



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESTUDIO DE CAMPO: VERIFICACIÓN DE LA OPERACIÓN EN LAS INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS DE LOS EQUIPOS DE CALENTAMIENTO DE AGUA CON ENERGÍA SOLAR

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA (ÁREA MECÁNICA)

PRESENTA

MOISÉS ÁNGEL LINO LINARES

Director de Tesis:
Ing. Víctor Vázquez Huarota



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

- ✓ *A toda mi familia en general, que componen cada parte de mí ser: padres, hermanas, abuelos, tíos, primos y sobrinos.*
- ✓ *A mí eternamente novia.*
- ✓ *A mis médicos y enfermeras que me atendieron, ya que sin ellos, no viviría.*
- ✓ *A mis amigos de escuela, de trabajo, de juegos y de farras, que compartieron alegrías y tristezas.*
- ✓ *A todos mis maestros, que me hicieron tal y como soy conocido.*
- ✓ *A los que han creído en mí y, siguen creyendo.*
- ✓ *A los que nunca creyeron, a los que no les caigo bien y que me desearon en algún momento un mal, ya que gracias a ello, siempre me levante.*
- ✓ *A mis queridas y entrañables mascotas, cual siempre fieles.*
- ✓ *A mi país, por diez lugares suyos, ciertas gentes y pueblos, bosques de pino y fortalezas; ciudades desiertas grises y monstruosas; varias figuras de su historia; montañas y montañas; y tres o cuatro ríos.*
- ✓ *A mí mismo y a todos esos libros, películas, pinturas, fotografías, música, cuadernos, plumas y lápices, así como todo lo que cotidianamente me rodeo.*
- ✓ *Se agradece a las Instituciones Deportivas, Educativas y Sociales, así como la participación de los Fabricantes e Instaladores de Colectores Solares por las facilidades otorgadas para la elaboración del estudio y por la información recibida para la evaluación de los parámetros que sirvieron en el mismo.*
- ✓ *Por que soy de tí, gracias DIOS.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
I SITUACIÓN ACTUAL.....	8
I.1 ENERGÍAS RENOVABLES.....	8
I.1.1 Geotermia.....	8
I.1.2 Energía Eólica.....	8
I.1.3 Biomasa.....	9
I.1.4 Energía Hidráulica.....	9
I.1.5 Energía Solar.....	10
I.2 ANTECEDENTES DEL CALENTAMIENTO DEL AGUA MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR EN MÉXICO.....	11
II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	13
II.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
II.1.1 Objetivos particulares.....	13
II.2 HIPÓTESIS.....	13
III SITUACIÓN PROPUESTA.....	14
III.1 PRIMERA FASE - DISEÑO CONCEPTUAL.....	14
III.1.1 Universo de atención.....	14
III.1.2 Cobertura temática de los cuestionarios.....	15
III.1.3 Usuarios.....	15
III.1.4 Indicadores a obtener de la encuesta de usuarios.....	15
Antes de la instalación.....	15
Después de la aplicación.....	16
III.1.5 Indicadores a obtener del cuestionario de Instaladores-Fabricantes.....	16
III.2 SEGUNDA FASE - ASPECTO OPERATIVO.....	18
III.2.1 Etapas de planeación.....	18
III.2.2 Etapa de levantamiento de información.....	18
IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	19
IV.1 ANÁLISIS DE MACRO TEMAS DE LOS CUESTIONARIOS DE USUARIOS E INSTALADORES-FABRICANTES.....	19
IV.1.1 Análisis de Usuarios.....	19
IV.1.2 Evaluación de las instalaciones.....	20
Características generales y de operación de equipos e instalaciones.....	20
Características a cubrir de los requerimientos del usuario.....	23
Motivos del cambio y grado de satisfacción al cliente.....	26

Recuperación de la inversión.....	28
IV.1.3 Análisis de Instaladores Fabricantes.....	32
Generalidades.....	32
Normalización.....	35
Vida útil.....	37
Comercialización.....	38
Características de equipos.....	39
Rentabilidad y costos.....	41
Metodología de cálculo.....	43
V CONCLUSIONES.....	45
V.1 EVALUACIÓN I, IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE INSTALACIONES DONDE SE APLICAN ACTUALMENTE LOS SISTEMAS SOLARES.....	47
V.2 EVALUACIÓN II, APORTACIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR AL CONSUMO DE ENERGÍA PROMEDIO ANUAL REQUERIDA POR LA APLICACIÓN DEL USUARIO.....	51
V.3 EVALUACIÓN III, PROMEDIO DEL PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL SISTEMA SOLAR.....	54
V.4 EVALUACIÓN IV, EVALUACIÓN DE LA OPERATIVIDAD DEL SISTEMA SOLAR.....	56
ANEXO I CUESTIONARIO DE USUARIO FINAL.....	59
ANEXO II CUESTIONARIO DE INSTALADOR-FABRICANTE.....	67
ANEXO III INDICADORES.....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	91

INTRODUCCIÓN

A raíz de la crisis energética de 1973, cuando se encareció el precio del petróleo existió un interés generalizado por el desarrollo de las energías renovables, aun cuando estas ya eran explotadas antes de la utilización masiva de los combustibles fósiles.

Debido a esto, los países consumidores de petróleo que no contaban con ésta riqueza, comenzaron a llevar a cabo modificaciones culturales que les permitiera utilizar la energía de manera más eficiente; implementando políticas de ahorro de energía y de investigación tecnológica en el área de las energías renovables, para que con ello, pudieran cubrir la demanda energética y mantener así, el desarrollo económico en sus respectivos países.

México no es ajeno a esta realidad, ya que en 1980 se promulga la *Ley de Fomento a la Tecnología*, que es pionera en su tipo y que da mayor impulso a la investigación de las energías renovables. Además que apuntala en cierta forma, la integración de México a la globalización tecnológica y económica, que se vislumbraba en ese entonces y que se fortalecería años después con la firma del TLC.

Sin embargo y a pesar de contar con una amplia infraestructura científica y tecnológica, el presupuesto para el desarrollo científico y tecnológico en ésta área ha sido insipiente. Empero, el empuje empresarial de algunas personas interesadas en las energías renovables y, en particular de la energía solar, ha hecho que en México existan compañías dedicadas al calentamiento del agua mediante el aprovechamiento de la energía solar, las cuales han realizado algunas instalaciones de considerable envergadura, por lo que se podría decir, que existe una cierta capacidad técnica para el diseño y ejecución de éste tipo de proyectos.

Lamentablemente y a pesar de que hay instalaciones que funcionan perfectamente, existen otras instalaciones que son inoperantes, debido a múltiples factores, tales como: errores de diseño, desperfectos en los colectores solares o debido a los materiales utilizados, ya sea por su baja calidad o una mala selección, o bien, por la falta de conocimiento de la operación de los sistemas de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar.

Esto trae como consecuencia que el mercado de las instalaciones de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar, no se desarrolle completamente, a pesar de ser una excelente opción, con una alta rentabilidad, de fácil operación y poco mantenimiento.

En virtud de todo lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo principal, dar un panorama de la situación actual en el que se encuentran las instalaciones de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar ubicadas en la Ciudad de México y sus zonas aledañas, así como mostrar la experiencia y capacidad existente por el lado del ofertante (Instaladores-Fabricantes), para la realización y ejecución de los proyectos de energía solar.

Para cumplir con los dos objetivos planteados, el estudio esta integrado por dos cuestionarios, el primero atiende el lado de la demanda o usuario final, y el segundo cuestionario enfocado a la parte de la oferta. También vale la pena mencionar que el diseño de la metodología de las encuestas esta referido a las metodologías utilizadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

I SITUACIÓN ACTUAL

I.1 Energías Renovables

Las energías renovables son aquellas que se producen por fenómenos naturales, pudiendo ser continuos o discontinuos, (Solar, Geotermia, Eólica, Biomasa e Hidráulica). A este tipo de energía se dice que son respetuosas con el ambiente, esto no quiere decir que no causen impactos ambientales al entorno, sí lo hacen, pero dichos impactos son infinitamente menores a los causados por las energías convencionales (combustibles fósiles: petróleo, gas y carbón; energía nuclear, etc).

Por otro lado, las energías renovables representan un modelo sustentable de progreso, cuyo uso eficaz no afectará a las futuras generaciones, contribuyendo con la conservación y uso eficiente de los recursos energéticos no renovables.

Con el propósito de contextualizar lo antes descrito, a continuación se hace una descripción breve de cada una de estas fuentes de energía.

I.1.1 Geotermia

El gradiente térmico que resulta de las altas temperaturas del centro de la Tierra (superior a los mil grados centígrados), genera una corriente de calor hacia la superficie, dicha corriente es la fuente de la energía geotérmica, que es aprovechada para generar electricidad, es decir, la energía geotérmica es la utilización del calor contenido en el interior de la tierra por el hombre, quien lo recupera y explota para su beneficio.

A nivel mundial, México ocupa el tercer lugar en capacidad de generación de energía geotérmica con 960 MW, instalados en los campos de: Cerro Prieto, los Azufres y los Húmeros. Por otro lado, según datos de CFE existe un alto potencial geotérmico que podría permitir la instalación de 2,400 MW.

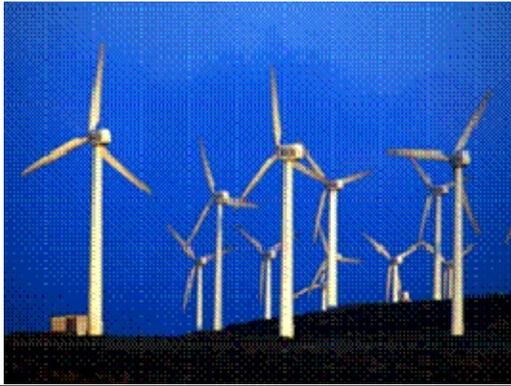
Fotografía 1 Planta geotérmica



I.1.2 Energía Eólica

La energía del viento es provocada por el calentamiento diferencial de la atmósfera por el Sol y las irregularidades de la superficie terrestre, es decir, el Sol provoca en la tierra diferencias de presión que dan origen a los vientos.

Fotografía 2 Campo de turbo hélices



Con la ayuda de aerogeneradores se puede aprovechar este tipo de energía para generar electricidad, misma que puede ser usada en el bombeo de agua y la electrificación de zonas rurales. Este tipo de energía actualmente es una de las más competitivas. En México ya se han realizado algunos proyectos y se cuenta con la Central **Guerrero Negro** en Baja California Sur (0.6 MW) y la Central **La Venta** en el estado de Oaxaca con 1.6 MW.

Este recurso renovable tiene en México un gran potencial, que se estima supera los **5,000 MW**.

I.1.3 Biomasa

Se considera a la biomasa como toda aquella materia orgánica que puede ser utilizada para generar energía.

Ya sea mediante su propia descomposición que generaría bio combustible (en forma de gas como el biogás o líquidos como bioetanol o biodiesel) o como combustible directamente).

México tiene un alto potencial bioenergético (superior a los 3,000 MW), esto a través del aprovechamiento de millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales, residuos sólidos urbanos, estiércol y bagazo de caña.

Fotografía 3 Biomasa

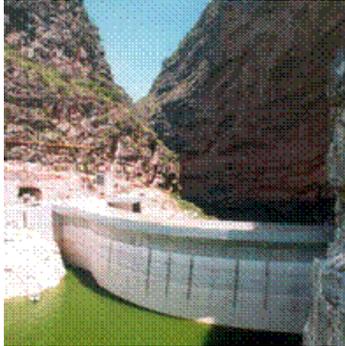


En Monterrey existe una central que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para generar energía eléctrica, con una capacidad de 7 MW. Por otro lado, esta en desarrollo un proyecto en Tizayuca para generar energía eléctrica a través del aprovechamiento del biogás liberado por el estiércol vacuno.

I.1.4 Energía Hidráulica

Este tipo de energía tiene su origen en el “ciclo del agua” generado por el Sol. Al evaporarse el agua de los mares, ríos y lagos, esta agua cae en forma de lluvia y regresa nuevamente al mar para reiniciar el ciclo.

Fotografía 4 Presa



La energía hidráulica se genera a partir de la energía potencial asociada a las caídas de agua y a la diferencia de alturas entre dos puntos del curso de un río. Esta energía es transformada en energía eléctrica en grandes centrales hidroeléctricas.

México es un país con una alta precipitación pluvial (principalmente en el sur) y hace años fuimos el potencial hidroeléctrico más grande el mundo

Se cuenta con plantas minihidráulicas en los estados de Veracruz, Jalisco, Colima, Michoacán y Durango. Entre ellas tenemos a “Las Trojes” en el estado de Colima con una capacidad de 8 MW; la central de “Chilatán” en Michoacán con 14 MW de capacidad y, “El Gallo” en el estado de Guerrero con una capacidad de 30 MW.

I.1.5 Energía Solar

El Sol es fuente directa de la energía solar, la cual se fundamenta en el aprovechamiento de la radiación solar y esta pueda transformarse en calor (directamente) o en electricidad.

Para el aprovechamiento de la energía solar se utilizan dos tipos de tecnologías

1. Fotovoltaicas

Convierten la energía solar (luminosa) en eléctrica. Ejemplos de aplicación son la electrificación rural, bombeo y refrigeración, etc.

2. Termo solares

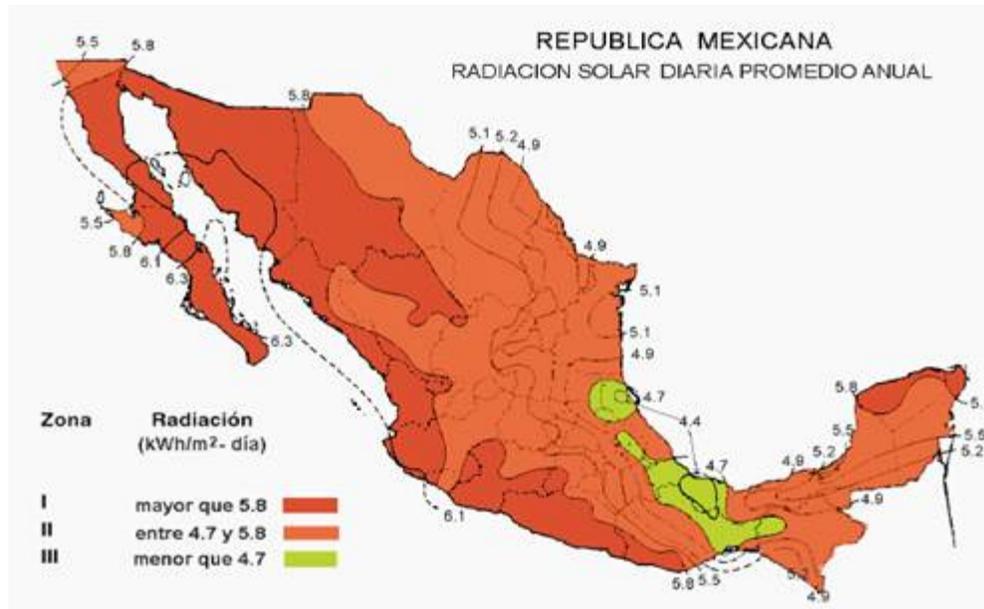
Usan la energía del sol (radiación) para el calentamiento de fluidos. Ejemplo de la aplicación es el calentamiento de agua.

Fotografía 5 Club Pumas



En México existe un gran potencial de aprovechamiento de la energía solar, ya que alrededor de tres cuartas partes del territorio nacional son zonas con una insolación media del orden de los 5 kWh/m²-día.

Ilustración 1 Radiación solar diaria promedio anual



La **Comisión Federal de Electricidad (CFE)** tiene una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, que emplea sistemas fotovoltaicos y eólicos.

La Fotografía 5 corresponde al **Club Pumas**, donde en sus instalaciones cuenta únicamente con módulos solares para el **calentamiento de agua**.

I.2 Antecedentes del Calentamiento del agua mediante el aprovechamiento de la Energía Solar en México

En la década de los 90's, el Gobierno Federal lanzó un Programa denominado PRONASOL, para apoyar financieramente la construcción de infraestructura en varias comunidades y regiones poco desarrolladas. El Proyecto se encaminó al uso de las fuentes alternativas de energía, en particular la solar.

Otro programa es el de Energía Renovable en México (PERM), patrocinado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE), en cooperación con el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, cuyo enfoque fue promover sistemas de calentamiento solar de agua y generación de electricidad por sistemas fotovoltaicos.

También existen organizaciones tanto gubernamentales como no gubernamentales interesadas en la promoción y desarrollo de la energía solar. La Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), así como instituciones educativas y de investigación tales como: el Centro de Investigación en Energía (CIE-UNAM), el Instituto de Geofísica (IG-UNAM), el

Programa Universitario de Energía (PUE-UNAM), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), la Universidad de Sonora, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, entre otras.

A nivel internacional, existen países con amplia experiencia, un ejemplo es Barcelona España, que desde 1999 regula la incorporación de sistemas de captación y utilización de energía solar activa de baja temperatura para la producción de agua caliente de uso sanitario, en los edificios y construcciones.

