 1,49	0	1	0	0	1	1,19	1,45	1,45	0,52	
1,50 - 1,59	2	0	0	0	2	2,38	1,55	3,10	1,37	
Total días					84	100,00	Suma Producto	66,50	0,09	Varianza
									0,29	Desviación estándar
							Media	0,79		



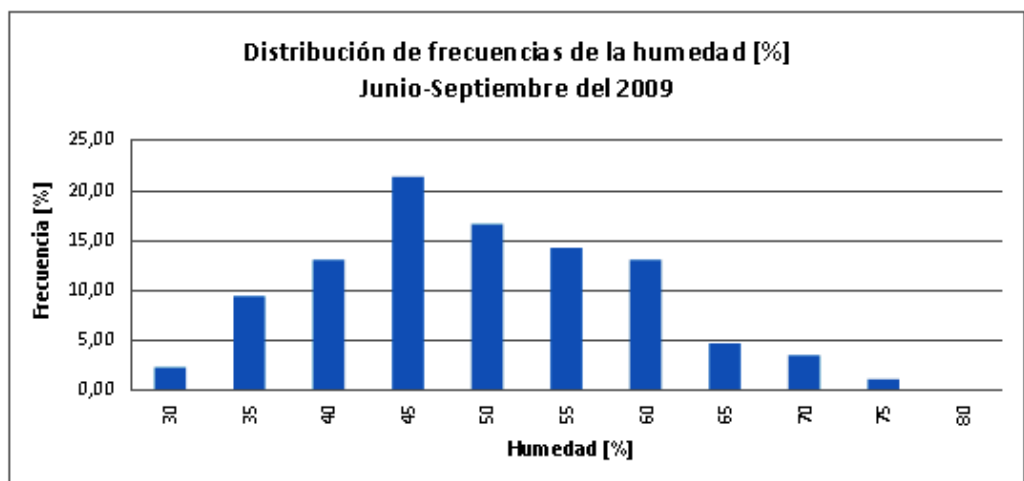
ANEXO B2

Tº Ambiente [°C]	Frecuencias (f)				Suma (D)	Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand		
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre							
15,0 - 15,9	1	1	0	0	2	2,38	15,50	31,00	57,00		
16,0 - 16,9	2	2	0	0	4	4,76	16,50	66,00	72,16		
17,0 - 17,9	0	4	0	0	4	4,76	17,50	70,00	39,85		
18,0 - 18,9	6	5	3	0	14	16,67	18,50	259,00	59,72		
19,0 - 19,9	1	6	3	0	10	11,90	19,50	195,00	9,49		
20,0 - 20,9	6	6	6	1	19	22,62	20,50	389,50	0,26		
21,0 - 21,9	3	1	3	4	11	13,10	21,50	236,50	16,05		
22,0 - 22,9	0	1	4	5	10	11,90	22,50	225,00	52,86		
23,0 - 23,9	0	0	5	1	6	7,14	23,50	141,00	68,96		
24,0 - 24,9	0	0	0	2	2	2,38	24,50	49,00	40,16		
25,0 - 25,9	0	0	1	1	2	2,38	25,50	51,00	62,10		
Total días					84	100,00	Suma Producto	1713,00	5,70	Varianza	
									2,39	Desviación estandar	
Media								20,39			



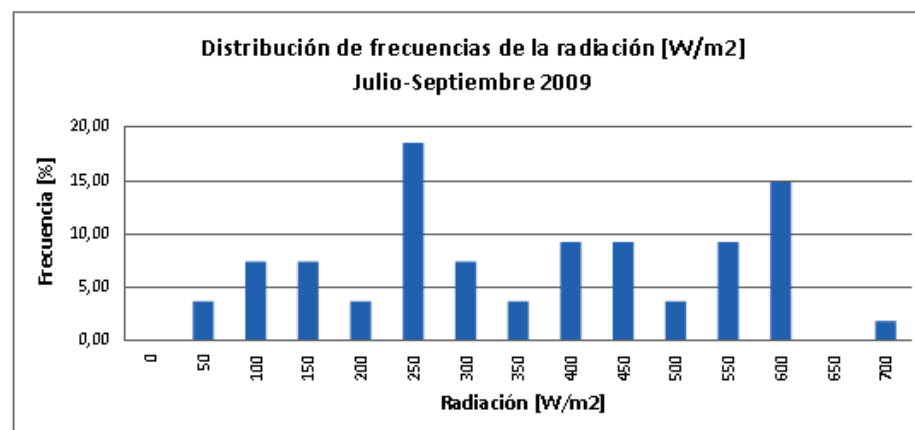
ANEXO B3

Tº Ambiente [°C]	Frecuencias (f)				Suma (D)	Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand		
	Junio	Julio	Agosto	Septiembre							
30,0 - 34,9	0	0	0	2	2	2,38	32,50	65,00	902,04		
35,0 - 39,9	0	0	3	5	8	9,52	37,50	300,00	1992,53		
40,0 - 44,9	0	1	8	2	11	13,10	42,50	467,50	1172,98		
45,0 - 49,9	3	5	6	4	18	21,43	47,50	855,00	427,07		
50,0 - 54,9	2	9	2	1	14	16,67	52,50	735,00	4,78		
55,0 - 59,9	2	5	5	0	12	14,29	57,50	690,00	437,77		
60,0 - 64,9	5	5	1	0	11	13,10	62,50	687,50	1453,59		
65,0 - 69,9	4	0	0	0	4	4,76	67,50	270,00	1149,33		
70,0 - 74,9	2	1	0	0	3	3,57	72,50	217,50	1506,13		
75,0 - 79,9	1	0	0	0	1	1,19	77,50	77,50	776,28		
80,0 - 84,5	0	0	0	0	0	0,00	82,50	0,00	0,00		
Total días					84	100,00	Suma Producto	4365,00	116,93	Varianza	
										10,81	Desviación estandar
Media								51,96			



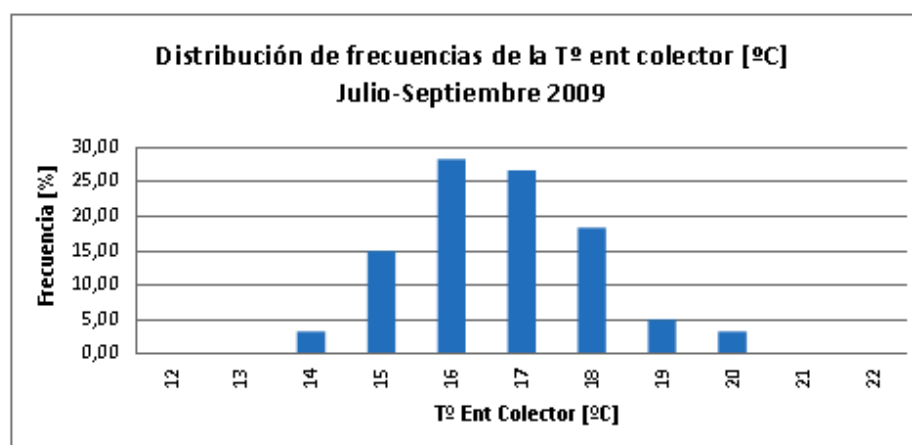
ANEXO B4

Tº Ambiente [°C]	Frecuencias (f)				Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand		
	Julio	Agosto	Septiembre	Suma (D)						
0,0 - 49,9	0	0	0	0	0,00	25,00	0,00	0,00		
50,0 - 99,9	2	0	0	2	3,70	75,00	150,00	354227,00		
100,0 - 149,9	4	0	0	4	7,41	125,00	500,00	497891,58		
150,0 - 199,9	2	1	1	4	7,41	175,00	700,00	324366,20		
200,0 - 249,9	1	1	0	2	3,70	225,00	450,00	93938,93		
250,0 - 299,9	5	5	0	10	18,52	275,00	2750,00	221066,40		
300,0 - 349,9	0	4	0	4	7,41	325,00	1300,00	26012,29		
350,0 - 399,9	0	1	1	2	3,70	375,00	750,00	317,53		
400,0 - 449,9	0	3	2	5	9,26	425,00	2125,00	15368,59		
450,0 - 499,9	0	4	1	5	9,26	475,00	2375,00	76239,65		
500,0 - 549,9	1	1	0	2	3,70	525,00	1050,00	73362,80		
550,0 - 599,9	0	2	3	5	9,26	575,00	2875,00	336870,65		
600,0 - 649,9	0	2	6	8	14,81	625,00	5000,00	858608,95		
650,0 - 699,9	0	0	0	0	0,00	675,00	0,00	0,00		
700,0 - 749,9	0	1	0	1	1,85	725,00	725,00	215007,87		
Total días				54	100,00	Suma Producto	20750,00	53301,31	Varianza	
								230,87	Desviación estandar	
					Media	384,26				