En México, se emitió el 8 de febrero de 2005 en el Diario Oficial de la Federación (DOF), la primera Norma de “ENERGIA SOLAR- Rendimiento térmico y funcionalidad de colectores solares para calentamiento de agua- Métodos de prueba y etiquetado”

Actualmente, el Gobierno del Distrito Federal, a través de la Secretaria del Medio Ambiente, ha incluido en su programa de Gobierno, realizar acciones de protección y conservación del medio ambiente, que coadyuven en el bienestar de la población de la Ciudad de México. Con base en lo anterior, el Comité de Normalización Ambiental de la Secretaria del Medio Ambiente estableció un grupo de trabajo que elaboró una Norma Ambiental que establezca el aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento de agua en establecimientos de nueva apertura. Dicha norma esta ya en vigencia.

II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

II.1 Objetivo General

El objetivo general que tiene el presente estudio, es realizar un análisis técnico (ya que no existe en la actualidad) para dar un panorama actual del estado en el que se encuentran la operación y funcionamiento de los sistemas de calentamiento solar en México, así como de la capacidad técnica de los instaladores para ejecutar éste tipo de proyectos. Esto se logrará con una encuesta de campo que contempla tanto a los Instaladores-Fabricantes como a los usuarios finales, para que sus respuestas sirvan como fuente de información para dicho análisis.

II.1.1 Objetivos Particulares

De lo antes expuesto, se desprenden cuatro ejes principales de investigación que son:

- 1 Identificar las instalaciones que con mayor frecuencia utilizan el Sistema de Calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la Energía Solar, así como, establecer que sectores económicos (comercio, servicio e industria) son los que aplican con mayor frecuencia éste tipo de instalaciones.
- 2 Evaluar las empresas visitadas, tanto Instaladores-Fabricantes como usuarios, para determinar el porcentaje que aporta la Instalación Solar en el Consumo de Energía Promedio Anual del total que se utiliza por el concepto del calentamiento del agua, para ver su eficiencia de operación y diseño.
- 3 Evaluar el beneficio económico de las instalaciones, mediante la obtención del promedio del Periodo Simple de Recuperación de la Inversión, al implementar dicho sistema en las instalaciones de los usuarios.
- 4 Cualificar y verificar la problemática que presentan dichas instalaciones, para determinar los puntos neurálgicos que sufren tanto en operación como en mantenimiento.

II.2 Hipótesis

El incremento del uso de sistemas alternativos (energía solar) a los tradicionales (Calderas, Generadores de Agua Caliente, etc) en el calentamiento de agua, darán como resultado la reducción de la quema de combustibles, por lo que se mitigaran las emisiones de Gases Efecto Invernadero, lo que reducirá los impactos negativos del calentamiento global, mejorando con esto el medio ambiente de la Ciudad de México. Esto se logrará siempre y cuando las instalaciones sean bien diseñadas, funcionales y de fácil mantenimiento.

III SITUACIÓN PROPUESTA

Tal y como se había descrito en el objetivo general, se definió realizar dos análisis, la primera que cubriera el aspecto de los instaladores y fabricantes, para determinar así, las características del producto y servicios que ofrecen (colector solar y la instalación del sistema), así como la metodología de cálculo que realizan para determinar la magnitud del sistema (diseño hidráulico y el número de colectores a instalar). Y en una segunda parte analizar el usuario final, ya que es indispensable tomar en cuenta la instalación solar en sí misma. Por lo que esta segunda etapa cubre el lado del usuario, en el cual, la evaluación principal se enfoca a la satisfacción del cliente. Esto quiere decir, que efectivamente el sistema solar cumple con las expectativas del calentamiento de agua y que se encuentre en una correcta operación y óptimo funcionamiento. Sin olvidar la evaluación de la rentabilidad en dicha instalación, producto del ahorro económico que representa la disminución en el consumo del combustible al reducir el tiempo de operación de los equipos tradicionales en las instalaciones.

La metodología que se llevó a cabo en las dos evaluaciones (Instaladores-Fabricantes y usuarios) es similar en proceso y se desarrolla en tres fases, la primera define el proyecto mediante el diseño conceptual que cubre los objetivos que se plantearon en un inicio. A partir de estas definiciones, en la segunda fase (aspecto operativo), se hizo un muestreo que se tomó a partir del universo de atención, para en la última fase (usuarios), efectuar las visitas y el análisis de las mismas.

Cabe hacer un señalamiento, como se ha comentado anteriormente, se efectuaron varias entrevistas, las cuales fueron bajo una absoluta discreción, motivo por el cual, en el presente documento únicamente se presentarán los datos que arrojaron las encuestas.

III.1 Primera Fase - Diseño Conceptual

III.1.1 Universo de Atención

Para el análisis de los usuarios, se define como universo de atención al conjunto de empresas que en sus instalaciones cuentan con un sistema de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar y que se encuentran ubicadas en la Ciudad de México y área conurbana.

El universo de atención de los usuarios, se recolectó a través de la información que brindaron los Instaladores-Fabricantes y, que estuvieran inscritos ante la Asociación Nacional de Energía Solar. Además, se realizó una investigación para detectar el mayor número de empresas mediante búsqueda en Internet.

En el caso de los Instaladores-Fabricantes, el universo de atención se establece con la ANES, así como algunos empresarios independientes.

III.1.2 Cobertura Temática de los Cuestionarios

Se diseñaron dos tipos de cuestionarios, uno que atiende el universo de atención de usuarios, y otro que se enfoca al universo de atención de Instaladores-Fabricantes. Ambos cuestionarios se integran en el anexo II. Los macro temas que cubre el análisis están definidos como se muestra a continuación.

III.1.3 Usuarios

En el análisis de los usuarios, el diseño del cuestionario tiene como base el comparar el antes y después de la instalación del sistema solar, con el propósito de evaluar las características de los equipos en uso, así como el comportamiento del sistema en su operación; también se revisan otros aspectos como son: la cobertura de los requerimientos del usuario por parte del sistema solar, el grado de satisfacción al cliente y el periodo de recuperación de la inversión. En su conjunto, todos ellos conforman los macro temas del cuestionario, definiéndose para cada uno de ellos los indicadores correspondientes.

III.1.4 Indicadores a obtener de la Encuesta de Usuarios:

Antes de la instalación

Generalidades

1. Número de establecimientos.
2. Porcentaje por tipos de establecimientos.
3. Aplicación.

Características generales de equipos e instalaciones.

1. Tipos de equipos usados.
2. Capacidad de flujo de agua caliente por aplicación en porcentaje, (máximo, mínimo, promedio).
3. Tipo de consumo de combustible utilizado, en porcentaje.

Características de operación de los equipos e instalaciones.

1. Consumo de combustible, (máximo, mínimo, promedio).
2. Costo de combustible, (máximo, mínimo, promedio).
3. Horas de operación de los equipos, (máximo, mínimo, promedio).
4. Horas de uso del agua caliente, (máximo, mínimo, promedio).
5. Usos/aplicaciones del agua caliente en porcentaje.
6. Temperaturas de operación, por tipo de aplicación (máximo, mínimo, promedio).
7. Capacidades de termo tanque.

Después de la aplicación

Características generales de equipos e instalaciones.

1. Tipos de equipos usados.
2. Capacidad de flujo de agua caliente, porcentaje, (máximo, mínimo, promedio).
3. Tipo de consumo de combustible utilizado, en porcentaje.

Características de operación de los equipos e instalaciones.

1. Consumo de combustible, (máximo, mínimo, promedio).
2. Costo de combustible, (máximo, mínimo, promedio).
3. Horas de operación de los equipos, (máximo, mínimo, promedio).
4. Horas de uso del agua caliente por día, (máximo, mínimo, promedio).
5. Usos/aplicaciones del agua caliente en porcentaje.
6. Temperaturas de operación que alcanzan los colectores (máximo, mínimo, promedio) y por tipo de aplicación
7. Capacidades de termo tanque.

Características a cubrir de los requerimientos del usuario.

1. Tipo de flujo del agua caliente, porcentaje.
2. Demanda del agua caliente en litro por hora por aplicación.
3. Porcentaje de uso de los colectores solares con referencia a la energía total ocupada.

Grado de satisfacción al cliente

1. Tipos de motivos de cambio, en porcentaje.
2. Compañías que han ofrecido el servicio.
3. Tipos, marcas y procedencia de manufactura de los colectores, en porcentajes.
4. Calificación de desempeño, porcentaje.
5. Vida útil de los colectores solares.

Recuperación de la inversión

1. Tiempo de recuperación de la inversión, en porcentaje.
2. Tiempo de recuperación de la inversión por aplicación del agua caliente, (máximo, mínimo, promedio).
3. Costos de operación anual de los colectores solares, (máximo, mínimo y promedio).
4. Costos de mantenimiento de los colectores solares, (máximo, mínimo y promedio).

III.1.5 Indicadores a obtener del cuestionario de Instaladores-Fabricantes

En éste cuestionario, los macro temas contemplados se dividen en seis que son: Generalidades, Normalización, Vida Útil, Comercialización, Características de Equipos, Rentabilidad y Costos, y Metodología de Cálculo y Dimensionamiento.

Con ellos se evalúa:

Generalidades.

1. Tipos de servicios que prestan las empresas,
2. Procedencia de manufactura de los equipos solares instalados
3. Procedencia de manufactura de los equipos solares vendidos
4. Tipos de productos ofrecidos
5. Número de instalaciones realizadas en el Distrito Federal por Fabricante-Instalador

Normalización

1. Productos de procedencia extranjera certificados y no certificados, en porcentaje
2. Tipo de certificación y/o norma preferentemente utilizada
3. Tipo de certificación y/o norma utilizadas, en porcentaje
4. Equipos que cumplen con datos técnicos, (Curvas de eficiencia, desempeño o rendimiento) y que no cumplen, en porcentaje
5. Accesibilidad de manejo de información técnica por parte de proveedores, en porcentaje
6. Rendimiento o eficiencia de los equipos por tecnología.
7. Rendimiento o eficiencia de los equipos promedio.

Vida útil

1. Vida útil de los equipos por tipo de tecnología.
2. Vida útil expresada en años de los equipos, en porcentaje

Comercialización

1. Preferencia del consumidor por tipo de productos

Caracterización de los equipos

1. Nivel de flujo por tipo de tecnología
2. Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo continuo
3. Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo intermitente, en porcentaje
4. Uso del agua caliente por tecnología, en porcentaje

Rentabilidad y costos

1. Rentabilidad promedio de los equipos por tipo de aplicación del agua
2. Costo promedio de los equipos por metro cuadrado, por tipo de tecnología
3. Costo promedio de los equipos por metro cuadrado sin importar la tecnología
4. Costo promedio anual de mantenimiento pro tipo de tecnología
5. Costo de operación de equipos auxiliares por tipo de tecnología

Metodologías de cálculo y dimensionamiento

1. Variable utilizada para determinar superficie requerida de colector solar, general
2. Porcentaje del uso de las variables para el diseño de sistemas
3. Variable utilizada para determinar dimensionamiento del sistema solar, por tipo de aplicación.

III.2 Segunda Fase - Aspecto Operativo

La forma que se procedió a realizar los trabajos de campo se divide en dos partes:

- ✓ Etapa de Planeación
- ✓ Etapa de Levantamiento de Información

III.2.1 Etapa de Planeación

En ésta etapa, el trabajo se definió de la siguiente manera:

1. Recopilación de información del universo de Instaladores-Fabricantes, y usuarios
2. Diseño de carta de exposición de motivos de solicitud de entrevista para Instaladores-Fabricantes y usuarios
3. Contacto telefónico para solicitar entrevista y seguimiento de la misma
4. Levantamiento de información
5. Análisis de datos

III.2.2 Etapa de Levantamiento de Información

Se efectuaron 12 visitas a usuarios y 6 a Instaladores-Fabricantes, posteriormente se diseño una base de datos donde se proceso la información, los resultados se observan en los indicadores para realizar el correspondiente análisis por macro temas. Con base en esto, se integra el presente reporte.

IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Efectuado el levantamiento de información, se analizaron los datos de acuerdo a lo establecido en los macro temas correspondientes de cada cuestionario, dicho análisis se muestra en ésta sección del documento. Apoyándose en estos datos, posteriormente se evalúan los objetivos que se plantearon en un inicio.

IV.1 Análisis de macro temas de los cuestionarios de Usuarios e Instaladores-Fabricantes

IV.1.1 Análisis de Usuarios

Se efectuaron 12 visitas, siendo 7 Clubes Deportivos, 2 Instituciones Educativas, 1 Institución Eclesiástica y 1 Centro de Rehabilitación; también se visitó al Hospital 20 de Noviembre, lamentablemente no se pudo realizar la entrevista ya que el sistema de colectores solares tenía más de 7 años fuera de operación, además que el Arquitecto encargado del mantenimiento de las instalaciones lleva 5 años en funciones, motivo por el cual, no se contaba con los elementos necesarios para efectuar la evaluación.

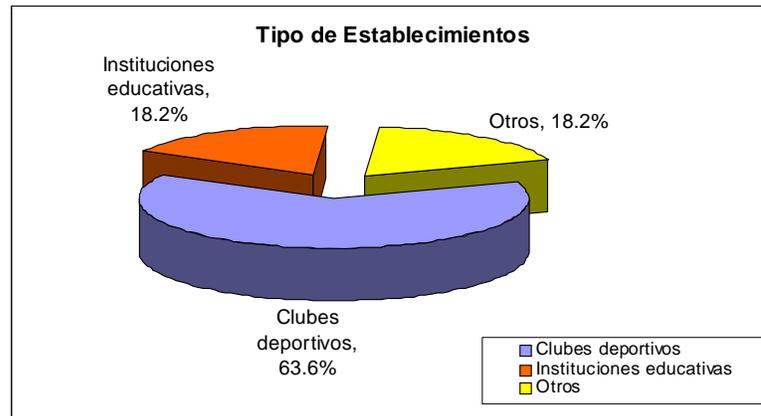
Una de las instalaciones que se diseñó con armonía arquitectónica, es la del Club de Pumas de la UNAM, que se muestra en la Fotografía 6.

Fotografía 1 Instalaciones del Club Deportivo Universidad Nacional



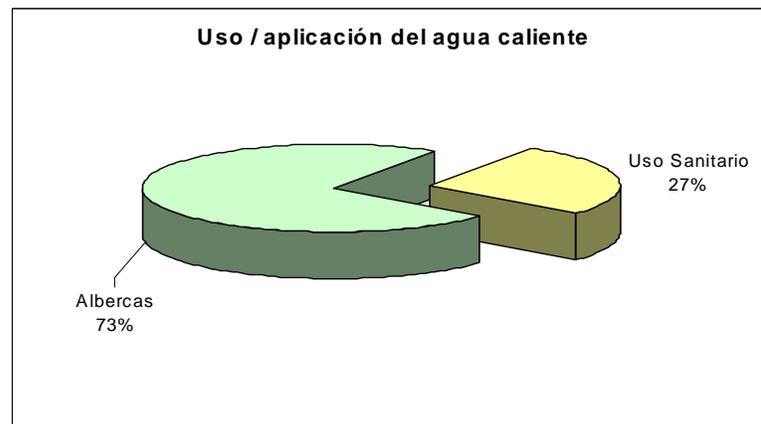
De los establecimientos visitados el 63.3% son los clubes deportivos, mientras que el 18.2% son Instituciones Educativas y el 18.2% otros giros. La Gráfica 1 ilustra lo anterior.

Gráfica 1 Porcentaje por tipos de establecimientos



En estas instalaciones se encontró que la aplicación del agua caliente se ocupa principalmente en el uso sanitario y albercas, siendo 27.3 % uso sanitario y 72.7 % albercas.

Gráfica 2 Usos / aplicaciones del agua caliente en porcentaje



IV.1.2 Evaluación de las Instalaciones

Características Generales y de Operación de Equipos e Instalaciones

Antes de instalar el sistema de colectores solares, los usuarios contaban con equipos tradicionales. Posteriormente a la instalación del sistema de calentamiento solar, algunos equipos tradicionales quedaron fuera de operación o su función cambió a respaldar el sistema solar.

En la siguiente fotografía, se muestra un equipo tradicional típico que se utiliza en el calentamiento de agua para albercas.

Fotografía 2 Caldera usada para calentar agua de alberca



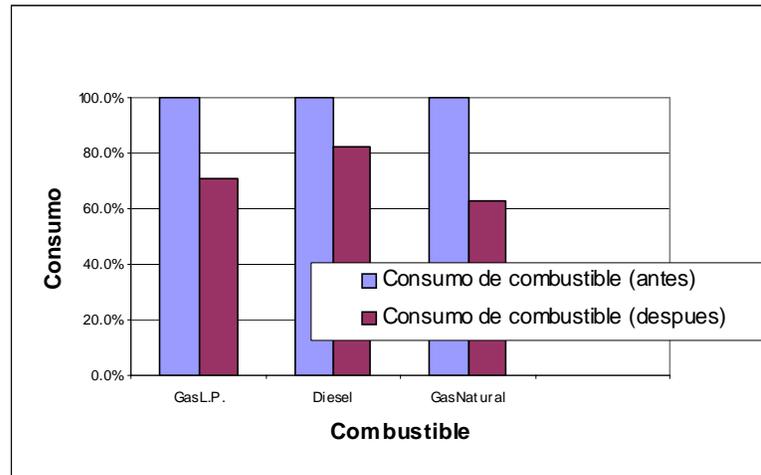
En las instalaciones cuya aplicación es el uso sanitario, se observó que en el caso del Monasterio, los boilers quedaron fuera de operación, siendo el único sistema de calentamiento el sistema solar, aunque comentaron que no es suficiente el sistema solar para abastecer de agua caliente, ya que por el número de monjas no alcanza el agua caliente para el uso de las regaderas. En el caso del Internado Guadalupano, los boilers que les proporcionaba el agua caliente para regaderas, salieron de servicio por tener ya mucho tiempo en operación, por lo que requerían cambiarlos. Actualmente solamente opera el sistema solar, empero en un futuro instalarán nuevamente boilers que funcionarán como respaldo al sistema solar.