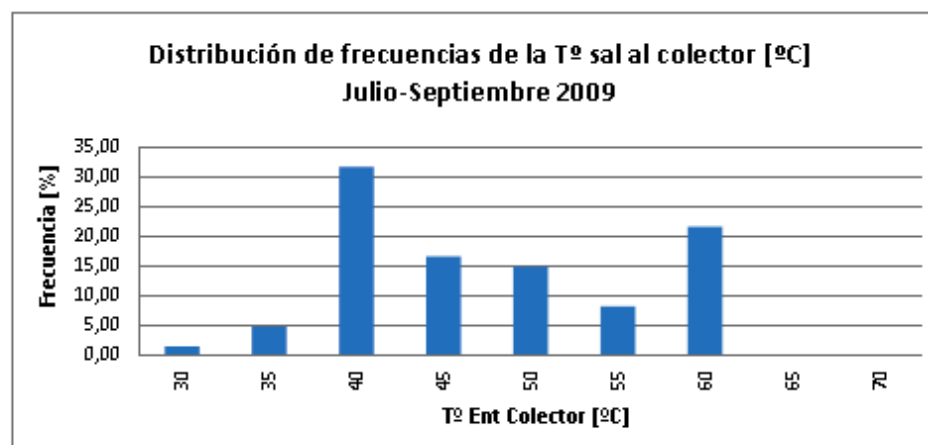
ANEXO B5

Frecuencias (f)								
Tº Ambiente [°C]	Julio	Agosto	Septiembre	Suma (D)	Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand
12,0 - 12,9	0	0	0	0	0,00	12,50	0,00	0,00
13,0 - 13,9	0	0	0	0	0,00	13,50	0,00	0,00
14,0 - 14,9	2	0	0	2	3,33	14,50	29,00	24,30
15,0 - 15,9	6	2	1	9	15,00	15,50	139,50	43,35
16,0 - 16,9	6	6	5	17	28,33	16,50	280,50	13,88
17,0 - 17,9	2	8	6	16	26,67	17,50	280,00	2,40
18,0 - 18,9	4	6	1	11	18,33	18,50	203,50	30,98
19,0 - 19,9	0	2	1	3	5,00	19,50	58,50	26,45
20,0 - 20,9	1	1	0	2	3,33	20,50	41,00	36,30
21,0 - 21,9	0	0	0	0	0,00	21,50	0,00	0,00
22,0 - 22,9	0	0	0	0	0,00	22,50	0,00	0,00
Total días				60	100,00	Suma Producto	1032,00	2,96
								1,72
								Varianza
								Desviación estandar
Media							17,20	



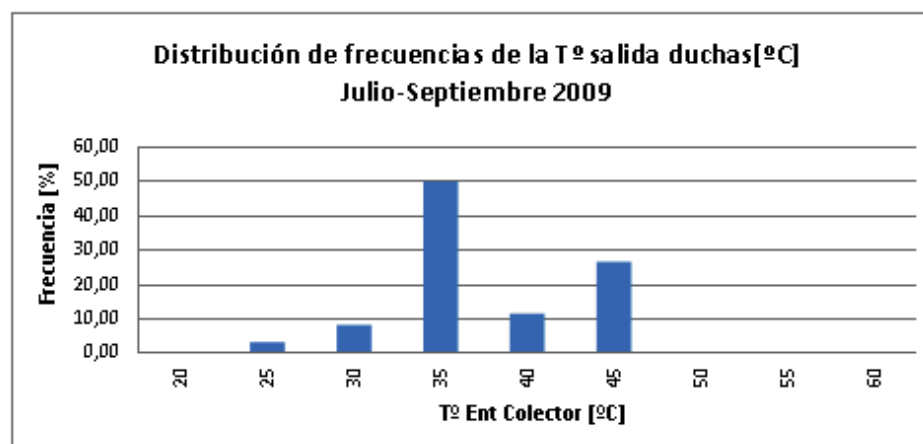
ANEXO B6

Tº Ambiente [°C]	Frecuencias (f)				Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand		
	Julio	Agosto	Septiembre	Suma (D)						
30,0 - 34,9	1	0	0	1	1,67	32,50	32,50	510,42		
35,0 - 39,9	3	0	0	3	5,00	37,50	112,50	781,25		
40,0 - 44,9	12	5	2	19	31,67	42,50	807,50	1781,25		
45,0 - 49,9	4	5	1	10	16,67	47,50	475,00	104,17		
50,0 - 54,9	1	8	0	9	15,00	52,50	472,50	93,75		
55,0 - 59,9	0	3	2	5	8,33	57,50	287,50	468,75		
60,0 - 64,9	0	4	9	13	21,67	62,50	812,50	3385,42		
65,0 - 69,9	0	0	0	0	0,00	67,50	0,00	0,00		
70,0 - 74,9	0	0	0	0	0,00	72,50	0,00	0,00		
Total días				60	100,00	Suma Producto	3000,00	118,75	Varianza	
								10,90	Desviación estandar	
						Media	50,00			



ANEXO B7

Frecuencias (f)								
Tº Ambiente [°C]	Julio	Agosto	Septiembre	Suma (D)	Frecuencia (%)	Marca clase (X)	Producto (DX)	Desv Estand
20,0 - 24,9	0	0	0	0	0,00	22,50	0,00	0,00
25,0 - 29,9	2	0	0	2	3,33	27,50	55,00	520,83
30,0 - 34,9	3	2	0	5	8,33	32,50	162,50	468,75
35,0 - 39,9	16	11	3	30	50,00	37,50	1125,00	312,50
40,0 - 44,9	0	7	0	7	11,67	42,50	297,50	72,92
45,0 - 49,9	0	5	11	16	26,67	47,50	760,00	1500,00
50,0 - 54,9	0	0	0	0	0,00	52,50	0,00	0,00
55,0 - 59,9	0	0	0	0	0,00	57,50	0,00	0,00
60,0 - 64,9	0	0	0	0	0,00	62,50	0,00	0,00
Total días				60	100,00	Suma Producto	2400,00	47,92
								6,92
Media								40,00
								Varianza
								Desviación estandar



ANEXO C

ÁREAS BAJO LA CURVA NORMAL

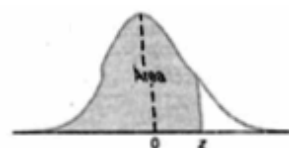


Tabla A.3 Áreas bajo la curva normal

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641

Tabla A.3 (continuación) Áreas bajo la curva normal

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

Tomado del libro WALPOLE, Ronald y MYERS, Raymond, "Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias", Editorial Pearson Educación, Octava edición.

PROPIEDADES DEL AIRE A LA PRESIÓN DE 1 ATM.

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

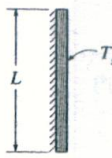
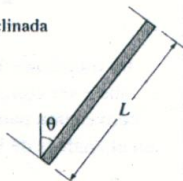
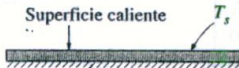
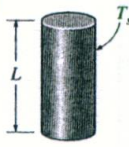
Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $C_p, \text{J/kg} \cdot ^\circ\text{C}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot ^\circ\text{C}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades C_p , k , μ y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ , a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306067020-8.

Tomado del libro CENGEL, Yunus A, "Transferencia de calor", Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 736"

CORRECCIONES EMPÍRICAS DEL NÚMERO DE NUSSELT

TABLA 9-1 Correlaciones empíricas del número promedio de Nusselt para la convección natural sobre superficies			
Configuración geométrica	Longitud característica L_c	Intervalo de Ra	Nu
Placa vertical 	L	$10^4 - 10^9$ $10^9 - 10^{13}$ Todo el intervalo	$Nu = 0.59Ra^{1/4}$ (9-19) $Nu = 0.1Ra^{1/3}$ (9-20) $Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ (9-21) (compleja pero más exacta)
Placa inclinada 	L		Utilícen las ecuaciones de la placa vertical para la superficie superior de una placa fría y la superficie inferior de una placa caliente Reemplácese g por $g \cos \theta$ para $Ra < 10^9$
Plástico horizontal (Área superficial A y perímetro p) a) Superficie superior de una placa caliente (o superficie inferior de una placa fría) 	A_s/p	$10^4 - 10^7$ $10^7 - 10^{11}$	$Nu = 0.54Ra^{1/4}$ (9-22) $Nu = 0.15Ra^{1/3}$ (9-23)
b) Superficie inferior de una placa caliente (o superficie superior de una placa fría) 		$10^5 - 10^{11}$	$Nu = 0.27Ra^{1/4}$ (9-24)
Cilindro vertical 	L		Un cilindro vertical puede tratarse como una placa vertical cuando $D \geq \frac{35L}{Gr^{1/4}}$
Cilindro horizontal 	D	$Ra_D \leq 10^{12}$	$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387Ra_D^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$ (9-25)
Esfera 	D	$Ra_D \leq 10^{11}$ $(Pr \geq 0.7)$	$Nu = 2 + \frac{0.589Ra_D^{1/4}}{[1 + (0.469/Pr)^{9/16}]^{4/9}}$ (9-26)

Tomado del libro CENGEL, Yunus A, "Transferencia de calor", Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 468"

PROPIEDADES DE LOS METALES SÓLIDOS Y MATERIALES AISLANTES

TABLA A-3

Propiedades de metales sólidos

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K), $k(\text{W/m} \cdot \text{K})/C_p(\text{J/kg} \cdot \text{K})$					
		ρ kg/m ³	C_p J/kg · K	k W/m · K	$\alpha \times 10^6$ m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
Aluminio:											
Puro	933	2 702	903	237	97.1	302	237	240	231	218	
						482	798	949	1 033	1 146	
Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2 770	875	177	73.0	65	163	186	186		
						473	787	925	1 042		
Aleación 195, fundido (4.5% Cu)		2 790	883	168	68.2			174	185		
Berilio	1 550	1 850	1 825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8
						203	1 114	2 191	2 604	2 823	3 018
Bismuto	545	9 780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04			
						112	120	127			
Boro	2 573	2 500	1 107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85
						128	600	1 463	1 892	2 160	2 338
Cadmio	594	8 650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7			
						198	222	242			
Cromo	2 118	7 160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4
						192	384	484	542	581	616
Cobalto	1 769	8 862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1
						236	379	450	503	550	628
Cobre:											
Puro	1 358	8 933	385	401	117	482	413	393	379	366	352
						252	356	397	417	433	451
Bronce comercial (90% Cu, 10% Al)	1 293	8 800	420	52	14		42	52	59		
							785	160	545		
Bronce al fósforo para engranes (89% Cu, 11% Sn)	1 104	8 780	355	54	17		41	65	74		
							—	—	—		
Latón para cartuchos (70% Cu, 30% Zn)	1 188	8 530	380	110	33.9	75	95	137	149		
							360	395	425		
Constantán (55% Cu, 45% Ni)	1 493	8 920	384	23	6.71	17	19				
						237	362				
Germanio	1 211	5 360	322	59.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4
						190	290	337	348	357	375
Oro	1 336	19 300	129	317	127	327	323	311	298	284	270
						109	124	131	135	140	145
Iridio	2 720	22 500	130	147	50.3	172	153	144	138	132	126
						90	122	133	138	144	153
Hierro:											
Puro	1 810	7 870	447	80.2	23.1	134	94.0	69.5	54.7	43.3	32.8
						216	384	490	574	680	975
Armco (99.75% puro)		7 870	447	72.7	20.7	95.6	80.6	65.7	53.1	42.2	32.3
						215	384	490	574	680	975
Aceros al carbono:											
Simple al carbono (Mn ≤ 1%, Si ≤ 0.1%)		7 854	434	60.5	17.7			56.7	48.0	39.2	30.0
								487	559	685	1 169

Tomado del libro CENGEL, Yunus A, "Transferencia de calor", Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 720"

PROPIEDADES DE LOS METALES SÓLIDOS Y MATERIALES AISLANTES

TABLA A-3

Propiedades de metales sólidos (continuación)

Composición	Punto de fusión, K	Propiedades a 300 K				Propiedades a varias temperaturas (K); k(W/m · K)/C _p (J/kg · K)					
		ρ kg/m ³	C _p J/kg · K	k W/m · K	α × 10 ⁶ m ² /s	100	200	400	600	800	1 000
AISI 1010		7 832	434	63.9	18.8			58.7	48.8	39.2	31.3
Al carbono-silicio (Mn ≤ 1%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		7 817	446	51.9	14.9			487	559	685	1 168
Al carbono-manganeso-silicio (1% < Mn ≤ 1.65%, 0.1% < Si ≤ 0.6%)		8 131	434	41.0	11.6			49.8	44.0	37.4	29.3
								501	582	699	971
								42.2	39.7	35.0	27.6
								487	559	685	1 090
Aceros al cromo (bajo):											
½ Cr-½ Mo-Si (0.18% C, 0.65% Cr, 0.23% Mo, 0.6% Si)		7 822	444	37.7	10.9			38.2	36.7	33.3	26.9
1Cr-½ Mo (0.16% C, 1% Cr, 0.54% Mo, 0.39% Si)		7 858	442	42.3	12.2			492	575	688	969
								42.0	39.1	34.5	27.4
1Cr-V (0.2% C, 1.02% Cr, 0.15% V)		7 836	443	48.9	14.1			492	575	688	969
								46.8	42.1	36.3	28.2
								492	575	688	969
Aceros inoxidables:											
AISI 302		8 055	480	15.1	3.91			17.3	20.0	22.8	25.4
								512	559	585	606
AISI 304	1 670	7 900	477	14.9	3.95	9.2	12.6	16.6	19.8	22.6	25.4
						272	402	515	557	582	611
AISI 316		8 238	468	13.4	3.48			15.2	18.3	21.3	24.2
								504	550	576	602
AISI 347		7 978	480	14.2	3.71			15.8	18.9	21.9	24.7
								513	559	585	606
Plomo	601	11 340	129	35.3	24.1	39.7	36.7	34.0	31.4		
						118	125	132	142		
Magnesio	923	1 740	1 024	156	87.6	169	159	153	149	146	
						649	934	1 074	1 170	1 267	
Molibdeno	2 894	10 240	251	138	53.7	179	143	134	126	118	112
						141	224	261	275	285	295
Níquel:											
Puro	1 728	8 900	444	90.7	23.0	164	107	80.2	65.6	67.6	71.8
						232	383	485	592	530	562
Nicromo (80% Ni, 20% Cr)	1 672	8 400	420	12	3.4			14	16	21	
Inconel X-750 (73% Ni, 15% Cr, 6.7% Fe)	1 665	8 510	439	11.7	3.1	8.7	10.3	480	525	545	24.0
						—	372	473	510	546	626
Niobio	2 741	8 570	265	53.7	23.6	55.2	52.6	55.2	58.2	61.3	64.4
						188	249	274	283	292	301
Paladio	1 827	12 020	244	71.8	24.5	76.5	71.6	73.6	79.7	86.9	94.2
						168	227	251	261	271	281
Platino:											
Puro	2 045	21 450	133	71.6	25.1	77.5	72.6	71.8	73.2	75.6	78.7
						100	125	136	141	146	152
Aleación 60Pt-40Rh (60% Pt, 40% Rh)	1 800	16 630	162	47	17.4			52	59	65	69
								—	—	—	—

Tomado del libro CENGEL, Yunus A, "Transferencia de calor", Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 721"

PROPIEDADES DE LOS METALES SÓLIDOS Y MATERIALES AISLANTES

TABLA A-6

Propiedades de materiales aislantes
(a una temperatura media de 24°C)