Una de las características principales de los equipos es el tipo de combustible que consumen, en este sentido, los equipos operaban en un inicio con diesel y gas LP, aunque se encontraron instalaciones que desde su diseño contemplaron aprovechar la energía solar. Las instalaciones que fueron diseñadas y operan así son: el *ITESM campus Estado de México* cuya aplicación es albercas, y el *Club Pumas* en uso sanitario.

Otra situación que cabe resaltar es que después de la instalación solar y dado el interés por parte de los usuarios de reducir sus gastos operativos, optaron también por el cambio de combustible.

De las instalaciones visitadas se obtuvo la Gráfica 3 que ilustra el consumo de los combustibles antes de la aplicación y después de la aplicación de la instalación solar. Las barras de color azul muestran el consumo de energía antes de la instalación solar (consumo de combustible), mientras que las otras barras dan el consumo de combustible con el sistema solar.

Gráfica 3 Consumo por tipo de combustible, antes y después de la instalación solar



En dicha gráfica se observa que existe una reducción considerable en el consumo de combustible. Donde la mayor reducción se obtiene en el gas natural, con un promedio del 39%, en segundo lugar esta el gas LP con un ahorro del 35%, por último el diesel con un 19%.

Por otra parte, uno de los factores a tomar en cuenta en el momento de instalar los colectores solares es justamente, mantener el requerimiento de agua caliente que necesita el usuario, además de tomar en cuenta la restricción de espacio y costos de los mismos, todo ello en su conjunto, son factores que restringen la implantación y el desarrollo de este tipo de proyectos.

Para solucionar esta problemática, los instaladores adicionaron al propio sistema solar, sistemas de termo tanque (Fotografía 8), en el cual se pudiera almacenar agua caliente cuando esté fuera de operación el sistema solar, con ello, mantienen a cualquier hora del día el requerimiento del usuario.

Esta es la situación de la alberca del Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México, donde cuentan con una cisterna que almacena el agua caliente del sistema solar, y que después va a otra cisterna de premezclado donde convergen el agua fría de la alberca y el agua caliente que viene de la anterior cisterna.

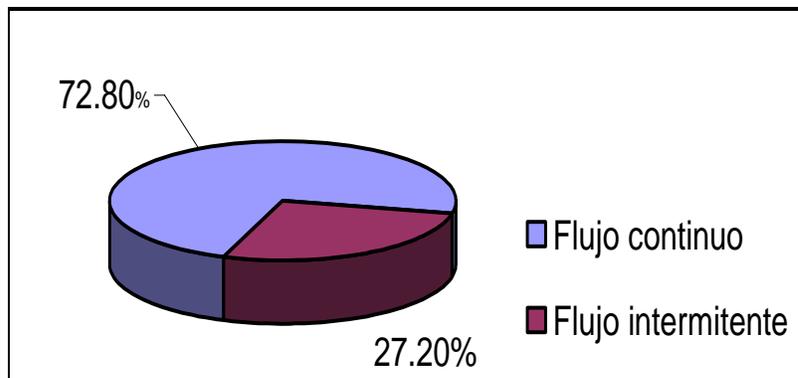
Fotografía 3 Termo tanques instalados para almacenar el agua caliente.



Características a cubrir de los requerimientos del Usuario.

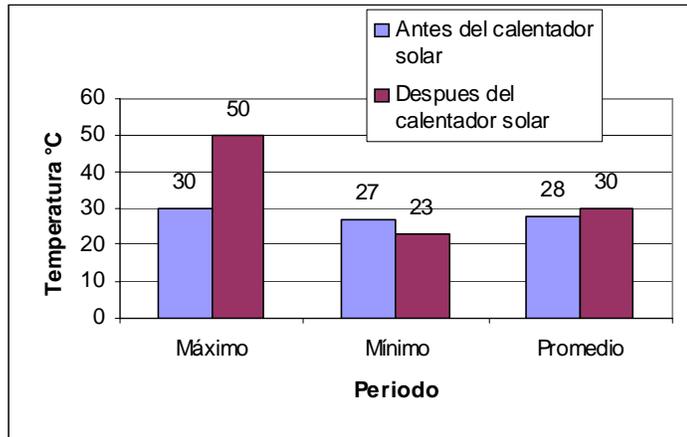
De acuerdo a los usos de agua caliente y con base a los requerimientos del usuario, el flujo de la misma es variable. En este sentido el tipo de flujo de agua caliente en uso sanitario se clasifica como intermitente, mientras que en alberca el flujo es continuo.

Gráfica 4 Tipo de flujo del agua caliente, porcentaje



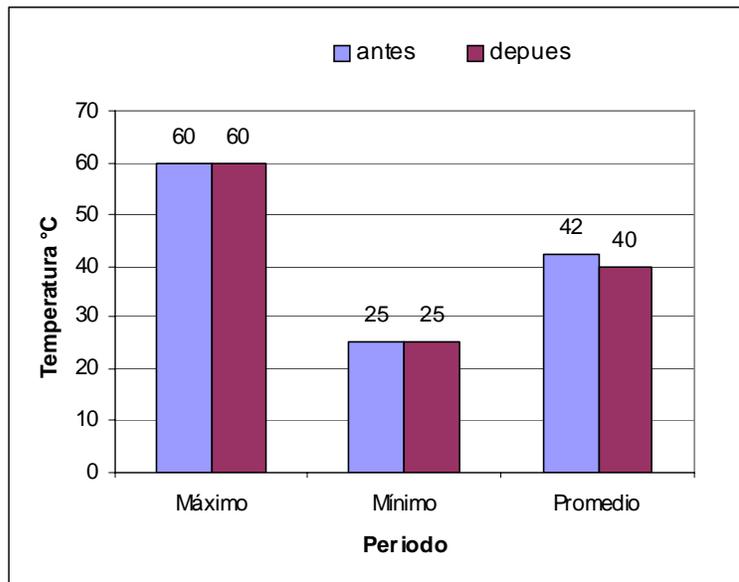
Dos variables principales que se deben cubrir son: la temperatura requerida por el usuario, así como la demanda de agua caliente. En este sentido, se encontró que para las dos aplicaciones (uso sanitario y albercas), las temperaturas que requiere el usuario se ven ampliamente satisfechas, ya que en el caso de albercas, el rango de temperaturas de confort van desde 27 hasta 30 °C, teniendo como promedio los 28 °C; mientras que el sistema solar tiene como rango de operación desde 50 °C como máxima, de 23 °C como mínima y en promedio de 36 °C.

Gráfica 5 Temperatura del agua en albercas



En uso sanitario, el rango de temperaturas requeridas por el usuario es de 25 a 60 °C, teniendo un promedio de 42 °C, y el sistema solar tiene como rango de temperaturas de 60 °C máxima, 24°C como mínima y 40 °C en promedio, como se muestra en la gráfica 6.

Gráfica 6 Temperatura del agua en uso sanitario



A partir de estos valores, se infiere la posibilidad de cubrir las necesidades del usuario en lo referente a los rangos de temperaturas del agua (considerando condiciones óptimas de operación del sistema solar).

Fotografía 4 Temperatura tomada en cisterna que alimenta a regaderas



En lo que respecta a cubrir las necesidades de la demanda de agua caliente, es muy factible usar en un alto porcentaje la instalación solar, siempre y cuando se tome en consideración la naturaleza de la aplicación.

Concerniente a las albercas y recordando que es un circuito cerrado, es viable la instalación solar, si se toma en cuenta la necesidad de tener un amplio espacio para los colectores, ya que depende proporcionalmente el número de colectores instalados con el flujo de agua caliente que puede entregar para cubrir con el requerimiento. Empero, dependiendo del mes de insolación y las horas de uso de la alberca, es necesario contar con un sistema de respaldo (caldera con intercambiador de calor o bomba de calor).

Fotografía 5 Instalación de colectores de polímero para albercas



Referente al uso sanitario, el termo tanque funciona como respaldo, aquí cabe hacer la observación que es fundamental calcular la demanda de agua caliente con el diseño de su capacidad, ya que el agua caliente de los colectores se almacena directamente en el termo tanque, de donde es tomada directamente por el usuario. En el supuesto

que el termo tanque sea pequeño, los requerimientos de flujo de agua caliente muy probablemente no serán cubiertos.

El inconveniente de la instalación del termo tanque es la elevación de costos del proyecto, sin embargo se tiene que considerar que durante ciertas horas del día los colectores quedan fuera de operación, por lo que para cubrir las necesidades de agua caliente se deberá contar con una reserva almacenada en el termo tanque. En circunstancias donde el sistema solar no opere (días nublados o por la noche), es imprescindible contar con un sistema respaldo con los equipos tradicionales.

Motivos del Cambio y Grado de Satisfacción al Cliente.

Muy importante en esta evaluación, es la percepción que tienen los usuarios del sistema solar, en tal caso, es primordial analizar los motivos que tuvieron para utilizar éste tipo de sistema de calentamiento de agua.

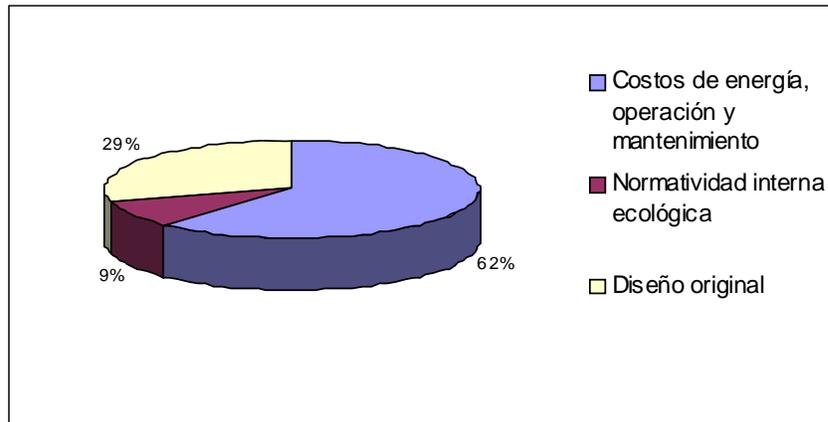
Al respecto se encontró que uno de los principales motivos fue la reducción de los costos de operación, mantenimiento y facturación de combustible, ya que el sistema solar, tiene la ventaja de contar con un costo de mantenimiento anual muy bajo y en ciertos casos nulos comparados a los sistemas tradicionales. Por el lado de los costos por la operación, éste tendería a ser muy baja, ya que no requiere de personal altamente calificado para su operación (siempre y cuando estuviese automatizado el sistema).

También resultó muy grato encontrar la aplicación de estos sistemas, en instalaciones cuya operación fue concebida, desde un inicio utilizando al 100% la energía solar, o con un sistema dual para el calentamiento de agua y también se encontró un deportivo que tiene instalados colectores solares con más de 15 años funcionando y con respaldo de equipos tradicionales.

Otro de los motivos encontrados para que se decidieran en instalar el sistema de calentamiento solar, es que algunas empresas tienen como política la protección al medio ambiente, derivado de una normatividad interna.

En resumen, la Gráfica 7 muestra los motivos que tuvieron los usuarios para implementar el sistema solar. Se puede observar que el 62% de los encuestados, implementaron el sistema solar con el propósito de reducir los costos operativos (facturación de los combustibles y de mantenimiento), el 29% indicó por una política interna de protección al ambiente y, el 9% fue concebido desde un inicio de su diseño.

Gráfica 7 Motivos de implementación del sistema solar



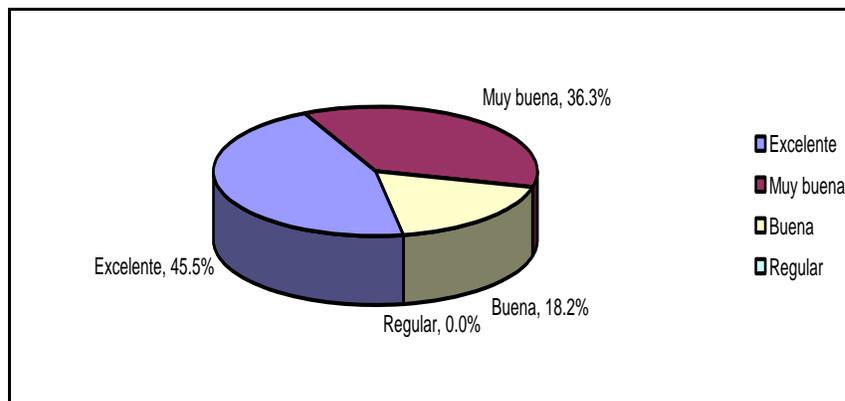
Cabe señalar que la durabilidad del equipo fue una de las variables a considerar en la toma de decisiones por parte del usuario en la implementación del sistema solar, ya que se encontró que la vida útil promedio es de 15 años.

Por otra parte, la impresión que el usuario tiene de los sistemas solares es muy buena, ya que casi la mitad de ellos los consideran excelentes *“Los consideramos como de un desempeño excelente por que si han permitido ahorro en el consumo del gas”*. Otros las consideraron como muy buenas, y un porcentaje bajo como simplemente buenas.

Aclarando que estos datos provienen de las instalaciones en pleno funcionamiento, sin olvidar, que hubo una instalación que se encuentra fuera de operación *“Hospital 20 de Noviembre”* y que lamentablemente no se pudo evaluar.

De lo cuestionable que comentaron los usuarios es que por parte de las compañías que les ofrecieron el servicio del sistema solar, no proporcionaron la capacitación adecuada para el buen funcionamiento y mantenimiento de los sistemas, así como los manuales que otorgaron para la operación y mantenimiento son muy sencillos.

Gráfica 8 De calificación de desempeño



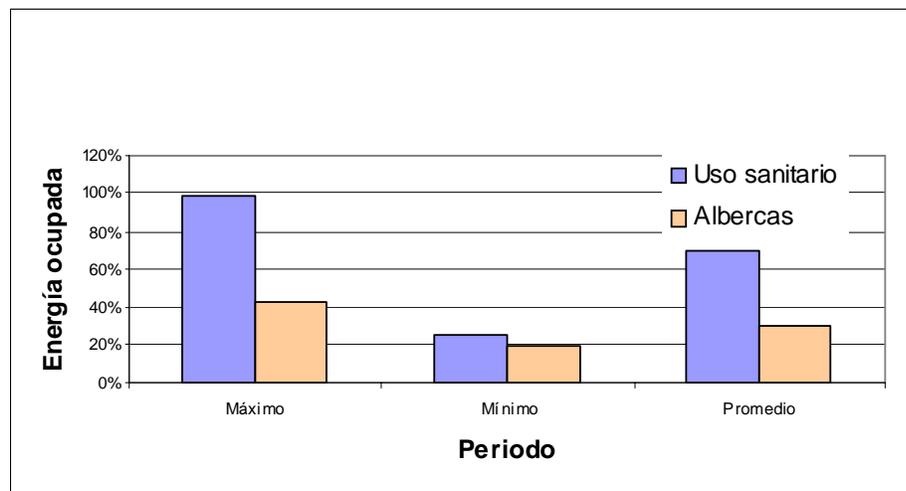
En general, el porcentaje de los usuarios finales que calificaron el desempeño de las instalaciones como excelentes fue del 45.5%, como muy buena el 36.3% y buena el 18.2%.

Recuperación de la Inversión.

La parte medular para la toma de decisión acerca de instalar o no el sistema de calentamiento solar por el usuario final, se dividió en dos partes, por un lado la consideración de la reducción en el consumo de combustible que daría el sistema solar, y por otra, el tiempo en el cual se recuperaría la inversión.

De acuerdo a la información recabada, los usuarios indican (con base a su experiencia propia) que en la aplicación del uso sanitario es factible tener un 70% de ahorro de combustible en promedio, mientras que para la aplicación del uso en albercas el ahorro podría ser de 30% en promedio.

Gráfica 9 Porcentaje de uso de los colectores solares con referencia a la energía total ocupada



Un ejemplo completo se muestra a continuación. Un usuario cuya aplicación de agua caliente tiene en uso sanitario (regaderas y lavandería) y una alberca. La operación de la instalación del sistema solar comenzó en abril de 1998.

De acuerdo al los datos proporcionados se muestra la siguiente tabla "Ahorro de gas Centro Deportivo Coyoacán" que muestra consumo que tuvieron desde 1996 hasta el 2001, donde se puede observar no solamente el consumo, sino también los ahorros obtenidos tomando como base el año de 1997.

Solo con Gas
Con calentador solar para alberca
Remodelación de alberca solo regaderas y lavandería
Alberca Techada

Tabla 1 Consumo de combustibles

Ahorro de gas Centro Deportivo Coyoacán, A.C.