Material	Espesor, L mm	Densidad, ρ kg/m ³	Conductividad térmica, k W/m · °C	Calor específico, C_p kJ/kg · °C	Valor R (para los espesores de la lista, L/k), °C · m ² /W
Colcha y lámina					
Fibra mineral (forma fibrosa)	50 a 70 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.23
procesada a partir de roca, escoria o vidrio)	75 a 90 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	1.94
	135 a 165 mm	4.8-32	—	0.71-0.96	3.32
Tablero y losa					
Vidrio celular		136	0.055	1.0	—
Fibra de vidrio (ligamento orgánico)		64-144	0.036	0.96	—
Poliestireno expandido (bolitas moldeadas)		16	0.040	1.2	—
Poliuretano expandido (R-11 expandido)		24	0.023	1.6	—
Perlita expandida (ligamento orgánico)		16	0.052	1.26	—
Caucho expandido (rígido)		72	0.032	1.68	—
Fibra mineral con aglomerante de resina		240	0.042	0.71	—
Corcho		120	0.039	1.80	—
Rociado o formado en el sitio					
Espuma de poliuretano		24-40	0.023-0.026	—	—
Fibra de vidrio		56-72	0.038-0.039	—	—
Uretano, mezcla de dos partes (espuma rígida)		70	0.026	1.045	—
Gránulos de lana mineral con aglomerantes de asbesto/inorgánico (rociado)		190	0.046	—	—
Relleno flojo					
Fibra mineral (de roca, escoria o vidrio)	~ 75 a 125 mm	9.6-32	—	0.71	1.94
	~165 a 222 mm	9.6-32	—	0.71	3.35
	~191 a 254 mm	—	—	0.71	3.87
	~185 mm	—	—	0.71	5.28
Aerogel de sílice		122	0.025	—	—
Vermiculita (expandida)		122	0.068	—	—
Perlita (expandida)		32-66	0.039-0.045	1.09	—
Aserrín o virutas		128-240	0.065	1.38	—
Aislamiento celulósico (papel molido o pulpa de madera)		37-51	0.039-0.046	—	—
Aislamiento para techo					
Vidrio celular	—	144	0.058	1.0	—
Preformado, para usarse arriba del tablero	13 mm	—	—	1.0	0.24
	25 mm	—	—	2.1	0.49
	50 mm	—	—	3.9	0.93
Aislamiento reflector					
Polvo sílice (al vacío)		160	0.0017	—	—
Hoja de aluminio separando colchones de vidrio esponjoso; 10 a 12 capas (al vacío); para aplicaciones criogénicas (150 K)		40	0.00016	—	—
Hoja de aluminio y laminado de vidrio y papel; 75 a 150 capas; para aplicaciones criogénicas (150 K)		120	0.000017	—	—

Tomado del libro CENGEL, Yunus A, "Transferencia de calor", Editorial Mc Graw Hill, Segunda edición, pag 726"

ANEXO D

ANEXO "D1"				
CONSTRUCCIONES Y ADECUACIONES EN DÓLARES				
DENOMINACIÓN	CANT	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. ADECUACIONES				
a) DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN	52	m ²	20,00	1.040,00
b) DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN	148	m ²	20,00	2.960,00
SUBTOTAL CONSTRUCCIONES				4.000,00
TOTAL TERRENO Y CONSTRUCCIONES	200	m ²		4.000,00

ANEXO "D2"	
CUADRO DE INVERSIONES EN DÓLARES	
DENOMINACIÓN	VALOR TOTAL
1. INVERSIÓN FIJA	
a) Adecuaciones	4.000,00
b) Equipos	7.771,50
c) Otros activos	7.443,00
SUBTOTAL DE INVERSIÓN FIJA	19.214,50
d) IMPREVISTOS 10% INVERSIÓN FIJA	1.921,45
TOTAL INVERSIÓN FIJA	21.135,95
2. CAPITAL DE TRABAJO	17.440,97
SUBTOTAL DE CAPITAL DE TRABAJO	17.440,97
TOTAL CUADRO DE INVERSIONES	38.576,92

ANEXO D3

ANEXO "D3"			
EQUIPOS EN DÓLARES			
DENOMINACIÓN	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. EQUIPOS			
Soldadora	2	800,00	1.600,00
Taladro	3	120,00	360,00
Amoladora	2	600,00	1.200,00
Juego Caladoras circulares	2	25,00	50,00
Prensa	2	450,00	900,00
Cizalla de plancha	2	240,00	480,00
Remachadora	2	40,00	80,00
Extintores	2	30,00	60,00
Compresor	1	631,00	631,00
Pistola para pintar	2	37,00	74,00
Mangueras y accesorios			50,00
Soldadora TIG	2	790,00	1.580,00
Cilindros de gas inerte	2	300,00	600,00
Material de aporte y equipo adicional	2	400,00	800,00
SUBTOTAL DE MAQUINARIA			7.065,00
2. INSTALACIÓN MAQUINARIAS Y EQUIPOS			
10% INSTALACIÓN MAQUINARIAS Y EQUIPOS			706,50
SUBTOTAL INSTALACIONES			706,50
TOTAL MAQUINARIAS Y EQUIPOS			7.771,50

ANEXO D4

ANEXO "D4"			
OTROS ACTIVOS EN DÓLARES			
DENOMINACIÓN	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1. MUEBLES Y ENSERES			
a) DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN			
Escritorios ejecutivo	2	240,00	480,00
Sillas ejecutivas	2	55,00	110,00
Archivadores	2	84,00	168,00
Mesa de reunión	1	250,00	250,00
Sillas	7	40,00	280,00
Suministros de oficina			500,00
SUBTOTAL DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN	14	669,00	1.788,00
TOTAL DE MUEBLES Y ENSERES			1.788,00
2. EQUIPOS DE OFICINA			
a) DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN			
Minicentral telefónica Panasonic	1	110,00	110,00
SUBTOTAL	1	110,00	110,00
TOTAL EQUIPOS DE OFICINA			110,00
3. EQUIPOS DE COMPUTO			
a) DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN			
EQUIPO DE COMPUTO	2	850,00	1.700,00
SUBTOTAL	2	850,00	1.700,00
TOTAL EQUIPOS DE COMPUTO			1.700,00
4. DIFERIDOS E INTANGIBLES			
Constitución de sociedad			300,00
Marcas y patentes			450,00
Obtención de registro sanitario			300,00
Gastos de Abogado y Notario			400,00
Estudio de Factibilidad			800,00
Líneas de teléfono	1	160,00	160,00
Internet ilimitado	1	35,00	35,00
Sistema contable	1	800,00	800,00
Sistema de inventarios	1	600,00	600,00
TOTAL DIFERIDOS			3.845,00
TOTAL OTROS ACTIVOS			7.443,00

ANEXO "D5"			
CAPITAL DE OPERACIÓN EN DÓLARES			
DENOMINACIÓN	TOTAL / 12 MESES	TIEMPO EN MESES	VALOR
MATERIA PRIMA	1.713,73	2	3.427,45
MANO DE OBRA DIRECTA	1.402,50	2	2.805,00
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN	4.095,25	2	8.190,49
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	1.393,94	2	2.787,88
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	1.380,91	2	230,15
TOTAL CAPITAL DE TRABAJO			17.440,97

ANEXO "D6"			
INGRESOS DEL PROYECTO EN DÓLARES			
DENOMINACIÓN	CANT	P.V.P.	TOTAL
Colector Solar	120	1.100,00	132.000,00
TOTAL INGRESOS DEL PROYECTO			132.000,00

ANEXO "D7"	
COSTOS DE PRODUCCIÓN EN DÓLARES	
DENOMINACIÓN	VALOR
MATERIA PRIMA	20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN	49.142,96
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN	86.537,66

ANEXO "D8"		
COSTOS UNITARIO DE PRODUCCIÓN EN DÓLARES		
DENOMINACIÓN		VALOR
MATERIA PRIMA		20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA		16.830,00
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN		49.142,96
TOTAL COSTOS DE PRODUCCIÓN		86.537,66
UNIDADES PRODUCIDAS		120
COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN		721,15

ANEXO D9

ANEXO "D9"				
MATERIALES DIRECTOS EN DÓLARES				
DENOMINACIÓN	CANT PROD.	CANT. UNIT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Angulo 1 1/2" x 3/16"	120	12,50	1,90	2.850,00
Platino 1 1/2" x 3/16"	120	7,75	0,91	846,30
Plancha inoxidable 0,4 mm.	120	2,00	31,00	7.440,00
Plancha negra 0,45 mm.	120	2,00	7,20	1.728,00
Tubo inox 1/2"	120	0,50	5,00	300,00
Union inox 1/2"	120	4,00	1,20	576,00
Perno inox M8 x 20 mm.	120	43,00	0,29	1.496,40
Pintura fondo cromato	120	1,00	19,00	2.280,00
Pintura sintética automotriz	120	1,00	17,00	2.040,00
Disolvente para laca	120	2,00	4,20	1.008,00
TOTAL MATERIALES DIRECTOS				20.564,70

ANEXO "D10"					
MANO DE OBRA DIRECTA EN DÓLARES					
CARGO	CANT	SUELDO BASICO SECTORIAL	BENEF. SOCIALES	TOTAL MES	TOTAL AÑO
a) SUELDO Y SALARIO DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN					
Soldador	2	280,00	110,52	390,52	9.372,48
Auxiliar	2	220,00	90,73	310,73	7.457,52
SUBTOTAL M.O. DIRECTA					16.830,00
TOTAL M.O.DIRECTA					16.830,00

ANEXO D11

ANEXO "D11"					
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN EN DÓLARES					
CARGO	CANT	SUELDO BASICO SECTORIAL	BENEF. SOCIALES	TOTAL MES	TOTAL AÑO
a) MANO DE OBRA INDIRECTA					
SUELDO Y SALARIO DEL PERSONAL PRODUCCIÓN M.O.I					
Jefe de producción	1	240,00	86,43	326,43	3.917,12
SUBTOTAL M.O. INDIRECTA	1	240,00	86,43	326,43	3.917,12
DENOMINACIÓN			CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
b) MATERIALES INDIRECTOS					
Detergentes (Kg.)			75	0,80	60,00
Franelas (Yardas)			4	1,00	4,00
Lija pliegos			600	0,30	180,00
Gasolina para limpiar					170,40
SUBTOTAL MATERIALES INDIRECTOS					414,40
c) OTROS COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN					
DENOMINACIÓN			VALOR	TIEMPO	VALOR TOTAL
DEPRECIACIONES					
Maquinarias y equipos			7.771,50	10	777,15
SUBTOTAL DEPRECIACIONES					777,15
DENOMINACIÓN			VALOR	%	VALOR TOTAL
REPARACIONES Y MANTENIMIENTOS					
Maquinarias y equipos			7.771,50	2	155,43
SUBTOTAL REPARACIONES Y MANTENIMIENTOS					155,43
DENOMINACIÓN			VALOR	%	VALOR TOTAL
SEGUROS					
Maquinarias y equipos			7.771,50	4	310,86
SUBTOTAL SEGUROS					310,86
DENOMINACIÓN			CANT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SUMINISTROS					

Combustible			12	80,00	960,00
Aceites y lubricantes			12	20,00	240,00
Útiles de oficina			12	20,00	240,00
Útiles de aseo			12	8,50	102,00
Bidones de agua			60	1,50	90,00
Energía eléctrica			13.000	0,18	2.340,00
SUBTOTAL SUMINISTROS					3.972,00
DENOMINACIÓN					VALOR TOTAL
CAPACITACIÓN					
Cursos y seminarios					800,00
SUBTOTAL CAPACITACIÓN					800,00
DENOMINACIÓN					VALOR TOTAL
PRUEBAS PRELIMINARES					
Pruebas preliminares					1.000,00
SUBTOTAL PRUEBAS PRELIMINARES					1.000,00
DENOMINACIÓN		CANT. PROD.	CANT. UNIT.	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
GASTOS GENERALES					
Gastos de adecuaciones			200,00	20,00	4.000,00
Gastos por poliuretamo expandido		120,00	24,00	3,00	8.640,00
Anillo caucho interior		120,00	34,00	0,70	2.856,00
Anillo caucho exterior		120,00	60,00	0,70	5.040,00
Tubo al vacío		120,00	30,00	4,50	16.200,00
Rolado de plancha		120,00	2,00	3,00	720,00
Doblado de plancha		120,00	5,00	0,20	120,00
Agua potable			12	10,00	120,00
Impuesto prediales			1	100,00	100,00
SUBTOTAL GASTOS GENERALES					37.796,00
SUBTOTAL OTROS COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN					44.811,44
TOTAL COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN					49.142,96

ANEXO "D12"					
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN EN DÓLARES					
CARGO	CANT	SUELDO BASICO SECTORIAL	BENEF. SOCIALES	TOTAL MES	TOTAL AÑO
a) SUELDO Y SALARIO DEL PERSONAL ADMINISTRATIVO					
Gerente	1	360,00	129,64	489,64	5.875,68
Secretaria	1	240,00	97,33	337,33	4.047,92
SUBTOTAL SUELDOS ADM.	2	600,00	226,97	826,97	9.923,60
DENOMINACIÓN			VALOR	TIEMPO	TOTAL
b) DEPRECIACIONES					
MUEBLES Y ENSERES			1.788,00	10	178,80
EQUIPO DE OFICINA			110,00	10	11,00
EQUIPO DE COMPUTO			1.700,00	3	51,00
SUBTOTAL DEPRECIACIONES					240,80
DENOMINACIÓN			VALOR	%	TOTAL
c) REPARACIONES Y MANTENIMIENTO					
MUEBLES Y ENSERES			1.788,00	2	35,76
EQUIPO DE OFICINA			110,00	2	2,20
EQUIPO DE COMPUTO			1.700,00	2	34,00
SUBTOTAL REPAR. Y MANT.					71,96
DENOMINACIÓN			VALOR	%	TOTAL
d) SEGUROS					
MUEBLES Y ENSERES			1.788,00	4	71,52
EQUIPO DE OFICINA			110,00	4	4,40
EQUIPO DE COMPUTO			1.700,00	4	68,00
SUBTOTAL SEGUROS					143,92
DENOMINACIÓN					TOTAL
e) SUMINISTROS Y OTROS					
Gastos de agua potable					162,00
Gastos por energía eléctrica					792,00
Gastos por servicio telefónico					504,00
Útiles de oficina					80,00
Adecuaciones					1.040,00
Gastos de arriendos					3.000,00
SUBTOTAL SUMINISTROS					5.578,00

DENOMINACIÓN			VALOR	%	TOTAL
g) AMORTIZACIÓN					
Amortización			3.845,00	20	769,00
			0,00	20	0,00
SUBTOTAL AMORTIZACIÓN					769,00
TOTAL GASTOS DE ADMINISTRACIÓN					16.727,28

ANEXO D13

ANEXO "D13"			
ESTADO DE SITUACIÓN INICIAL EN DÓLARES			
ACTIVO			
ACTIVO CORRIENTE			19.362,42
DISPONIBLE		19.362,42	
CAJA	19.362,42		
PROPIEDAD, PLANTA Y EQUIPO			11.369,50
DEPRECIABLE		11.369,50	
MUEBLES Y ENSERES	1.788,00		
EQUIPOS DE OFICINA	110,00		
EQUIPOS DE COMPUTO	1.700,00		
MAQUINARIA Y EQUIPOS	7.771,50		
DIFERIDOS			3.845,00
AMORTIZABLES		3.845,00	
GASTOS DE CONSTITUCION	300,00		
MARCAS Y PATENTES	450,00		
GASTOS DE GESTION	700,00		
GASTOS DE INVESTIGACION	800,00		
GASTOS DE INSTALACION	1.595,00		
TOTAL ACTIVO \$			34.576,92
PASIVO			20.000,00
PASIVO A LARGO PLAZO		20.000,00	
CRÉDITO BANCARIO	20.000,00		
PATRIMONIO			14.576,92
INVERSIONES		14.576,92	
CAPITAL SOCIAL	14.576,92		
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO \$			34.576,92