Cifras en litros de gas para vapor regaderas lavandería y alberca

	1996	1997	1998	Ahorro 98-97	1999	Ahorro 99-97	2000	Ahorro 00-97	2001	Ahorro 01-97
Enero	104714	105372	102944		85615	19757	65048	40324	60174	rem. alberca
Febrero	100653	89756	88613		83288	6468	69403	20353	42202	rem. alberca
Marzo	97363	93181	102024		91078	2103	70560	22621	46123	rem. alberca
Abril	88570	98249	74716	23533	73233	25016	59788	38461	46352	rem. alberca
Mayo	80258	96428	77642	18786	73143	23285	75242	21186	40801	rem. alberca
Junio	80667	74903	55684	19219	57660	17243	77588	-2685	63735	rem. alberca
Julio	81408	99370	71446	27924	61751	37619	71989	27381	81860	17510
Agosto	96500	86139	75424	10715	66250	19889	71855	14284	76219	9920
Septiembre	78948	96831	81165	15666	63987	32844	73918	22913	64757	32074
Octubre	98056	90790	88036	2754	72859	17931	72039	18751	65729	25061
Noviembre	87483	85520	84712	808	73227	12293	80915	4605	49368	36152
Diciembre	94806	99923	89267	10656	63019	36904	81593	18330	62271	37652
Ahorros totales				130061		251352		246524		158369
Promedios	90786	93039	82639	14451	72093	20946	72495	20544	58299	26395

Con base en la siguiente tabla, se pueden obtener los porcentajes de ahorro, que indican la aportación energética promedio que entrega el sistema solar.

Tabla 2 Porcentajes de aportación energética del sistema solar

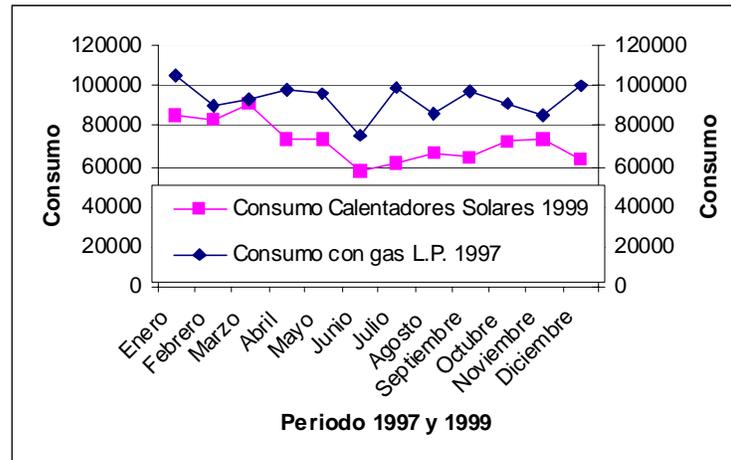
Porcentaje de aportación energética del sistema solar			
98-97	99-97	00-97	Ene-97
0.0	18.7	38.3	42.9
0.0	7.2	22.7	53.0
0.0	2.3	24.3	50.5
24.0	25.5	39.1	52.8
19.5	24.1	22.0	57.7
25.7	23.0	-3.6	14.9
28.1	37.9	27.6	17.6
12.4	23.1	16.6	11.5
16.2	33.9	23.7	33.1
3.0	19.7	20.7	27.6
0.9	14.4	5.4	42.3
10.7	36.9	18.3	37.7
11.7	22.2	21.2	36.8

De la tabla anterior, se puede concluir, que la aportación de la energía anual demandada por el usuario promedio es del 27%

Con el objetivo de hacer evidente esta conclusión, en la Gráfica 10 se compara el consumo de combustible por parte del usuario en el año de 1997, donde todavía no está instalado el sistema solar, contra el consumo de combustible en el año de 1999, donde el sistema solar opera todo el año.

Aquí se puede denotar que la diferencia entre estas dos curvas es la aportación energética del sol, y que ésta no llega a ser mayor del 40%, en el mejor de los casos. Realizando un promedio la aportación del sistema solar llega al 22.2% con respecto al requerimiento total.

Gráfica 10 Comparativa del consumo de combustible antes y después del sistema solar



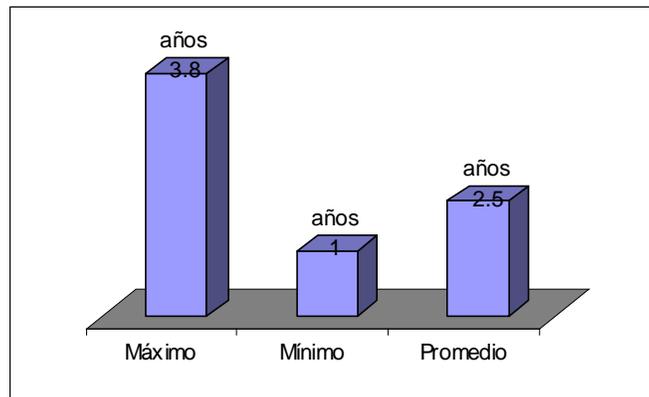
Ahora bien, en la Tabla 3, se muestra el ahorro de gas LP que tuvo el usuario con los datos de 1998, 1999, 2000 y 2001, se puede obtener el ahorro total de combustible en litros.

Tabla 3 Tabla de ahorro de diesel en litros

Meses	Litros de Combustible
ENERO	60,081
FEBRERO	26,821
MARZO	24,724
ABRIL	87,010
MAYO	63,257
JUNIO	33,777
JULIO	110,434
AGOSTO	54,808
SEPTIEMBRE	103,497
OCTUBRE	64,497
NOVIEMBRE	53,858
DICIEMBRE	103,542
Ahorro total en litros	786,306

Tomando como precio promedio del litro de gas LP de 2.53 pesos por litro, se obtiene que el ahorro económico total es de \$ 1,989,354. Considerando a partir de la fecha de instalación al momento del análisis pasaron 39 meses, por lo que el ahorro por mes se traduce en \$51,009. Para evaluar el periodo de recuperación de la inversión, se debe tomar en cuenta el costo del equipo que fue de \$923,622, y el ahorro económico anual que es de 612,109; entonces la amortización de la instalación solar es de 1.51 años. Con base en este ejemplo y de acuerdo a otros datos proporcionados por los usuarios, se puede observar en la Gráfica 11, el tiempo de recuperación de la inversión en albercas, que es de 2 años.

Gráfica 11 Tiempo de recuperación de la inversión en albercas



IV.1.3 Análisis de Instaladores Fabricantes

Generalidades.

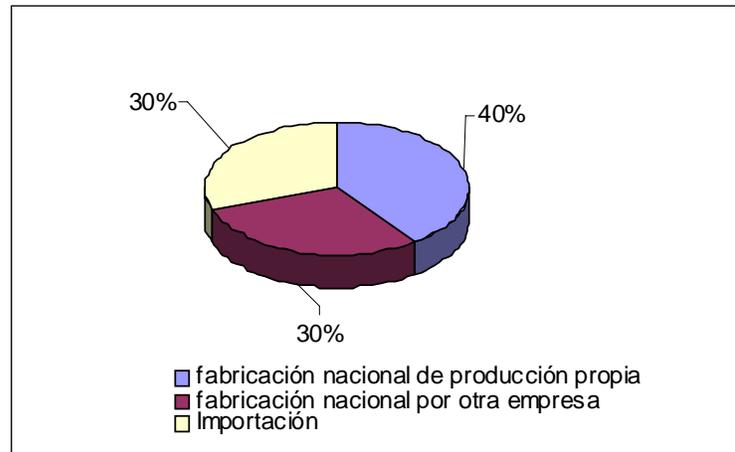
Se entrevistaron a seis empresas, de las cuales solo Heliocol manifestó brindar a sus clientes un servicio integral, donde oferta consultoría, distribución, cursos de capacitación y fabricación de componentes.

Las compañías IMPREMA y SUNWAY fabrican, instalan y son proveedores. Grupo COSEIN cuenta con todos los servicios excepto la fabricación, mientras que Isdemex solamente es proveedor instalador, el Ing. Federico Sierra de Campuzano Usol solo se dedica a la fabricación.

De las empresas que fabrican los productos y la procedencia de manufactura de los equipos solares que se han instalado (Gráfica 12), comentaron que el 40% son de fabricación propia, 30% los manufactura otra empresa mexicana y solamente el 30% son de importación. En términos generales, se puede decir que el 70% de los equipos son nacionales y el restante 30% son importados.

Referente a los equipos vendidos no existe una gran diferencia respecto al comportamiento de los porcentajes ya que el 77% son nacionales y el 23% son de importación.

Gráfica 12 Procedencia de manufactura de los equipos solares instalados



La gama de productos que se ofertan en el mercado con base a la información proporcionada por los entrevistados, es muy variada, en total son 16 productos y su aplicación va de acuerdo a los requerimientos del cliente, estos son:

1. Cobre con cubierta de vidrio
2. Cobre con aleta de aluminio con cubierta
3. Aletados de cobre con cubierta,
4. Copolimero con cubierta
5. Copolimero sin cubierta
6. Polipropileno, descubiertos
7. Polipropileno con cubierta
8. De cobre encapsulados
9. Concentradores solares
10. Concentradores solares de tubos al vacío
11. PVC (plástico) desnudos
12. Cobre aletados, con cubierta de vidrio
13. Tubos al vacío de vidrio
14. Plástico y sin cubierta; se instala sobre las lozas, requiere anclaje
15. Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta
16. Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio

En la Fotografía 11, se ilustra un campo de colectores, cuya aplicación principal es el uso sanitario. Una de las cuestiones que se tiene que particularizar es que debido al peso propio del colector, este requiere de una estructura metálica especial que lo soporte, además que el lugar donde están colocados debe ser piso firme, preferentemente loza de concreto.

Fotografía 6 Campo de colectores aletados de cobre con cubierta de vidrio



Mientras que los colectores de plástico, su aplicación principal es en el calentamiento de agua para alberca, este uso se debe a las siguientes circunstancias; por una parte, el agua de las albercas es tratada químicamente por lo que podría hacer reacción con el cobre, mientras que el plástico es inerte. Por otra parte, este tipo de colectores son de baja temperatura ya que tienen una alta pérdida de energía por estar directamente a la intemperie, sin embargo, en la aplicación de alberca, no es necesario tener el agua a más de 30 °C, por lo que los colectores de plástico son una buena opción.

Una particularidad del campo de colectores de plástico es que pueden estar instalados en los techos que cubren las albercas, ya que son livianos y fáciles de instalar.

Fotografía 7 Campo de colectores de plástico desnudo



Un dato interesante a conocer, es el número de instalaciones que se han realizado en el Distrito Federal, ya que la mitad de los entrevistado comentaron que no han llevado a cabo ninguna instalación en la Ciudad de México, mientras que uno indicó que no sabe el número de instalaciones como tal, sin embargo, manejan el área total instalada de colectores en un aproximado de 50,000 m². De los dos restantes, uno señaló que solo ha realizado 28 instalaciones, mientras que un instalador mencionó que ha

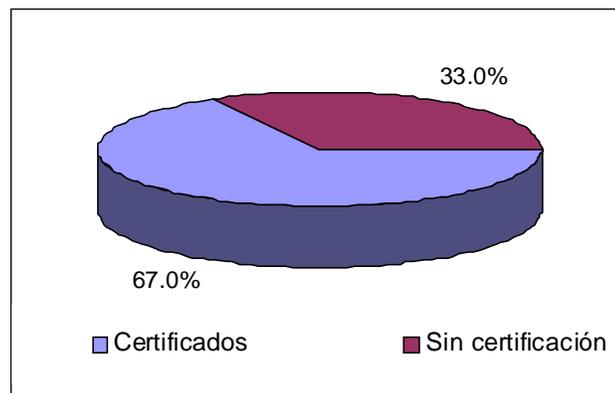
ejecutado 40 albercas domesticas y un orfanatorio en Iztapalapa. Empero, están buscando proyectos en la Ciudad de México, por lo que se espera que pronto realicen alguna instalación grande.

Normalización.

Como se había comentado anteriormente, los productos nacionales no cuentan (hasta el cierre de este análisis) con una norma que especifique las características técnicas de los equipos de calentamiento solar, por lo que no se podría evaluar la certificación del producto nacional, sin olvidar que representan el 70% de los productos que se comercializan en el país. Sin embargo, los productos de importación bien podrían contar o no, con una certificación de producto que ampare su calidad de manufactura así como de funcionamiento.

De lo antes expuesto, se desprende la Gráfica 13, donde podemos observar que de los productos importados, solamente el 67% cuentan con una certificación, y el resto 33% no son certificados.

Gráfica 13 Productos de procedencia extranjera

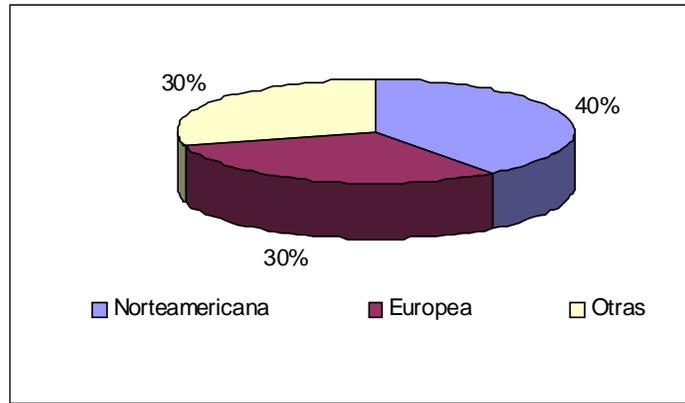


Las normas que y/o certificaciones aplicadas a los productos son las siguientes:

Certificación de Miami, Florida Center, EUA. De los equipos importados no cuenta con curvas de desempeño, de los propios fueron probados para obtener curvas de rendimiento por el Department of Mechanical Engineering Queen's University at Kingston Ontario – pruebas de eficiencia. Israel. Certificado ISO 9000, 9001 9002 9001-2000. ASRAE, EFSS, SRCC, Consejería de Ciencia y Certificación de Andalucía España, ORTECH, Instituto de Técnica Aeroespacial de España, GE2 Norma Alemana, Dadde Conti de Florida, Miami Testing Laboratories, Solar Energy Análisis Laboratory, Consejo Federal Alemán de Salud, Israel Technical Institute, Estándar Corporation de Israel, IAMPO. La ciudad de los Ángeles, DSTE Laboratories, British National Water Council, HRS de Florida para uso Comercial, Green Label

El tipo de certificación o norma que utilizaron es preferentemente las norteamericanas con el 40%, mientras que la certificación europea tiene el 30%.

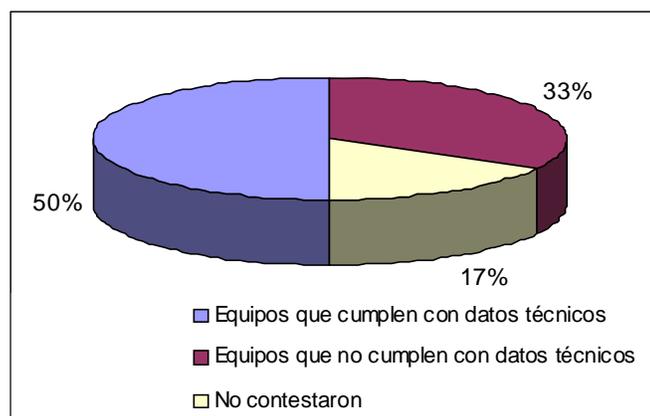
Gráfica 14 Procedencia de certificación



Para diseñar un sistema de aprovechamiento de energía solar, además de contar con los requerimientos del usuario, es imprescindible contar con datos técnicos complementarios, ya que estos son pilar fundamental en la determinación de las dimensiones del sistema.

De lo anterior se desprende que los equipos ofertados en el mercado deban cumplir con éste requisito. En este sentido, se encontró que solamente la mitad de los entrevistados sus productos cumplen con datos técnicos, el otro 33% no cumplen y el restante ni siquiera contestaron si cuentan con la información.

Gráfica 15 Cumplimiento de datos técnicos (curvas de eficiencia, de desempeño o rendimiento)



Lamentablemente, el incumplimiento de estos datos, hace que una instalación no tengan un fundamento técnico sólido y se preste a que las instalaciones se realicen solamente con base en la experiencia. Además de quedar con la impresión de que estos equipos estén fabricados sin un sustento de ingeniería, ya que aunque no

tenham un aval como lo es una certificación bajo alguna norma extranjera, si deben de contar con datos de caracterización. De los entrevistados que brindaron información, se muestran en la siguiente tabla las especificaciones técnicas de los colectores.

Tabla 4 Rendimiento o eficiencia de los equipos por tecnología

Tipo de tecnología	Ecuación característica	Rendimiento o eficiencia
Polipropileno, descubiertos	0.83 -15.99X	
Polipropileno con cubierta	No tiene el dato	
De cobre encapsulados	0.86-6.33X (DONDE X es la (Ti- Ta)/irradiación) 0.86-3X	
Concentradores solares	0.87- 1.5X	
Concentradores solares de tubos al vacío	0.87- 1.5X	
Tubos al vacío de vidrio	b:0.717 m: 1.52	
Aletados de cobre con cubierta		60%
Copolimero con cubierta		60%
Copolimero sin cubierta		60%

Con base en lo anterior, se puede inferir que el rendimiento o eficiencia promedio de los equipos es del 50%.

Vida Útil.

Cuestión importante en la inversión del sistema solar, es conocer la vida útil del equipo, ya que se puede calcular la depreciación de los mismos. En la Tabla 5, se muestra la vida útil por tipo de tecnología.