ANEXO D14

ANEXO "D14"		
ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS EN DÓLARES		
VENTAS		132.000,00
(-) COSTOS DE PRODUCCIÓN		86.537,66
MATERIA PRIMA	20.564,70	
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00	
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN	49.142,96	
UTILIDAD BRUTA EN VENTAS		45.462,34
(-) GASTOS OPERACIONALES		18.108,19
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	16.727,28	
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	1.380,91	
UTILIDAD ANTES DE PARTICIPACIÓN A TRAB.		27.354,15
(-) 15% PARTICIPACIÓN A TRABAJADORES		4.103,12
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO A LA RENTA		23.251,03
(-) 25% IMPUESTON A LA RENTA		5.812,76
UTILIDAD DEL EJERCICIO		17.438,27

ANEXO D15

ANEXO "D15"		
ESTADO DE SITUACIÓN FINAL		
EN DÓLARES		

ACTIVO		
ACTIVO CORRIENTE		37.993,31
DISPONIBLE		<u>37.993,31</u>
CAJA	<u>37.993,31</u>	
PROPIEDAD, PLANTA Y EQUIPO DEPRECIABLE		9.835,88
MUEBLES Y ENSERES	1.788,00	1.609,20
(-) DEPREC. ACUM. MUEBLES Y ENSERES	<u>178,80</u>	
EQUIPOS DE OFICINA	110,00	99,00
(-) DEPREC. ACUM. EQUIPOS DE OFICINA	<u>11,00</u>	
EQUIPOS DE COMPUTO	1.700,00	1.133,33
(-) DEPREC. ACUM. EQUIPOS DE COMPUTO	<u>566,67</u>	
MAQUINARIA Y EQUIPOS	7.771,50	6.994,35
(-) DEPREC. ACUM. MAQUINARIAS Y EQUIPOS	<u>777,15</u>	
DIFERIDOS AMORTIZABLES		3.076,00
GASTOS DE CONSTITUCION	300,00	240,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE CONSTITUCIÓN	<u>60,00</u>	
MARCAS Y PATENTES	450,00	360,00
(-) AMORT. ACUM. MARCAS Y PATENTES	<u>90,00</u>	
GASTOS DE GESTION	700,00	560,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE GESTION	<u>140,00</u>	
GASTOS DE INVESTIGACION	800,00	640,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE INVESTIGACION	<u>160,00</u>	
GASTOS DE INSTALACION	1.595,00	1.276,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE INVESTIGACION	<u>319,00</u>	
TOTAL ACTIVO \$		<u>50.905,19</u>
PASIVO		18.890,00
PASIVO A LARGO PLAZO		<u>18.890,00</u>
CRÉDITO BANCARIO	<u>18.890,00</u>	
PATRIMONIO INVERSIONES		14.576,92
		<u>14.576,92</u>
CAPITAL SOCIAL	<u>14.576,92</u>	
UTILIDADES Y SUPERAVIT		17.438,27
UTILIDADES		<u>17.438,27</u>
UTILIDAD DEL EJERCICIO	<u>17.438,27</u>	
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO \$		<u>50.905,19</u>

ANEXO D16

ANEXO "D16"								
RATIOS FINANCIEROS EN DÓLARES								
RENTABILIDAD SOBRE VENTAS =	UTILIDAD	x 100	=	17.438,27	x 100	=	13,21	%
	VENTAS			132.000,00				
RENTABILIDAD SOBRE INVERSIÓN =	UTILIDAD	x 100	=	17.438,27	x 100	=	45,20	%
	INVERSIÓN TOTAL			38.576,92				
PERIÓDO DE RECUPERACIÓN =	INVERSIÓN TOTAL	=		38.576,92	=		2,2121	
	UTILIDAD			17.438,27				
	2 AÑOS							
	2,212198921	-	2	0,2121				
	0,212198921	x	12	2,5463				
	2 MESES							
	2,546387046	-	2	0,5463				
	0,546387046	x	30	16,39				
	17 DÍAS							
EL CAPITAL SE RECUPERARÁ EN EL PRESENTE PROYECTO EN 2 AÑOS, 2 MESES Y 17 DÍAS								

ANEXO D17

ANEXO "D17"			
PUNTO DE EQUILIBRIO EN DÓLARES			
RUBROS	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL
MATERIA PRIMA		20.564,70	20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00		16.830,00
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN	44.756,56	4.386,40	49.142,96
GASTOS ADMINISTRATIVOS	16.727,28		16.727,28
GASTOS DE FINANCIAMIENTO		1.380,91	1.380,91
	78.313,84	26.332,01	104.645,85

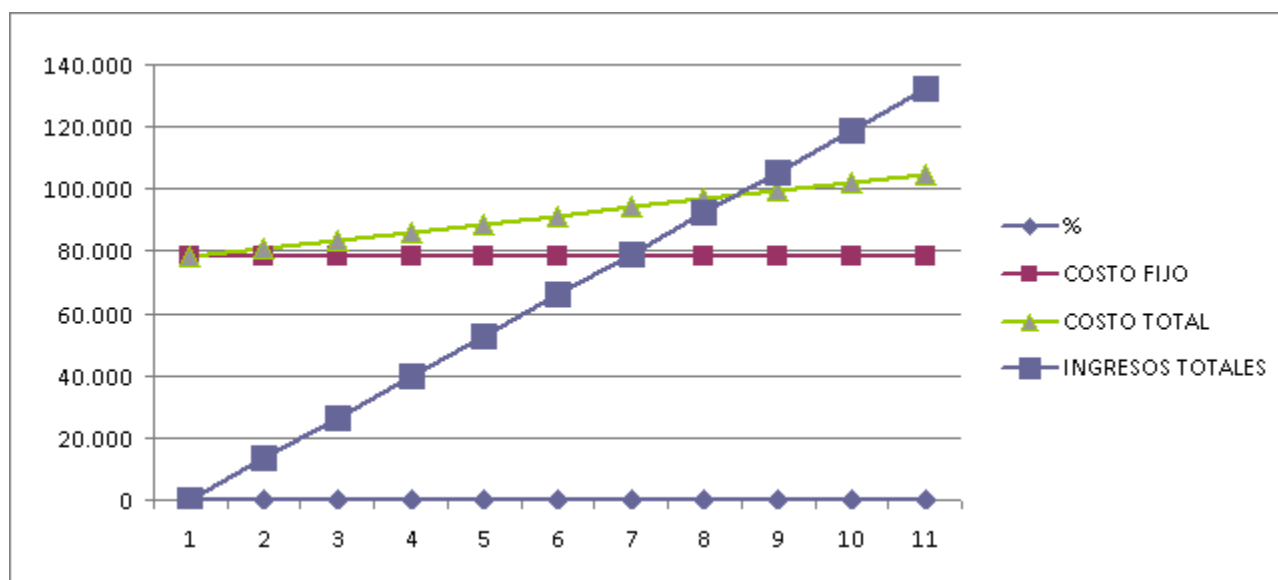
ANEXO "D18"

GRÁFICO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO
EN DÓLARES

Y = VENTAS

$$Pe(y) = \left[\frac{\text{COSTO FIJO}}{1 - \frac{\text{COSTO VARIABLE}}{Y}} \right] = \left[\frac{78.313,84}{1 - \frac{26.332,01}{132.000,00}} \right] = \frac{78.313,84}{0,8005151} = 97.829,31$$

$$Pe(x) = \frac{Pe(Y)}{y} \times 100 = \frac{97.829,31}{132.000,00} \times 100 = 74,1131153 \quad 0,7411$$



ANEXO D19

ANEXO "D19"										
ESTADO DE RESULTADO PROYECTADO EN DÓLARES										
DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
VENTAS	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00
- COSTO DE PRODUCCIÓN	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66
MATERIA PRIMA	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00
COSTOS IND. PRODUCC.	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96
UTILIDAD BRUTA	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34
- GASTOS OPERACIONALES	18.108,19	18.029,13	17.944,44	17.802,71	17.705,53	16.832,42	16.720,90	16.601,44	16.473,46	16.336,37
GASTOS ADMINISTRATIVOS	16.727,28	16.727,28	16.727,28	16.676,28	16.676,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	1.380,91	1.301,85	1.217,16	1.126,43	1.029,25	925,14	813,62	694,16	566,18	429,09
UTILIDAD ANTES PART.	27.354,15	27.433,21	27.517,90	27.659,63	27.756,81	28.629,92	28.741,44	28.860,90	28.988,88	29.125,97
15% PARTICIP. A TRABAJ.	4.103,12	4.114,98	4.127,69	4.148,94	4.163,52	4.294,49	4.311,22	4.329,14	4.348,33	4.368,90
UTILIDAD ANTES DE IMP.	23.251,03	23.318,23	23.390,22	23.510,68	23.593,29	24.335,43	24.430,22	24.531,77	24.640,55	24.757,07
25% IMUPESTO A LA RENTA	5.812,76	5.829,56	5.847,55	5.877,67	5.898,32	6.083,86	6.107,56	6.132,94	6.160,14	6.189,27
UTILIDAD DEL EJERCICIO	17.438,27	17.488,67	17.542,66	17.633,01	17.694,97	18.251,57	18.322,67	18.398,83	18.480,41	18.567,80

ANEXO "D20"

FLUJO DE CAJA PROYECTADO EN DÓLARES

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS										
VENTAS	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00
TOTAL INGRESOS	151.362,42	169.993,31	188.595,53	207.167,06	225.171,54	243.140,79	260.761,03	278.340,84	295.877,35	313.367,46
EGRESOS										
COSTO DE PRODUCCIÓN	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66
MATERIA PRIMA	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00
COSTOS IND. PRODUCC.	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96
UTILIDAD BRUTA	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34
- GASTOS OPERACIONALES	18.108,19	18.029,13	17.944,44	17.802,71	17.705,53	16.883,42	16.771,90	16.652,44	16.524,46	16.387,37
GASTOS ADMINISTRAT.	16.727,28	16.727,28	16.727,28	16.676,28	16.676,28	15.958,28	15.958,28	15.958,28	15.958,28	15.958,28
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	1.380,91	1.301,85	1.217,16	1.126,43	1.029,25	925,14	813,62	694,16	566,18	429,09
UTILIDAD ANTES PART.	27.354,15	27.433,21	27.517,90	27.659,63	27.756,81	28.578,92	28.690,44	28.809,90	28.937,88	29.074,97
15% PARTICIP. A TRABAJ.	4.103,12	4.114,98	4.127,69	4.148,94	4.163,52	4.286,84	4.303,57	4.321,49	4.340,68	4.361,25
UTILIDAD ANTES DE IMP.	23.251,03	23.318,23	23.390,22	23.510,68	23.593,29	24.292,08	24.386,87	24.488,42	24.597,20	24.713,72
25% IMUPESTO A LA RENTA	5.812,76	5.829,56	5.847,55	5.877,67	5.898,32	6.073,02	6.096,72	6.122,10	6.149,30	6.178,43
TOTAL EGRESOS	114.561,73	114.511,33	114.457,34	114.366,99	114.305,03	113.780,94	113.709,84	113.633,69	113.552,10	113.464,71
UTILIDAD DEL EJERCICIO	17.438,27	17.488,67	17.542,66	17.633,01	17.694,97	18.219,06	18.290,16	18.366,31	18.447,90	18.535,29
SALDO INICIAL	19.362,42	37.993,31	56.595,53	75.167,06	93.171,54	111.140,79	128.761,03	146.340,84	163.877,35	181.367,46
+ DEPRECIACIONES	1.533,62	1.533,62	1.533,62	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95
+ AMORTIZACIONES	769,00	769,00	769,00	769,00	769,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- ABONO A CRÉDITO	1.110,00	1.189,06	1.273,76	1.364,48	1.461,66	1.565,77	1.677,29	1.796,76	1.924,73	2.061,82
= SALDO FINAL	37.993,31	56.595,53	75.167,06	93.171,54	111.140,79	128.761,03	146.340,84	163.877,35	181.367,46	198.807,89
	37.993,31	56.595,53	75.167,06	93.171,54	111.140,79	128.761,03	146.340,84	163.877,35	181.367,46	198.807,89

ANEXO "21"
FLUJO DE FONDOS PROYECTADO
EN DÓLARES

DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
INGRESOS										
VENTAS	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00
TOTAL INGRESOS	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00	132.000,00
EGRESOS										
COSTO DE PRODUCCIÓN	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66	86.537,66
MATERIA PRIMA	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70	20.564,70
MANO DE OBRA DIRECTA	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00	16.830,00
COSTOS IND. PRODUCC.	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96	49.142,96
UTILIDAD BRUTA	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34	45.462,34
- GASTOS OPERACIONALES	18.108,19	18.029,13	17.944,44	17.802,71	17.705,53	16.832,42	16.720,90	16.601,44	16.473,46	16.336,37
GASTOS ADMINISTRAT.	16.727,28	16.727,28	16.727,28	16.676,28	16.676,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28	15.907,28
GASTOS DE FINANCIAMIENTO	1.380,91	1.301,85	1.217,16	1.126,43	1.029,25	925,14	813,62	694,16	566,18	429,09
UTILIDAD ANTES PART.	27.354,15	27.433,21	27.517,90	27.659,63	27.756,81	28.629,92	28.741,44	28.860,90	28.988,88	29.125,97
15% PARTICIP. A TRABAJ.	4.103,12	4.114,98	4.127,69	4.148,94	4.163,52	4.294,49	4.311,22	4.329,14	4.348,33	4.368,90
UTILIDAD ANTES DE IMP.	23.251,03	23.318,23	23.390,22	23.510,68	23.593,29	24.335,43	24.430,22	24.531,77	24.640,55	24.757,07
25% IMUPESTO A LA RENTA	5.812,76	5.829,56	5.847,55	5.877,67	5.898,32	6.083,86	6.107,56	6.132,94	6.160,14	6.189,27
UTILIDAD DEL EJERCICIO	17.438,27	17.488,67	17.542,66	17.633,01	17.694,97	18.251,57	18.322,67	18.398,83	18.480,41	18.567,80
+ DEPRECIACIONES	1.533,62	1.533,62	1.533,62	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95	966,95
+ AMORTIZACIONES	769,00	769,00	769,00	769,00	769,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- ABONO A CRÉDITO	1.110,00	1.189,06	1.273,76	1.364,48	1.461,66	1.565,77	1.677,29	1.796,76	1.924,73	2.061,82
FLUJO DE FONDOS	18.630,88	18.602,22	18.571,52	18.004,48	17.969,25	17.652,75	17.612,33	17.569,02	17.522,63	17.472,93

ANEXO D22

ANEXO "D22"										
ESTADO DE SITUACIÓN FINAL PROYECTADO EN DÓLARES										
DESCRIPCIÓN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
ACTIVO										
CAJA	37.993,31	56.595,53	75.167,06	93.171,54	111.140,79	128.761,03	146.340,84	163.877,35	181.367,46	198.807,89
MUEBLES Y ENSERES	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00	1.788,00
(-) DEPREC. ACUM. MUEBLES Y ENSERES	178,80	357,60	536,40	715,20	894,00	1.072,80	1.251,60	1.430,40	1.609,20	1.788,00
EQUIPOS DE OFICINA	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00
(-) DEPREC. ACUM. EQUIPOS DE OFICINA	11,00	22,00	33,00	44,00	55,00	66,00	77,00	88,00	99,00	110,00
EQUIPOS DE COMPUTO	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00
(-) DEPREC. ACUM. EQUIPOS DE COMPUTO	566,67	1.133,33	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00	1.700,00
MAQUINARIA Y EQUIPOS	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50	7.771,50
(-) DEPREC. ACUM. MAQUINARIAS Y EQUIPOS	777,15	1.554,30	2.331,45	3.108,60	3.885,75	4.662,90	5.440,05	6.217,20	6.994,35	7.771,50
PRUEBAS E INVESTIGACIONES PRELIMINARES	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
(-) AMORT. ACUM. PRUEBAS E INV. PRELIMINA.	60,00	120,00	180,00	240,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00
GASTOS DE CONSTITUCIÓN	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE CONSTITUCIÓN	90,00	180,00	270,00	360,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00	450,00
PATENTES	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
(-) AMORT. ACUM. PATENTES	140,00	280,00	420,00	560,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
GASTOS DEL DISEÑO DE EMBALAJE	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00
(-) AMORT. ACUM. GASTOS DE DISEÑO	160,00	320,00	480,00	640,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00	800,00