Tabla 5 Vida útil de los equipos por tipo de tecnología

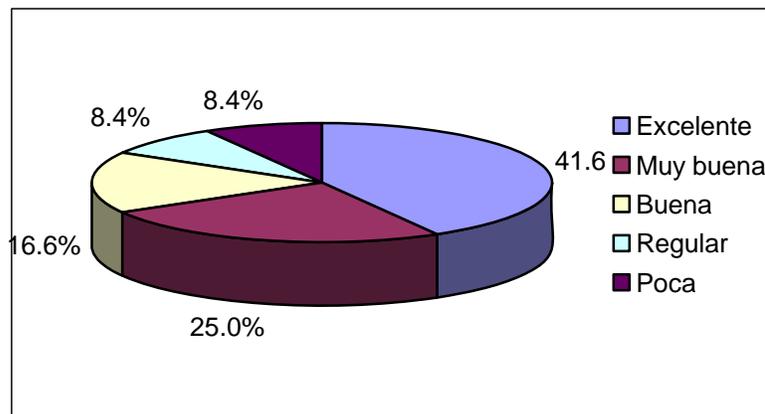
Tipo de calentador o tecnología del calentador	AÑOS
✓Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	30
✓Tubo y aleta de cobre soldada con marco y perfil de aluminio y cubierta de vidrio	
➤Polipropileno, descubiertos	25
➤Polipropileno con cubierta	
➤Cobre aletados, con cubierta de vidrio	
❖De cobre encapsulados	20
❖Concentradores solares	
❖PVC (plástico) desnudos	
• Tubos al vacío de vidrio	15
◆Cobre con cubierta de vidrio	13
✓Cobre con aleta de aluminio sin cubierta	5

El promedio de la vida útil de los tipos de equipos, sin tomar en cuenta la tecnología, es de 19 años. La tecnología con mayor durabilidad son: *tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta*, y *el de tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio*, con 30 años de duración, mientras que los de *cobre con aleta de aluminio sin cubierta* duran solamente 5 años.

Comercialización.

En el ámbito de la comercialización, existe una muy buena respuesta del consumidor, ya que por lo que refieren los entrevistados, el 41% tienen la imagen de los productos como excelentes, una cuarta parte opina que como muy buena

Gráfica 16 Preferencia del consumidor en porcentaje



Si se analiza la preferencia por tipo de producto, en la Tabla 6, se podrá observar el tipo de producto, así como su calificación. De lo que se puede apreciar, los que tienen mayor demanda son: tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio, copolimero sin cubierta, polipropileno descubiertos y PVC (plástico) desnudos; que son las tecnologías con mayor aplicación.

Tabla 6 Preferencia del consumidor por tipo de tecnología

Tipo de calentador o tecnología del calentador	Preferencia
<ul style="list-style-type: none"> ✓Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio ✓Cobre con cubierta de vidrio ✓Copolimero sin cubierta; que es para alberca. ✓Polipropileno, descubiertos ✓PVC (plástico) desnudos 	Excelente
<ul style="list-style-type: none"> ➤Cobre con aleta de aluminio con cubierta ➤De cobre encapsulados ➤Cobre aletados, con cubierta de vidrio 	Muy buena
<ul style="list-style-type: none"> ❖Concentradores solares ❖Tubos al vacío de vidrio 	buena
<ul style="list-style-type: none"> • Concentradores solares de tubos al vacío 	regular
<ul style="list-style-type: none"> ◆Polipropileno con cubierta 	poca

Características de Equipos.

Anteriormente, hemos observado diferentes características importantes de los equipos como son: certificación de producto o no, vida útil y rendimiento o eficiencia del colector, además de ellas, es importante tomar en consideración otras características como: flujo de agua, temperatura que puede entregar el equipo ya sea en flujo continuo o intermitente y aplicación de agua caliente por el tipo de tecnología.

En primera instancia se muestra en la Tabla 7, el nivel de flujo de agua por tipo de tecnología del colector; en la cual, se puede precisar que el *Polipropileno descubiertos*, es la tecnología que tiene mayor capacidad de flujo, gracias a esta característica, su aplicación en el agua caliente es en alberca.

Tabla 7 Nivel de flujo por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Nivel de flujo
Polipropileno, descubiertos	15 litros por minuto/colector
De cobre encapsulados	1 litro por minuto/m ²
Concentradores solares	1.5 litro por minuto/m ²
PVC (plástico) desnudos	0.6 litros por minuto 1.08 m ³ /h (óptimo)
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	0.36 m ³ /hora valor óptimo

En la Tabla 8, se evalúa la temperatura máxima de salida de agua por tipo de tecnología del colector. Aunque las aplicaciones que se han observado en el presente estudio son uso sanitario y albercas, donde el requerimiento máximo es de 60 °C, existen otras tecnologías que bien pueden obtener temperaturas mayores, que fácilmente pueden llegar a ser el doble y hasta cinco veces más altos, como son los concentradores solares (110 °C), y los concentradores solares de tubos al vacío (400 °C). Aunque cabe aclarar que una limitante del uso de estas tecnologías es el nivel de flujo que pueden entregar al sistema.

Tabla 8 Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo continuo e intermitente

Tipo de colector o tecnología del colector	Temperatura máxima de salida del agua
Cobre con cubierta de vidrio	40 °C
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	60 °C
Polipropileno, descubiertos	45 °C
Polipropileno con cubierta	50 °C
De cobre encapsulados	90 °C
Concentradores solares	110 °C
Concentradores solares de tubos al vacío	400 °C
PVC (plástico) desnudos	35 °C
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	60 °C
Tubos al vacío de vidrio	65 °C

El concentrador no es muy utilizado, a pesar de ser muy eficiente.

Fotografía 8 Concentrador solar



Otra de las características es la aplicación del agua caliente y el tipo de tecnología de colector, esto es según la recomendación que da el fabricante, tomando en consideración lo antes evaluado que es el flujo de agua, la temperatura de uso, etc.

Con base en la Tabla 10, se observa que hay tecnologías que pueden ser aplicables tanto en uso sanitario como en albercas, sin embargo, y de acuerdo a cada aplicación el número de colectores variará en función de la eficiencia de la tecnología utilizada.

Tabla 9 Uso del agua caliente por tecnología, en porcentaje

Tipo de colector o tecnología del colector	Aplicaciones del agua caliente
Cobre con cubierta de vidrio	Albercas
Polipropileno con cubierta	Albercas
PVC (plástico) desnudos	Albercas
Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	Albercas
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	Albercas
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	Uso sanitario
Polipropileno con cubierta	Uso sanitario
De cobre encapsulados	Uso sanitario
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	Uso sanitario
Tubos al vacío de vidrio	Uso sanitario
Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	Uso sanitario
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	Uso sanitario
Polipropileno con cubierta	Industrial
Concentradores solares	Industrial
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	Industrial

Rentabilidad y Costos.

Los costos y la rentabilidad, son factores importantes en la decisión de la implementación de un sistema de calentamiento solar, ya que de los costos de: equipo, instalación, operación y mantenimiento; así como el eventual ahorro económico por la reducción del consumo de combustible, darán en su conjunto, la rentabilidad, viabilidad y factibilidad del proyecto.

El costo que inmediatamente impacta en los proyectos de instalación de sistemas de calentamiento solar es el precio del equipo, en términos generales, el valor ponderado sin importar la tecnología de los equipos esta alrededor de \$4,000 M.N. Si se desea obtener el precio promedio por tecnología, se encuentra que los más caros son los concentradores con un precio de \$8,000, mientras que los tubos de cobre aletados con cubierta de vidrio tienen un valor de \$4,000, los más baratos son los de plástico con \$1,000 en promedio. En la Tabla 10 se ve reflejado el tipo de tecnología y su costo.

Tabla 10 Costo promedio de los equipos por metro cuadrado, por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de la instalación \$/m ²
Cobre-cobre con cubierta de vidrio y almacén 150 l	4 mil pesos por metro cuadrado; sin instalación; el puro panel \$ 2,800; el costo de instalación del 20 a 25%
Cobre-aluminio, con cubierta acrílica y almacén de 150 l	2,400 por metro cuadrado; el puro panel \$ 1,600; el costo de instalación del 20 a 25%
Polipropileno, descubiertos	1,320 \$/m ²
De cobre encapsulados	4,500 \$/m ²
Concentradores solares	8,000 \$/m ²
Concentradores solares de tubos al vacío	8,000 \$/m ²
PVC (plástico) desnudos	\$100 USD por metros cuadrado (incluye la instalación)
copolimero	840 pesos el metro cuadrado
colector aletado	3 mil 500

Analizado los costos de mantenimiento, se puede observar en la Tabla 11, que lo más alto sería 800 pesos por año, y en el caso mínimo sería solamente limpieza.

Esto es, siempre y cuando se tenga una buena operación del sistema. De hecho, el costo de mantenimiento comparado a un sistema que utilice una caldera, es infinitamente menor. Ya que no se requiere de inspecciones por parte de la Secretaría del Trabajo, se elimina el operador acreditado (Calderero), no existe la limpieza de fluxes, mantenimiento a los espejos, carburación, etc.

Tabla 11 Costo promedio anual de mantenimiento por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de Mantenimiento anual, \$/m ²
Cobre con cubierta de vidrio	90 \$/año y mantenimiento en área metropolitana mayor cada 5 años de \$ 884; desmantelamiento limpieza, resello, no es reparación,
Polipropileno, descubiertos	1% del costo de los equipos
Polipropileno con cubierta	5% precio del equipo
De cobre encapsulados	5% precio del equipo
Concentradores solares	5% precio del equipo
Concentradores solares de tubos al vacío	5% precio del equipo
PVC (plástico) desnudos	No tiene costo ya que el mantenimiento es simplemente limpieza de los panales, que puede realizar el cliente.
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	20 \$/m ²

Los costos de operación también son muy bajos, ya que no hay consumo de combustibles fósiles, y el único consumo sería del motor de la bomba y en equipos de control y monitoreo. Esto lo ilustra la Tabla 12.

Tabla 12 Costo de operación de equipos auxiliares por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de operación anual de los equipos auxiliares y otros, \$/año
Cobre con cubierta de vidrio	15% del costo del equipo
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	El costo de operación de motor de 1 hp en un promedio de 6 horas diarias.
PVC (plástico) desnudos	En alberca semi-olímpica 12-15 \$/día, 3 hp
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	3 \$/día, ¼ hp

Con base en lo anterior, se puede concluir que los costos de operación y de mantenimiento son muy bajos, de hecho, no tendría comparación con los equipos tradicionales; el único costo que sería de tomarse en cuenta es el de la instalación del sistema solar.

En virtud de lo antes expuesto, y en relación a determinar si la instalación solar es factible o no, los entrevistados manifestaron que según su experiencia y en relación a las aplicaciones analizadas, han observado que las instalaciones comerciales y de servicios en uso sanitario tienen una rentabilidad promedio de 3 años, mientras que en albercas es de 2 años.

Considerando que el monto económico de las instalaciones solares es alto y que la economía mexicana atraviesa una inmovilidad de mercado, aunado a que la disminución de los costos es uno de los caminos para que las empresas puedan ser más rentables, es de considerar que este tipo de instalaciones son totalmente viables y factibles de llevarse a cabo.

Tabla 13 Rentabilidad promedio de los equipos por tipo de aplicación del agua

Rentabilidad	Instalaciones domesticas		Instalaciones Comerciales y de Servicios		Años
	Albercas	usos sanitarios	Albercas	usos sanitarios	
Mínima	8 meses	8 meses	1 año	1 año	2 años en industrias
Máxima	5 años	5 años	3 años	5 años	5 años en industrias
Promedio	3 años	3 años	2.5 años	3 años	3 años en industria

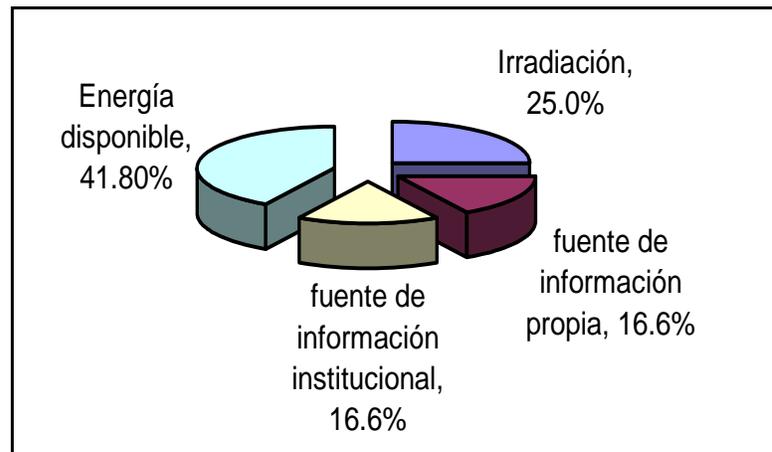
Metodología de Cálculo.

De acuerdo a las entrevistas sostenidas con los fabricantes-instaladores, estos comentaron que utilizan diferentes métodos de cálculo, por una parte, algunos sólo utilizan su experiencia propia con pocos cálculos, otros se basan al cien por ciento en su experiencia, los demás a través de un software desarrollado por ellos mismos y el resto con una metodología técnica, sin embargo y con el propósito de asegurar que una instalación deba de funcionar correctamente, y no se caiga en los errores de sub dimensionamiento o sobre dimensionamiento, es indispensable considerar todas la herramientas disponibles y no solamente algunas, para ello, es necesario dar una normatividad de metodología de cálculo, para que el usuario tenga la plena confianza y seguridad que los sistemas solares brinden el servicio esperado.

Las variables que utilizan los Instaladores-Fabricantes se muestran en la Gráfica 17, aunque se ve que ellos realizan una documentación en el diseño del sistema solar, no hacen a un lado la experiencia, valida, pero a veces resulta ser de corta visión para grandes instalaciones.

Según a las respuesta de los encuestados, el 41.8% toma como variable la energía disponible, le sigue con el 25% la irradiación, y con igual porcentaje del 16.6% las fuentes de información institucional y las fuentes de información propia.

Gráfica 17 Variable utilizada para determinar la superficie requerida de colectores



Tomando en cuenta todos los elementos anteriores, así como la aplicación del agua caliente, se desglosa a continuación las variables utilizadas para determinar el dimensionamiento del sistema solar, por tipo de aplicación.

Colectores para albercas

- 1 Espejo de alberca
- 2 Volumen total de la alberca
- 3 Geometría de la alberca
- 4 Profundidades
- 5 Radiación
- 6 Temperatura de uso de alberca
- 7 Temperatura ambiental
- 8 Ubicación geográfica
- 9 Tipo de instalación de alberca (techada, al intemperie, etc)

Colectores para uso sanitarios

- 1 Volumen de agua
- 2 Tipo de uso (residencial, comercial, industrial, etc)
- 3 Energía disponible
- 4 Eficiencia del equipo
- 5 Número de personas
- 6 Temperatura máxima de uso
- 7 Horas del sol
- 8 Ubicación geográfica

Generadores de vapor, Invernaderos, criaderos de pollo

- 1 Radiación
- 2 Temperatura máxima, media de entrada
- 3 Temperatura de red municipal
- 4 Ubicación geográfica

V CONCLUSIONES

El presente estudio se integra a partir de la realización de 12 visitas a usuarios (instalaciones solares) y 6 a Instaladores-Fabricantes, para lo cual, se diseñó una base de datos donde se procesó la información y cuyos resultados totales se observan en los indicadores. También se realizó el correspondiente análisis por macro temas.

Entre los resultados más interesantes que arrojó el estudio desde el lado de la demanda fueron los siguientes:

Se realizaron 12 visitas distribuidas como siguen: 7 a Clubes Deportivos, 2 a Instituciones Educativas, 1 Institución Eclesiástica y 1 Centro de Rehabilitación; en este sentido también vale la pena mencionar que aunque se visitó al Hospital 20 de Noviembre, no se pudo efectuar la entrevista ya que el sistema de colectores solares tiene más de 7 años fuera de operación.

Se determinó que la aplicación del total de agua caliente usada en las instalaciones visitadas básicamente tiene dos aplicaciones; 27.3% para uso sanitario y 72.7% para uso en albercas. Por otro lado se observó que una de las características principales de las instalaciones, es que cuentan con equipos tradicionales para el calentamiento de agua y con el sistema solar, a esto se le denomina *sistema dual de calentamiento*. Empero se encontraron dos instalaciones que fueron diseñadas y operan únicamente con sistema solar, una pertenece al Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), "Campus Estado de México" cuya aplicación es para uso de agua en albercas, y la otra pertenece al "Club Pumas" en calentamiento de agua para uso sanitario (regaderas y lavamanos).

Por otro lado, se pudo constatar que las temperaturas que requiere el usuario se ven ampliamente satisfechas, ya que en el caso de albercas, cuyo rango de temperaturas de confort va desde los 27 °C, hasta los 30 °C, se tiene como promedio los 28 °C; y para el uso sanitario, el rango de temperaturas requeridas por el usuario es de 25 °C a 60 °C, teniéndose un promedio de 42 °C,. El sistema solar presenta, un rango de operación de 24 °C como mínima y hasta 60 °C como máxima, y un promedio de 40°C.

Las instituciones manifestaron que el principal motivo por el cual decidieron instalar el sistema solar se debió principalmente a la reducción de sus costos operativos (62% de los encuestados) mientras que el 29% indicó por una política interna de protección al ambiente y, el 9% fue concebido desde el inicio de su diseño. Respecto a la calificación que otorgaron al desempeño de las instalaciones, el 45.5% las calificó como excelentes, el 36.3% como muy buena, y el 18.2% como buenas.

Respecto a la reducción del combustible asociado al calentamiento de agua, se determinó que: en primer lugar se encuentra el gas natural con una reducción de 39%, en segundo lugar se encuentra el gas LP con un ahorro del 35% y por último el diesel con una reducción de 19%.

En términos generales, el período de recuperación de la inversión presentó los siguientes valores: Un período máximo 3.8 años, un promedio de 2.5 y un valor mínimo de 1 año. Para los casos específicos del ámbito de aplicación se obtuvo que los proyectos para uso de agua caliente en albercas tienen un promedio de 2 años, y de agua caliente para uso sanitario de 2.5 años.

Los resultados desde el lado de la oferta (instaladores - fabricantes), fueron los siguientes:

Se entrevistaron a seis empresas, de las cuales sólo una manifestó brindar a sus clientes un servicio integral, donde oferta consultoría, distribución instalación, cursos de capacitación y fabricación de componentes. En cuanto a la procedencia de los colectores solares, el 70% de ellos son manufacturados en México, mientras que el 30% son de importación. También se encontró que se ofertan 16 tipos de productos, con diferentes características, de los cuales, en general los colectores aletados con cubierta de vidrio se utilizan para el calentamiento de agua para uso sanitario, mientras que los colectores de copólimeros son instalados para el calentamiento de agua en albercas.

En lo concerniente a la calidad del producto, los equipos nacionales no cuentan con ningún tipo de certificación que valide o certifique su calidad y respecto a los productos importados, solamente el 67% de ellos cuentan con una certificación, y el resto 33% no son certificados. Las certificaciones con que cuentan dichos productos son 40% norteamericanas, el resto se divide entre otras Normas, destacando las normas Europeas. La vida útil de los equipos que existen en el mercado, oscila entre los 5 a los 30 años, la durabilidad promedio de los equipos es de 20 años.

Con respecto al costo de los equipos, se tiene que el precio promedio por unidad o por colector es de \$4,000. Si se desea obtener el precio promedio por tipo de tecnología, se encuentra que los más caros son los concentradores con un precio por unidad de \$8,000, mientras que los tubos de cobre aletados con cubierta de vidrio tienen un costo de \$4,000 y la alternativa más económica en el mercado son los colectores de plástico con un costo de \$1,000 en promedio por unidad.

Referente al retorno de la inversión, los entrevistados manifestaron que según su experiencia y en relación con las aplicaciones analizadas, han observado que las instalaciones comerciales y de servicios en uso sanitario tienen una rentabilidad promedio de 3 años, mientras que en albercas es de 2 años.

La metodología que los instaladores utilizan para realizar los proyectos de aplicación, de acuerdo a lo que respondieron los encuestados, el 41.8% toma como variable la energía disponible, le sigue con el 25% la irradiación, y con igual porcentaje del 16.6% en tercer sitio, las fuentes de información institucional y las fuentes de información propia. De lo que se desprende a manera de conclusión que no hay una metodología estándar que guíe el desarrollo de éste tipo de proyectos.

La consecuencia de no contar con una norma, regulación o lineamientos, es que muchas de las instalaciones solares no funcionen al cien por ciento, por lo que éste es un factor para que los inversionistas se desalienten en los proyectos de aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento del agua. Quizá una de las evidencias mas elocuentes de tal situación, es la instalación solar del hospital “20 de Noviembre”, que desde hace 7 años no opera, debido a problemas de diseño.

A manera de resumen, se puede decir que hoy en día, existen instalaciones para el calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar, bien realizada y completamente funcionales, de hecho, algunas de ellas tienen poco tiempo en operación y en otros casos ya tienen algunos quinquenios de funcionamiento. Esto se debe a que desde un principio hubo un buen diseño de ingeniería, que no solamente tomaba en cuenta las necesidades de la instalación, sino que además, tomó en cuenta las características de los equipos a instalar, y las especificaciones de marcadas en los distintos reglamentos y las normatividades de construcción del Distrito Federal.

A pesar de que existen pocas aplicaciones industriales, el aprovechamiento de la energía solar para el precalentamiento del agua en ciertos procesos de baja temperatura, o como un sistema de precalentamiento para el agua de proceso o bien para el calentamiento de agua para usos sanitarios de los empleados, bien podría ampliarse su uso en éste sector. Otro sector que puede integrarse es el de baños públicos, ya que por el servicio que presta, el calentamiento solar es una magnífica opción de disminución de sus costos operativos.

Lamentablemente y en gran parte debido a la carencia de un mercado creciente, la tecnología solar todavía es muy cara, por lo que la aplicación masiva en el sector residencial se ve todavía lejana, ya que si se realiza una comparativa de costos, la instalación solar esta en una relación de 1 a 10, comparado con un equipo tradicional. Tal situación repercute en que sólo las empresas que poseen un respaldo económico tienen la capacidad de ejecutar éste tipo de proyectos, inclinándose la balanza a favor de las grandes y medianas empresas. °

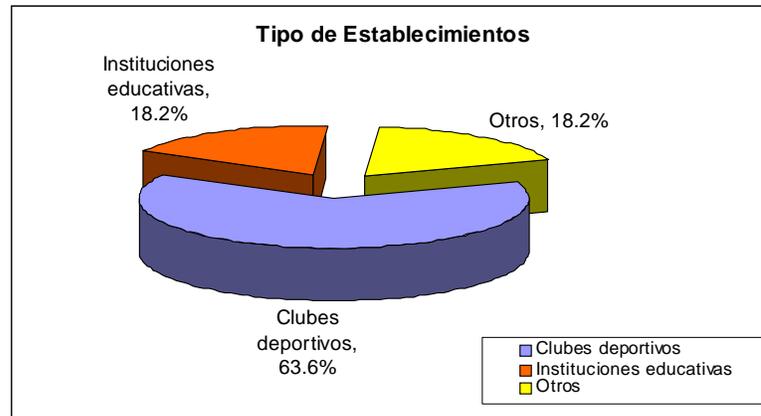
V.1 Evaluación I, Identificación de los Tipos de Instalaciones donde se aplican actualmente los Sistemas Solares.

Con el propósito de identificar las instalaciones que con mayor frecuencia utilizan el Sistema de Calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la Energía Solar, el resultado descansa en el *Análisis de macro temas del cuestionario de Usuarios*, en sus partes de *Generalidades y Características de operación de los equipos e instalaciones*, donde podremos observar las tendencias de aplicación por parte del usuario. Así como, en el mismo pero en la parte de *Análisis de macro temas del cuestionario de Instaladores-Fabricantes*”, en su sección de *Datos Generales*, se especifican los tipos y las instalaciones que han efectuado los Instaladores-Fabricantes en el Distrito Federal.

Complementando lo antes expuesto, también se identificó el tipo de establecimiento de los sectores económicos (comercio, servicio e industria) que serán sujetos a la aplicación de la Norma Ambiental.

De las visitas realizadas a las instalaciones de los usuarios, se ha observado que los tipos de establecimientos que cuentan con este tipo de sistema son los clubes deportivos, instituciones educativas, centros de rehabilitación e instituciones eclesióásticas.

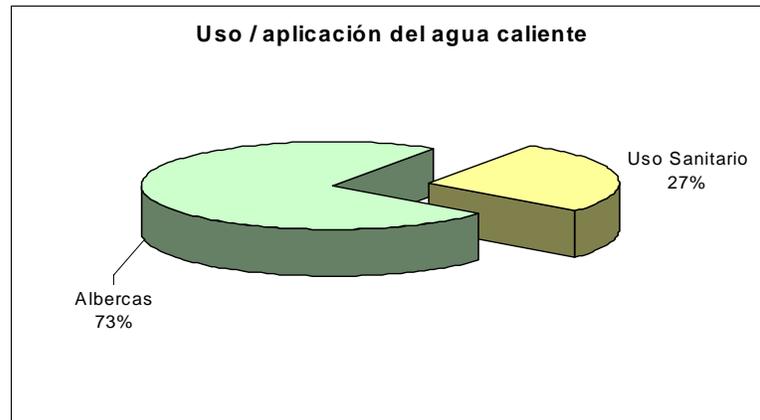
Gráfica 1 Porcentaje por tipos de establecimientos



De estos establecimientos se encontró que los usos del agua caliente son preferentemente: sanitario (regaderas, lavabos y cocina), y albercas. Hasta el momento solo se ha encontrado una aplicación de proceso industrial dentro del Distrito Federal, sin embargo, no quiere decir que se descarte la posibilidad de encontrar más instalaciones industriales en la Ciudad de México.

Aunque se informó a la industria del interés de evaluar el Sistema que tienen instalado, lamentablemente no fue sido posible visitar la planta debido a que no han aceptaron la entrevista.

Gráfica 2 Usos / aplicaciones del agua caliente en porcentaje



Una de las causas por las cuales no se hallaron más aplicaciones industriales, es que éste tipo de instalaciones se encuentran fuera de la Ciudad de México. De las instalaciones encontradas la gran mayoría es de uso sanitario. Cabe señalar que se solicitó a los fabricantes-instaladores su apoyo para obtener una mayor base de datos de instalaciones ubicadas en la Ciudad de México, además de que brindaran su apoyo de gestión para realizar las visitas, el resultado fue muy pobre, ya que pocos atendieron la petición.

Aunado a que algunos Instaladores-Fabricantes no cuentan con la experiencia suficiente para realizar obras de tal envergadura (referido a las aplicaciones industriales, ya que solo uno de ellos comentó que ha realizado proyectos de éste tipo), además y como resultado del cuestionario, se denota que los Instaladores-Fabricantes no cuentan con una clara metodología de cálculo que pueda convencer a los departamentos de ingeniería o de proyectos de las fábricas para la instalación de los sistemas solares, si a esto se le agrega la falta de conocimiento por parte del sector industrial de las bondades del aprovechamiento de la energía solar, además de la mala fama que tienen algunas instalaciones solares debido a que son costosas y que tienen serios problemas de operatividad, lo que provoca que sean inoperantes en muy poco tiempo. Por todo lo anterior, se ve que la aplicación del calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar para los procesos industriales sea hoy en día, un reto grande para los Instaladores.

De los aspectos a tomar en cuenta para evaluar el objetivo, es de considerar la temperatura de agua que requiere el usuario. Por ello y de acuerdo a la siguiente tabla, se muestra la temperatura de salida del agua según la tecnología del colector, donde se puede ver claramente la factibilidad de alcanzar temperaturas mayores de los 60 °C (de 90°C a 440 °C).

Retomando que al realizar el presente estudio, solo encontramos dos aplicaciones (uso sanitario y albercas), sin encontrar otro tipo de aplicaciones, no quiere decir que no se puedan cubrir otras necesidades, ya que es perfectamente factible cubrir algunas aplicaciones en la industria, dado lo observado en las entrevistas a los

usuarios, la viabilidad de calentar agua en cisternas bajo piso y/o en termo tanques aislados, con un rango de temperaturas desde 40 °C, hasta 60 °C; además, se vieron contenedores desde 5.8, hasta 22 metros cúbicos.

Tabla 1 Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo continuo e intermitente

Tipo de colector o tecnología del colector	Temperatura máxima de salida del agua
Cobre con cubierta de vidrio	40°C
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	60°C
Polipropileno, descubiertos	45°C
Polipropileno con cubierta	50 °C
De cobre encapsulados	90°C
Concentradores solares	110 °C
Concentradores solares de tubos al vacío	400 °C
PVC (plástico) desnudos	35 °C
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	60 °C
Tubos al vacío de vidrio	65 °C

De acuerdo a lo antes expuesto y relacionando a la experiencia industrial, el agua de dichos termo tanques es posible utilizarla como agua “precalentada” ya sea al tanque de condensados y/o agua para aplicaciones industriales de baja temperatura, como serían sistemas de lavado, mezcla y otros.

Es importantísimo considerar que el agua entrante ya sea a caldera y/o a otro equipo tradicional que realice un proceso de transferencia de calor, tenga el menor gradiente de temperatura para evitar grandes saltos térmicos, ya que si se evita esto, el beneficio directo es bajar significativamente el tiempo de operación del equipo tradicional y, por ende, el ahorro de combustible y sus consecuencias en el ahorro económico.

En términos generales, de los Sectores Económicos que se encontraron con uso del aprovechamiento de la energía solar para el calentamiento del agua (en sus dos aplicaciones, uso sanitario y albercas), es el Sector de Servicios en su ramo de recreación deportiva, y con una menor participación el ramo educativo, entre otros.

Fotografía 1 Club Deportivo ENTRENNA



Relacionado al sector industrial, y viendo la posibilidad de alcanzar temperaturas más altas a la de ebullición del agua, sería positivo considerar éste sector (con sus limitaciones) ya que sería necesario ampliar la experiencia por parte de los Instaladores-Fabricantes con la participación industrial. Esto para calentar el agua de entrada a caldera o para algún otro proceso industrial que utilice agua para calentar un cierto producto en baño maría (marmitas).

De las limitantes que se deben considerar es el espacio que ocupan los colectores solares y el espacio del termo tanque, así como la distancia que recorrerá el agua caliente desde el sistema de calentamiento solar al punto de consumo.

V.2 Evaluación II, Aportación de la Instalación Solar al Consumo de Energía Promedio Anual requerida por la aplicación del usuario.

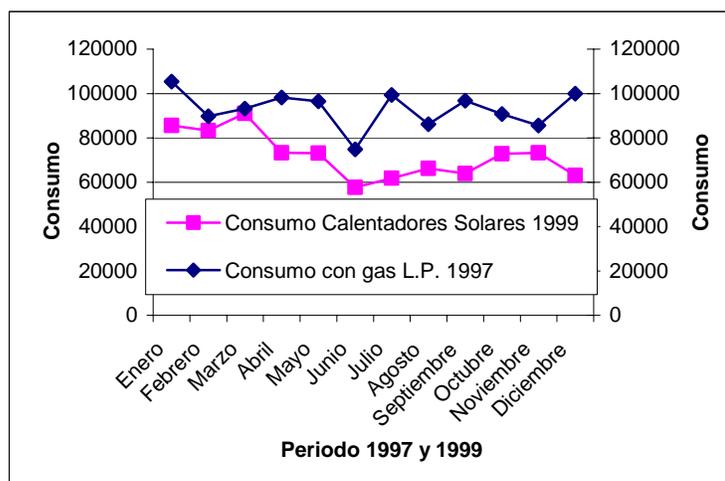
El fundamento principal de instalar los Sistemas de Calentamiento de Energía Solar en aplicación de agua caliente, es la reducción de combustibles por la disminución en las horas de operación en los equipos tradicionales, y en ciertos casos, el reemplazo total del sistema tradicional al solar.

A partir de lo observado en las instalaciones, y de acuerdo a un ejemplo que se amplía en el punto IV, se puede apreciar en la gráfica 20, la comparación en el consumo de combustible que tuvo el usuario entre los años de 1997 a 1999. Donde en color oscuro se muestra la instalación en el año antes de la instalación del sistema solar (1997), mientras que en color claro el comportamiento del sistema es dual.

Claramente se puede apreciar, que los meses de febrero y marzo, es cuando no hay disminución en el consumo, mientras que los meses de abril, mayo, julio agosto y septiembre, la reducción es casi constante, siendo excelente en el mes de abril, mayo

y julio. En conjunto, el sistema solar brinda una reducción significativa en el consumo de combustible. Ya que siempre existe equipo tradicional que funge de respaldo al sistema solar.

Gráfica 3 Comparativa del consumo de combustible antes y después del sistema solar



Analizando cuatro años más y tomando como referencia 1997 como punto de partida más cercano. En la tabla 15 se puede mostrar el porcentaje de aportación energética del sistema solar mes por mes para este caso. De aquí se puede ponderar la aportación de energía solar anual, el cual oscila en un 30%.

Tabla 2 Porcentajes de aportación energética del sistema solar

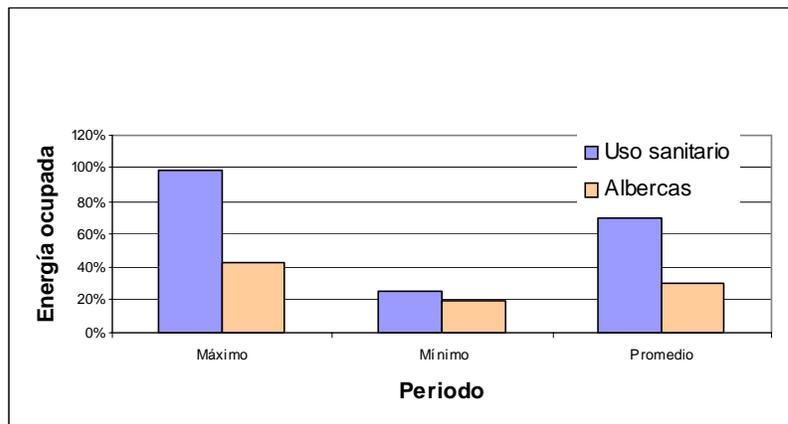
Porcentaje de aportación energética del sistema solar			
98-97	99-97	00-97	Ene-97
0.0	18.7	38.3	42.9
0.0	7.2	22.7	53.0
0.0	2.3	24.3	50.5
24.0	25.5	39.1	52.8
19.5	24.1	22.0	57.7
25.7	23.0	-3.6	14.9
28.1	37.9	27.6	17.6
12.4	23.1	16.6	11.5
16.2	33.9	23.7	33.1
3.0	19.7	20.7	27.6
0.9	14.4	5.4	42.3
10.7	36.9	18.3	37.7
11.7	22.2	21.2	36.8

Como se ve en el ejemplo anterior y de los demás datos obtenidos, se puede observar que el ahorro de energía en promedio, es del orden del 30%, para aquellas instalaciones en las que operan albercas, ya que adicional a los calentadores solares, también cuentan con sistemas de calentamiento mediante equipos tradicionales. Aunque un sistema fue diseñado para operar desde un inicio en “Sistema Dual” (equipos tradicionales y colectores solares).