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00
(-) AMORT. ACUM. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD	319,00	638,00	957,00	1.276,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00	1.595,00
TOTAL ACTIVO \$	50.905,19	67.204,80	83.473,71	99.742,24	115.975,54	132.628,83	149.241,69	165.811,25	182.334,41	198.807,89
PASIVO										
CRÉDITO BANACARIO	18.890,00	17.700,93	16.427,18	15.062,70	13.601,03	12.035,26	10.357,97	8.561,21	6.636,48	4.574,66
PATRIMONIO										
CAPITAL SOCIAL	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92	14.576,92
UTILIDAD DEL EJERCICIO	17.438,27	17.488,67	17.542,66	17.633,01	17.694,97	18.219,06	18.290,16	18.366,31	18.447,90	18.535,29
UTILIDAD ACUMUL EJERC. ANTERIORES		17.438,27	34.926,94	52.469,61	70.102,62	87.797,58	106.016,64	124.306,80	142.673,11	161.121,01
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO \$	50.905,19	67.204,80	83.473,71	99.742,24	115.975,54	132.628,83	149.241,69	165.811,25	182.334,42	198.807,89
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

ANEXO D23

ANEXO "D23"										
VALOR ACTUAL NETO, RELACIÓN BENEFICIO COSTO Y TASA INTERNA DE RETORNO EN DÓLARES										
AÑOS	INGRESOS	EGRESOS	BENEFICIOS	DEPREC.	AMORTIZAC.	ABONO AL CRÉDITO	FLUJO DE FONDOS	INGRESOS ACT.	EGRESOS ACT.	FLUJO DE FONDOS ACT.
0		38.576,92	38.576,92				38.576,92		38.576,92	38.576,92
1	132.000,00	114.561,73	17.438,27	1.533,62	769,00	1.110,00	18.630,88	120.000,00	102.053,74	16.937,17
2	132.000,00	114.561,73	17.438,27	1.533,62	769,00	1.189,06	18.551,82	109.090,91	92.776,13	15.332,09
3	132.000,00	114.561,73	17.438,27	1.533,62	769,00	1.273,76	18.467,13	99.173,55	84.341,93	13.874,63
4	132.000,00	114.366,99	17.633,01	966,95	769,00	1.364,48	18.004,48	90.157,78	76.928,52	12.297,30
5	132.000,00	114.366,99	17.633,01	966,95	769,00	1.461,66	17.907,30	81.961,61	69.935,01	11.119,02
6	132.000,00	113.780,94	18.219,06	966,95		1.565,77	17.620,24	74.510,56	63.680,56	9.946,17
7	132.000,00	113.780,94	18.219,06	966,95		1.677,29	17.508,72	67.736,87	57.891,41	8.984,74
8	132.000,00	113.780,94	18.219,06	966,95		1.796,76	17.389,25	61.578,97	52.628,56	8.112,21
9	132.000,00	113.780,94	18.219,06	966,95		1.924,73	17.261,28	55.980,89	47.844,14	7.320,47
10	132.000,00	113.780,94	18.219,06	966,95		2.061,82	17.124,19	50.891,71	43.494,68	6.602,12
10%							139.888,37	811.082,86	730.151,60	71.948,99

VAN 80.931,25
 R B/C 1,11
 TIR 0,46450081
46,45008062%

ANEXO D24

ANEXO "D24"
TABLA DE AMORTIZACIÓN
EN DÓLARES

MONEDA EN DÓLARES
CAPITAL 20.000,00
INTERESES ANUAL 14% 0,035 **ANUALIDAD** 1.245,46
PERÍODOS MESES 24

MESES	SALDO	INTERESES	K + INTERESES	ANUALIDAD	SALDO INSOLUTO	K PAGADO	INTERÉS	ABONO AL CRÉDITO	CUOTA ANUAL	SALDO ANUAL
1	20.000,00	700,00	20.700,00	1.245,46	19.454,54	545,46				
2	19.454,54	680,91	20.135,45	1.245,46	18.890,00	564,55	1.380,91	1.110,00	2.490,91	18.890,00
3	18.890,00	661,15	19.551,15	1.245,46	18.305,69	584,31				
4	18.305,69	640,70	18.946,39	1.245,46	17.700,93	604,76	1.301,85	1.189,06	2.490,91	17.700,93
5	17.700,93	619,53	18.320,46	1.245,46	17.075,01	625,92				
6	17.075,01	597,63	17.672,63	1.245,46	16.427,18	647,83	1.217,16	1.273,76	2.490,91	16.427,18
7	16.427,18	574,95	17.002,13	1.245,46	15.756,67	670,51				
8	15.756,67	551,48	16.308,15	1.245,46	15.062,70	693,97	1.126,43	1.364,48	2.490,91	15.062,70
9	15.062,70	527,19	15.589,89	1.245,46	14.344,44	718,26				
10	14.344,44	502,06	14.846,49	1.245,46	13.601,03	743,40	1.029,25	1.461,66	2.490,91	13.601,03
11	13.601,03	476,04	14.077,07	1.245,46	12.831,61	769,42				
12	12.831,61	449,11	13.280,72	1.245,46	12.035,26	796,35	925,14	1.565,77	2.490,91	12.035,26
13	12.035,26	421,23	12.456,50	1.245,46	11.211,04	824,22				
14	11.211,04	392,39	11.603,43	1.245,46	10.357,97	853,07	813,62	1.677,29	2.490,91	10.357,97
15	10.357,97	362,53	10.720,50	1.245,46	9.475,04	882,93				
16	9.475,04	331,63	9.806,67	1.245,46	8.561,21	913,83	694,16	1.796,76	2.490,91	8.561,21
17	8.561,21	299,64	8.860,86	1.245,46	7.615,40	945,81				

18	7.615,40	266,54	7.881,94	1.245,46	6.636,48	978,92	566,18	1.924,73	2.490,91	6.636,48
19	6.636,48	232,28	6.868,76	1.245,46	5.623,30	1.013,18				
20	5.623,30	196,82	5.820,12	1.245,46	4.574,66	1.048,64	429,09	2.061,82	2.490,91	4.574,66
21	4.574,66	160,11	4.734,77	1.245,46	3.489,32	1.085,34				
22	3.489,32	122,13	3.611,44	1.245,46	2.365,99	1.123,33	282,24	2.208,67	2.490,91	2.365,99
23	2.365,99	82,81	2.448,80	1.245,46	1.203,34	1.162,65				
24	1.203,34	42,12	1.245,46	1.245,46	0,00	1.203,34	124,93	2.365,99	2.490,91	0,00

	9.890,96		24.909,13		15.425,34	9.483,79	15.425,34	24.909,13	
--	-----------------	--	------------------	--	------------------	-----------------	------------------	------------------	--

ANEXO D25

ANEXO "D25"											
ROL DE PAGOS											
Nº	CARGO	CANT.	SUELDO BÁSICO SECTORIAL	XIII	XIV	FONDO DE RESERVA	VACACIONES	APORTE PATRONAL	SUBTOTAL PROVISIONES	TOTAL MES	TOTAL AÑO
PERSONAL ADMINISTRACIÓN											
1	Gerente	1	600,00	50,00	18,17	50,00	25,00	72,90	216,07	816,07	9.792,80
2	Secretaria	1	240,00	20,00	18,17	20,00	10,00	29,16	97,33	337,33	4.047,92
SUBTOTAL		2	840,00	70,00	36,33	70,00	35,00	102,06	313,39	1.153,39	13.840,72
PERSONAL PRODUCCIÓN											
4	Soldador	2	280,00	23,33	18,17	23,33	11,67	34,02	110,52	390,52	9.372,48
5	Auxiliar	2	220,00	18,33	18,17	18,33	9,17	26,73	90,73	310,73	7.457,52
SUBTOTAL		4	500,00	41,67	36,33	41,67	20,83	60,75	201,25	701,25	16.830,00
TOTAL		6	1.340,00	111,67	72,67	111,67	55,83	162,81	514,64	1.854,64	30.670,72

ANEXO E