En el caso del agua en uso sanitario, se tiene un 100% de sustitución de los equipos tradicionales, esto se debe a que gracias a que el agua es almacenada en un termo tanque, este puede cubrir el requerimiento. Aunque todavía no se evalúa con precisión ésta afirmación, ya que uno de los sistemas tiene apenas 6 meses de operación.

En términos globales y con base en la siguiente gráfica (que se obtuvo del análisis de los usuarios), se muestra la aportación de energía que el sistema solar según la aplicación. Pudiéndose decir que la máxima aportación en uso sanitario es del 100%, mientras que en albercas alcanza un 30%.

Gráfica 4 Porcentaje de uso de los colectores solares con referencia a la energía total ocupada



Si se considera en el resultado de la evaluación, el ahorro en energía de los inmuebles que solo cuentan con instalaciones de calentamiento solar (cuyo ahorro de combustible es del 100%), además de los inmuebles cuentan con sistemas de calentamiento alterno (calentamiento con combustibles fósiles y/o electricidad), la aportación de la Instalación Solar al Consumo de Energía Promedio Anual requerida por la aplicación del usuario es del rango del 40%.

Fotografía 2 Club Deportivo PUMAS



V.3 Evaluación III, Promedio del Periodo de Recuperación de la Inversión del Sistema Solar.

Muy importante en la toma de decisiones de cualquier tipo de proyecto es conocer con certidumbre el periodo de recuperación de la inversión, ya que con ello, las personas al cargo deciden efectuar el proyecto o no ejecutarlo.

Para la evaluación de este punto, se define la comparación de los resultados obtenidos por parte del cuestionario de usuario y lo indicado por parte del instalador-fabricante.

Uno de los objetivos que persiguen los usuarios es la disminución en sus costos, y de los que destaca es la facturación de combustible, de tal manera, que buscan la forma de abatir este costo. Ya sea cambiando de combustible, o buscando formas alternas como es el caso de la implementación de los sistemas de calentamiento solar.

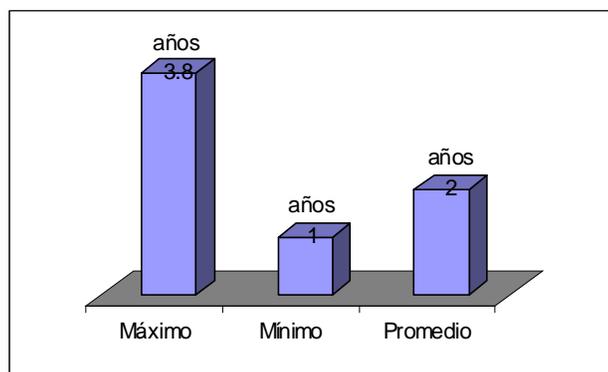
En este sentido, y en referencia al punto anterior como se comentó, la aportación energética anual del sistema solar en promedio es de un 40%, que da pie a reducir en éste porcentaje la facturación de combustible y así abatir el costo en éste rubro. También se tiene que considerar la reducción de costos que se tiene en la operación y mantenimiento del sistema solar, y que son muy bajos comparados a los equipos tradicionales.

Siguiendo el ejemplo que se presenta en el punto IV y tomando las opiniones de los demás usuarios, se establece que los PSRI¹ encontrados fueron en promedio 1.5 años para calentamiento en albercas y de 2 años, para usos sanitarios; el incremento en el PSRI de los calentadores para usos sanitarios se debió fundamentalmente a que en estas aplicaciones se incrementaba el costo de las instalaciones, ya que normalmente

¹ Periodo Simple de Recuperación de la Inversión.

para estas aplicaciones se utilizan mayores temperaturas de calentamiento del agua, en comparación del correspondiente a albercas; los calentadores solares para usos sanitarios, con temperaturas máximas observadas de 60°C, son con cubierta, a diferencia de los calentadores para albercas, que típicamente fueron simples calentadores sin cubiertas (los calentadores de albercas regularmente encontrados fueron del tipo de tubos de polímero). Además en las aplicaciones sanitarias se tiene que adicionar el termo tanque, en caso de que no se cuente con él, lo que ocasiona un incremento adicional de la inversión; para las albercas, el termo tanque, es en sí, la misma alberca.

Gráfica 5 Tiempo de recuperación de la inversión en albercas



Al incluir en la muestra la información recabada en Villa Olímpica, los PSRI se nos desplazaron hacia arriba, ya que el PSRI en esta instalación el entrevistado dijo que será de 3.8 años (cabe hacer la aclaración de que esta instalación apenas entro en operación. Al considerar esta instalación los PSRI se desplazaron a 2 años, para albercas y 3 años para usos sanitarios.

Cruzando la información por parte de los usuarios con los Instaladores-Fabricantes que especifican en la siguiente tabla, la rentabilidad promedio por tipo de instalación se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3 Rentabilidad promedio de los equipos por tipo de aplicación del agua

Valores	Instalaciones Comerciales y de Servicios	
	Albercas	Usos sanitarios
Mínima	1 año	1 año
Máxima	3 años	5 años
Promedio	2 años	3 años

Los resultados de la tabla anterior muestran que la rentabilidad promedio obtenido en albercas es de 2 años y en uso sanitario de 3 años.

V.4 Evaluación IV, Evaluación de la operatividad del Sistema Solar.

La evaluación de este objetivo tiene varias vertientes, por un lado la problemática que el usuario enfrenta al operar en un inicio la instalación solar y los problemas de mantenimiento; y por parte del lado del instalador, el correcto dimensionamiento del sistema solar incluido el sistema hidráulico.

Lado del usuario

Se puede decir que en el Usuario no sabe operar correctamente el Sistema, causando los siguientes problemas y fallas de funcionamiento:

- 1 **Falla por congelamiento.** Debido a que se dejan “cargados” los colectores (es decir llenos de agua) y aunado a que el aislamiento en las tuberías de agua no es el adecuado, durante las noches se llega a presentar enfriamiento en el sistema y en algunos casos congelamiento en ciertos puntos (esto sucede durante los meses de invierno). Esto trae como consecuencia que el agua transformada a hielo tienda a crecer en volumen internamente en los ductos finos de los colectores, provocando rupturas en los mismos o en uniones frágiles, por lo que provocan fugas en el sistema hidráulico bajando su eficacia.

Fotografía 3 Aislamiento en el sistema hidráulico



- 2 **Fallas por sobre calentamiento.** Debido a que se dejan “cargados” los colectores (es decir llenos de agua), en el día y sin circulación de agua, llega a presentarse evaporación del agua que de igual manera crece en volumen y ejerce una mayor presión en los tubos y conexiones, por lo que también provoca fracturas y rompimiento y/o fuga del agua.
- 3 **Deficiencia de calentamiento.** Se observó que la mayoría de los usuarios no dan limpieza a los colectores por lo que la transferencia de calor decae, debido a esto, el calentamiento del agua no es el adecuado ni uniforme. En la fotografía se observa que los colectores desnudos de plástico en su parte inferior tienen tierra y basura acumulada, además que en toda la superficie de los tubos están cubiertos de tierra. En el caso de colectores con cubierta de vidrio, en la superficie del vidrio

tiene acumulado polvo que impide el paso de los rayos solares a los tubos captadores, aunado a esto, el polvo esta también acumulado en el interior de los colectores, cubriendo parcialmente la superficie de calentamiento.

Fotografía 4 Deficiencias de mantenimiento



Lo que respecta al mantenimiento, los usuarios al momento no tuvieron ninguna queja, sin embargo, en el caso del “Hospital 20 de Noviembre” el personal encargado comentó que el sistema esta desconectado y debido a que no existe documentación alguna que respalde el proyecto, desconocen como recuperarlo y darle el mantenimiento correspondiente,.

También hay que considerar que la operación de casi todos los sistemas son manuales, excepto los recientes, lo que podría provocar además de las fallas antes mencionadas, golpe de ariete o sobre presiones en el sistema hidráulico. Tal y como se observa en la siguiente fotografía

Fotografía 5 Pequeña fuga de agua debido a sobre presión en el sistema.



Lado del instalador

1 Mala orientación del sistema solar

En este sentido, se encontró que en algunos lugares donde se colocaron los colectores tienen sombras que pudieron haberse evitado. Otra falla menor es que por esta mala orientación hay una baja captación de la radiación solar, lo que provoca que la eficiencia del sistema sea menor a la esperada, además de que en lugar de calentar, provocan que el agua se enfríe en ciertas estaciones del año. La orientación correcta en el caso de nuestra latitud es que los colectores den la cara hacia el sur.

Fotografía 6 Mala orientación de los colectores



2 Diseño hidráulico

Falta de experiencia en la correcta determinación del sistema hidráulico. Se observó que algunos de los instaladores llevan a cabo la determinación del sistema hidráulico de las instalaciones mediante prueba y error, ya que carecen de la experiencia y/o los métodos para pronosticar/simular el comportamiento hidráulico del arreglo. En virtud de lo expuesto, aparecen problemas de fugas por sobre presiones, así como sub dimensionamiento del sistema de bombeo. Además que no diseñan los sistemas conforme lo establece el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, por lo que es imprescindible que las instalaciones solares acaten las disposiciones normativas aplicables.

ANEXO I CUESTIONARIO DE USUARIO FINAL

CUESTIONARIO APLICADO A USUARIOS, PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BASE QUE PERMITA EL SUSTENTO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL PROY-NADF-008-AMBT-2005

DATOS GENERALES

EMPRESA: _____

CONTACTO: _____

DIRECCIÓN: _____

TELEFONO: _____

INFORMACION GENERAL

1. ¿Cuál es el giro su empresa?

especifique; _____

INFORMACION ANTES DE LA INSTALACION SOLAR

2. Anteriormente al uso del sistema de colectores solares, ¿qué equipos ocupaba para el calentamiento del agua? Indique marca, tipo, capacidades, flujo de agua, etc.

No	Equipo	Marca	Capacidad De almacenamiento	Nivel de Flujo	Capacidad calorífica	Temperatura de operación	Aplicación del agua caliente
1							
2							
3							
4							

Comentarios: _____

3. Podría indicar, como es el suministro de combustible (s) para el calentamiento de agua en sus instalaciones, es a través de:

a) Línea b) Tanque estacionario de gas Lp c) Tanque estacionario de Diesel d) Otro, especifique: _____

4. La capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente (termotanque) que tenía antes de la instalación solar era de: _____

5. En su negocio, ¿cuánto gastaba de combustible con éstos equipos? (solicitar copias históricas de los consumos de combustibles) _____

No	Equipo (marca)	Tipo de combustible	Consumo de combustible	Costo de combustible	Horas de operación	Observaciones
1						
2						
3						
4						

Comentarios: _____

INFORMACION ACTUAL CON LA INSTALACION SOLAR

6. ¿Cuáles fueron los motivos por los cuales decidió instalar colectores solares, y desde hace cuanto tiempo los tiene instalados? _____

7. ¿Qué compañía le ofreció el servicio y de que marca son sus colectores solares? _____

8. ¿Los colectores solares son nacionales o son de fabricación extranjera? _____

9. ¿Cómo calificaría el desempeño de sus colectores solares?

a) Excelente b) Muy bueno c) Bueno d) Regular e) Malo

Explique: _____

10. ¿Sabe usted cuál es la vida útil de sus colectores solares? _____

11. ¿El requerimiento de agua caliente es en flujo continuo o es intermitente y por qué? _____

12. Actualmente, ¿Cuáles son todos los equipos que ocupa en el calentamiento del agua?, incluyendo los colectores solares, indicando la marca, tipo, capacidades, flujo de agua, etc.

No	Equipo	Marca	Capacidad De almacenamiento	Nivel de Flujo	Capacidad calorífica	Temperatura de operación	Aplicación del agua caliente
1							
2							
3							
4							

Comentarios: _____

13. En el nuevo arreglo, ¿cuánto gasta de combustible con éstos equipos? (solicitar copias históricas de los consumos de combustibles)

No	Equipo (marca)	Tipo de combustible	Consumo de combustible	Costo de combustible	Horas de operación	Observaciones
1						
2						
3						
4						

Comentarios: _____

14. De los equipos de calentamiento de agua tradicionales, podría indica el tiempo que están en operación.

No	Equipo	Marca	Tiempo de operación h/día, baja	Tiempo de operación h/día, alta	Tiempo de operación por semana
1					
2					
3					
4					

Comentarios: _____

15. Indique que área de su negocio requiere de agua caliente, así cómo la temperatura, mínima, máxima o promedio requerida:

No	Rango de Temperatura de Operación		
	Mín. °C	Máx. °C	Promedio °C
1			
2			
3			
4			

Comentarios: _____

16. De éstas áreas ¿Mencione cuál es la demanda de agua caliente para cada uno de ellos, y la frecuencia de uso?

No	Demanda de agua caliente (l/h)			Frecuencia de uso por día (h/día)		
	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Comentarios: _____

17. ¿Qué porcentaje de agua caliente le proporcionan los colectores solares con respecto a la totalidad del agua caliente consumida? _____

18. ¿Cuál es la temperatura máxima que alcanza con los calentadores solares?

No	Temperatura máxima de salida del agua	
	Flujo Continuo	Flujo Intermitente
1		
2		
3		
4		

Comentarios: _____

19. ¿Cuál es la temperatura máxima que alcanza a la salida del termo tanque?

No	Temperatura máxima de salida del agua	
	Flujo Continuo	Flujo Intermitente
1		
2		
3		
4		

Comentarios: _____

20. ¿Cuál es la temperatura máxima que alcanza a la salida del usuario?

No	Temperatura máxima de salida del agua	
	Flujo Continuo	Flujo Intermitente
1		
2		
3		
4		

Comentarios: _____

21. La compañía que instalo los colectores solares ¿Le proporcionó manual de operación y de mantenimiento? ¿Se brindó capacitación para la operación? _____

22. Mencione el tipo de problemas que se han presentado antes, durante y después de la instalación.

Lugar	Tipo de problema	Antes	Durante	Ahora
Área de instalación				
Sistema de almacenamiento de agua caliente				
Circuito primario				
Circuito secundario				
Equipos auxiliares				
Sarros				
Otros				

Comentarios: _____

23. ¿Hubo necesidad de realizar algún cambio especial en sus instalaciones para el montaje de los colectores? En caso afirmativo, ¿Podría decir cuáles fueron? Indicando también, ¿Qué otros equipos, aditamentos e instrumentos de control se instalaron?

No	Lugar	Tipo de cambio
	Equipos Calentadores	
	Circuito primario	
	Circuito secundario	
	Sistema de almacenamiento de agua caliente	
	Bombeo y Sistemas auxiliares	

Comentarios: _____

24. Con el nuevo arreglo en su sistema de agua caliente, ¿aumentó, disminuyó o mantuvo el sistema de almacenamiento del agua caliente y por qué? Diga cuál es la capacidad.

Antes		Después	
Equipo instalado	Capacidad de almacenamiento	Equipo instalado	Capacidad de almacenamiento

Comentarios: _____

25. ¿Usted considera que le ha traído un beneficio económico el usar calentamiento solar?

Valores	Instalaciones Comercial		Instalaciones de Servicios		Otras Instalaciones Especificar
	Albercas	Usos Sanitarios	Albercas	Usos Sanitarios	
Mínima					
Máxima					
Promedio					

Comentarios: _____

26. ¿Cuál fue el costo promedio de sus equipos? Si sabe con exactitud describalo por m² (incluya el costo del equipo en su totalidad así como su instalación).

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de la Instalación, \$/m ²	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			

Comentarios: _____

27. ¿Cuál es el costo anual promedio de mantenimiento de los equipos?, Indique también el de sus instalaciones, (equipos auxiliares, de control, de medición, etc.)

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de Mantenimiento Anual, \$/m ²	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			

Comentarios: _____

28. ¿De que orden de magnitud es el costo de operación de los equipos auxiliares, por ejemplo, el sistema de bombeo de recirculación de agua al termo tanque?;

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de Operación Anual de los Equipos Auxiliares y otros, \$/año	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Comentarios: _____

29. ¿Qué porcentaje del tiempo, costos de operación (\$) y/o disminución en el uso de combustible ha logrado disminuir en los equipos tradicionales para el calentamiento de agua (calentadores con combustible fósil, calderas, calderetas, etc.), a partir de la instalación de sus calentadores solares? _____

30. ¿En cuánto tiempo considera usted que ha recuperado su inversión y cuál es su opinión general? _____

31. ¿Cuál es su opinión, con respecto al porcentaje de participación propuesto para los calentadores solares, en función de la aplicación?

No	Servicio a Cubrir	Fracción Porcentual de la DEP a cubrir con Instalación Solar	Observaciones
1	Albercas, chapoteaderos y/o fosas de clavados	<u>Al menos 30%</u>	
2	Agua caliente de servicios: baño, lavandería y cocinas	<u>Al menos 30%</u>	
3	Cualquier uso de agua caliente, sin incluir los descritos en el punto 1 y 2, con temperatura menor a la temperatura de evaporación del agua	<u>Al menos 15%</u>	
4	Agua cruda o de reposición a la caldera	<u>(100% del agua cruda o de reposición; cumpliendo como mínimo un gradiente de 10°C durante las horas de insolación)</u>	

ANEXO II CUESTIONARIO DE INSTALADOR-FABRICANTE

CUESTIONARIO APLICADO A PROVEEDORES / FABRICANTES, PARA RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN BASE QUE PERMITA EL SUSTENTO TÉCNICO-ECONÓMICO DEL PROYECTO DE NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL PROY-NADF-008-AMBT-2005

1. ¿Cuánto tiempo tiene que su empresa inicio operaciones?

Años **Meses**

2. ¿Qué tipo de servicios ofrece su empresa?

a) *Consultoría* b) *Fabricante* c) *Proveedor* d) *Instalador*

e) Otro, especifique:

3. De los proyectos que ha realizado, ¿los equipos solares instalados son de fabricación propia, hechos en México otra empresa ubicada en el país, o son importados?

_____ Fabricación propia
_____ Hechos en México por otra empresa
_____ Importados

4. ¿De los equipos que ha vendido, qué porcentaje son de fabricación propia, que porcentaje son hechos en México por otra empresa ubicada en el país, y que porcentaje son de importación?

_____ % fabricación propia
_____ % Hechos en México por otra empresa
_____ % Importados

5. ¿Cuál es la clasificación o los tipos de colectores que ofrece su empresa?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar
1	
2	
3	
4	
5	
6	

6. De los equipos que importa, ¿éstos cuentan con algún tipo de certificación o norma?; si cuentan con alguna norma, favor de proporcionar los detalles de dicha norma, así como el país de origen.

7. Si están certificados y/o normalizados, ¿estos cuentan con curvas de eficiencia, desempeño o rendimiento?.

En caso afirmativo, ¿es posible obtener copia de esta información?.

8. Si cuentan con curvas de desempeño, eficiencia, rendimiento, indique que valor tienen, ya sea promedio o por tipo de tecnología.

Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Eficiencia o rendimiento promedio de fabrica de cada modulo, %	Eficiencia o rendimiento promedio de operación por el sistema de calentamiento solar total en operación, %

9. ¿Cuál es la vida útil promedio de sus equipos?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Vida Útil, años
1		
2		
3		
4		
5		
6		

10. ¿Cuál es el tipo de colector solar más vendido y por qué?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Importancia de Venta, enumerar del 1 (más vendido) al 6 (menos vendido)	Razón de Venta
1			
2			
3			
4			
5			
6			

11. ¿Que variable utiliza para calcular la superficie requerida de colectores solares en una instalación,; Irradiación o Energía Disponible, y cuál es su fuente de información?
 Irradiación. Fuente de Información: _____
 Energía Disponible Fuente de Información: _____

12. ¿Para desarrollar el cálculo del dimensionamiento del sistema solares que variables utilizan, y cuáles, de manera general el procedimiento que realiza?

Calentadores para Albergas	Calentadores para usos Sanitarios	Calentadores para otra aplicación Especificar: _____

13. ¿Para desarrollar el cálculo del dimensionamiento de los colectores solares que información requiere del comprador?

14. ¿Para su dimensionamiento utiliza tablas de referencia, software propio, software de otros, cálculos a mano, experiencia, otros, especificar?

Método para el dimensionamiento de Colectores Solares	Descripción
Tablas de referencia	
Software desarrollado por ustedes	
Software de otros	
Cálculos a mano	
Experiencia	
Otros, especificar	

15. ¿Cuántas instalaciones de calentamiento solar ha realizado en el Distrito Federal?.

16. ¿Puede proporcionar los datos de las instalaciones que ha aplicado, para realizar una visita técnica a ellas? _____

Datos de Ubicación de las instalaciones y contactos:

17. ¿Cuál es el flujo por día que manejan sus equipos?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Nivel de Flujo	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			

18. ¿Cuál es la temperatura máxima que alcanzan sus equipos?

No.	Temperatura máxima de salida del agua	
	Flujo Continuo	Flujo Intermitente
1		
2		
3		
4		
5		
6		

19. ¿Cuáles son las aplicaciones para el agua caliente que obtiene con los equipos que ha instalado?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Aplicaciones del agua caliente	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			

20. ¿Ha instalado sus equipos en alguna Industria, inclusive para usos sanitarios y/o alberca?. Si la respuesta es afirmativa, describa el uso del agua calentada con sus equipos

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Aplicaciones Industrial	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			

21. Mencione el tipo de problemas que se le han presentado antes, durante y después de la instalación.

22. ¿Ha observado, por parte de los compradores finales alguna modificación o uso inadecuado de sus equipos?,
 Explique. _____

23. ¿Cuál ha sido la rentabilidad mínima, máxima y promedio de sus equipos y cuál es su opinión general de éstos?

Valores	Instalaciones Domésticas		Instalaciones Comerciales y de Servicios		Otras Instalaciones Especificar
	Albercas	Usos Sanitarios	Albercas	Usos Sanitarios	
Mínima					
Máxima					
Promedio					

24. ¿Cuál es el costo promedio de sus equipos por metro cuadrado? (incluya el costo del equipo en su totalidad así como su instalación).

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de la Instalación, \$/m ²	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			

25. ¿Cuál es el costo anual promedio de mantenimiento de los equipos?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de Mantenimiento Anual, \$/m ²	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			

26. ¿De que orden de magnitud es el costo de operación de los equipos auxiliares, por ejemplo, el sistema de bombeo de recirculación de agua al termo tanque?

No	Tipo, clasificación o tecnología del colector solar	Costo de Operación Anual de los Equipos Auxiliares y otros, \$/año	Observaciones y/o comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			

27. ¿Qué porcentaje del tiempo, costos de operación (\$) y/o disminución en el uso de combustible ha logrado disminuir en los equipos tradicionales para el calentamiento de agua (calentadores con combustible fósil, calderas, calderetas, etc.), a partir de la instalación de sus calentadores solares?

28. ¿Cuál es su opinión, con respecto al porcentaje de participación propuesto para los calentadores solares, en función de la aplicación?

No	Servicio a Cubrir	Fracción Porcentual de la DEP a cubrir con Instalación Solar	Observaciones
1	Albercas, chapoteaderos y/o fosas de clavados	<u>Al menos 30%</u>	
2	Agua caliente de servicios: baño, lavandería y cocinas	<u>Al menos 30%</u>	
3	Cualquier uso de agua caliente, sin incluir los descritos en el punto 1 y 2, con temperatura menor a la temperatura de evaporación del agua	<u>Al menos 15%</u>	
4	Agua cruda o de reposición a la caldera	<u>(100% del agua cruda o de reposición; cumpliendo como mínimo un gradiente de 10°C durante las horas de insolación)</u>	

29. ¿Qué opina de que se solicite que en las instalaciones solares se instalen medidores de energía para verificar el ahorro real; se estima que estos medidores tienen un costo máximo de 3 mil pesos?

ANEXO III INDICADORES

Se presenta a continuación, los indicadores obtenidos de la aplicación de los cuestionarios de Usuarios e Instaladores-Fabricantes, mostrándose en primer lugar al Usuario, y posteriormente el de Instaladores-Fabricantes.

CUESTIONARIO DE USUARIOS

1.- Número de establecimientos

11 Empresas visitadas en total, desglosándose en:

7 Clubes Deportivos

2 Instituciones Educativas

1 Institución Eclesiástica

1 Centro de Rehabilitación

Siendo las empresas que se muestran a continuación:

Monasterio, Centro Deportivo Coyoacán, Club UNAM, Club Deportivo Cuicacalli, Deportivo Villa Olímpica, Internado Guadalupano, ITESM EDO MEX., Sport City, Club deportivo ENTRENNA, Mariposa Blanca, Centro Deportivo Diez

2.- Porcentaje por tipos de establecimientos

63.6% Clubes deportivos

18.2% Instituciones Educativas

18.2% Otras

ANTES DE LA INSTALACIÓN

Características generales de equipos e instalaciones.

1.- Tipos de equipos usados

Calentadores de agua tradicionales (boiler)

Calentadores de paso

Calderas de vapor

2.- Capacidad de flujo de agua caliente por aplicación, porcentaje, máximo, mínimo, promedio

Uso sanitario

Máximo 10,000

Mínimo 167

Promedio 3,000

Albercas

Máximo 600,000

Mínimo 2,500

Promedio 400,000

3.- Tipo de consumo de combustible utilizado, en porcentaje

En algunas instalaciones, se encontró que desde un inicio de operaciones, se estableció como sistema de calentamiento de agua el ocupar la energía solar, motivo por el cuál no contemplaron otro sistema de calentamiento.

9 Usuarios Gas LP

1 Diesel

1 Solar

81.8% Gas LP

9.1% Diesel

9.1% Sin consumo de combustible

Características de operación de los equipos e instalaciones.

3.- Horas de operación de los equipos, máximo, mínimo, promedio

Alberca

12 horas Máximo

4 horas Mínimo

6 horas Promedio

Uso sanitario

6 horas Promedio

4.- Horas de uso del agua caliente, máximo, mínimo, promedio

Albercas

16 Máximo

8 Mínimo

12 Promedio

5.- Usos/aplicaciones del agua caliente en porcentaje

27.3 % uso sanitario

72.7 % Albercas

6.- Temperaturas de operación, por tipo de aplicación máximo, mínimo, promedio

Uso sanitario

Máximo 60°C

Mínimo 25°C

Promedio 42°C

Albercas

Máximo 32°C

Mínimo 20°C

Promedio 28°C

8.- Capacidades de termo tanque

No cuentan con termo tanque

DESPUÉS DE LA APLICACIÓN

Características generales de equipos e instalaciones.

1.- Tipos de equipos usados

Calentadores de paso

Calderas de vapor

Sistema de colectores solares

2.- Capacidad de flujo de agua caliente, porcentaje, máximo, mínimo, promedio

Uso sanitario

Máximo 10,000

Mínimo 167

Promedio 3,000

Albercas

Máximo 600,000

Mínimo 2,500

Promedio 400,000

3.- Tipo de consumo de combustible utilizado, en porcentaje

Como se había comentado anteriormente, algunos sistemas contemplaron desde un inicio el sistema solar, además, algunos usuarios, cambiaron de utilizar gas LP a gas natural.

7 Usuarios Gas LP

1 Gas Natural

1 Diesel

2 Solar

63.6% Gas LP

9.1% Gas Natural

9.1% Diesel

18.2% Sin consumo de combustible

Características de operación de los equipos e instalaciones.

3.- Horas de operación de los equipos, máximo, mínimo, promedio

Alberca

7 horas Máximo

3 horas Mínimo

5 horas Promedio

Uso sanitario

El sistema de colectores solares, sustituye al 100% la demanda, por tener de respaldo el termo tanque

4.- Horas de uso del agua caliente por día, máximo, mínimo, promedio

Albercas

16 Máximo

8 Mínimo

12 Promedio

5.- Usos/aplicaciones del agua caliente en porcentaje

27.3 % uso sanitario

72.7 % Albercas

6.- Temperaturas de operación que alcanzan los colectores, por tipo de aplicación

Uso sanitario

Máximo 60°C

Mínimo 28°C

Promedio 35°C

Albercas

Máximo 45°C

Mínimo 28°C

Promedio 32°C

7.- Capacidades de termo tanque

Las únicas instalaciones que cuentan con termo tanque son las de aplicación de uso sanitario, mientras que para alberca, ésta sirve como termo tanque.

30,000 litros Máximo

3,500 litros Mínimo

Características a cubrir de los requerimientos del usuario.

1.- Tipo de flujo del agua caliente, porcentaje

72.8% Flujo continuo

27.2% Flujo intermitente

2.- Demanda del agua caliente en litro por hora por aplicación

Uso sanitario

Máximo 10,000

Mínimo 167

Promedio 3,000

Albercas

Máximo 600,000

Mínimo 2,500

Promedio 400,000

3.- Porcentaje de uso de los colectores solares con referencia a la energía total ocupada

Uso sanitario

100% Máximo

25% Mínimo

70% Promedio

Albercas

43% Máximo

20% Mínimo

30% Promedio

Grado de satisfacción al cliente

1.- Tipos de motivos de cambio, en porcentaje

63.8% Costos de Energía, operación y mantenimiento

9% Normatividad interna ecológica

27.2% Diseño original

2.- Compañías que han ofrecido el servicio

Imprema

Solarite

Modulo solar

Sun way

Heliocol

3.- Tipos, marcas y procedencia de manufactura de los colectores, en porcentajes

43.4% Nacionales

33.3% Importados estadounidenses

11.1% Importado israelí

4.- Calificación de desempeño, porcentaje

45.5% Excelente

36.3% Muy buena

18.2% Buena

0% Regular

5.- Vida útil de los colectores solares

Máximo 20 años

Mínimo 10 años

Promedio 15 años

Recuperación de la inversión

1.- Tiempo de recuperación de la inversión por aplicación del agua caliente,

Sanitaria, por ser de reciente instalación, no se puede evaluar, además que otras instalaciones sanitarias fueron donadas.

Albercas

Máximo 4 años

Mínimo 1 año

Promedio 2.5 años

3.- Costos de operación anual de los colectores solares,

Máximo 12,000 \$/año

Mínimo 8,000 \$/año

Promedio 10,000 \$/año

4.- Costos de mantenimiento de los colectores solares, máximo, mínimo y promedio, con respecto a la

Máximo 40% con respecto de la operación mínima

Mínimo 1% con respecto de la operación mínima

Promedio 19% con respecto de la operación mínima

CUESTIONARIO DE INSTALADORES-FABRICANTES GENERALIDADES

1.- Tipos de servicios que prestan las empresas,

Consultoría
Fabricante
Proveedor
Instalador
Otro.

2- Procedencia de manufactura de los equipos solares instalados

40% Fabricación Nacional de producción propia
30% Fabricación Nacional por otra empresa
30% Importación

3.- Procedencia de manufactura de los equipos solares vendidos

45% Fabricación Nacional de producción propia
21.7% Fabricación Nacional por otra empresa
33.3% Importación

4.- Tipos de productos ofrecidos

1. Cobre con cubierta de vidrio
2. Cobre con aleta de aluminio con cubierta
3. Aletados de cobre con cubierta,
4. Copolimero con cubierta
5. Copolimero sin cubierta
6. Polipropileno, descubiertos
7. Polipropileno con cubierta
8. De cobre encapsulados
9. Concentradores solares
10. Concentradores solares de tubos al vacío
11. PVC (plástico) desnudos
12. Cobre aletados, con cubierta de vidrio
13. Tubos al vacío de vidrio
14. Plástico y sin cubierta; se instala sobre las lozas, requiere anclaje
15. Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta
16. Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio

5.- Número de instalaciones realizadas en el Distrito Federal por Fabricante-Instalador

Fabricante-Instalador	número de instalaciones
1	28
2	ninguna
3	50,000 m ² del área total instalada de colectores, entre albercas y uso sanitario
4	ninguna
5	ninguna
6	40 albercas domesticas y un orfanatorio en Iztapalapa

NORMALIZACIÓN

1.- Productos de procedencia extranjera certificados y no certificados, en porcentaje

67% Certificados

33% Sin certificación

2.- Tipo de certificación y/o norma preferentemente utilizada

Certificación de Miami, Florida Center, EUA.

De los equipos importados no cuenta con curvas de desempeño, de los propios fueron probados para obtener curvas de rendimiento por el Department of Mechanical Engineering Queen 's University at Kingston Ontario – pruebas de eficiencia.

Israel. Certificado ISO 9000, 9001 9002 9001-2000.ASRAE, EFSS, SRCC, Consejería de Ciencia y Certificación de Andalucía España, ORTECH, Instituto de Técnica Aeroespacial de España, GE2 Norma Alemana, Dadde Conti de Florida, Miami Testing Laboratories, Solar Energy Análisis Laboratory, Consejo Federal Alemán de Salud, Israel Technical Institute, Estándar Corporation de Israel, IAMPO. La Ciudad de los Ángeles, DSTE Laboratories, British National Water Council, HRS de Florida para uso Comercial, Green Lebel

3.- Tipo de certificación y/o norma utilizadas, en porcentaje

40% Norteamericana

30% Europea

30% Otras

4.- Equipos que cumplen con datos técnicos, (Curvas de eficiencia, desempeño o rendimiento) y que no cumplen, en porcentaje

50% Equipos que cumplen con datos técnicos
 33% Equipos que no cumplen con datos técnicos
 17% No contestaron

5.- Accesibilidad de manejo de información técnica por parte de proveedores, en porcentaje

50% Accesibilidad de información
 50% Inaccesibilidad de información

6.- Rendimiento o eficiencia de los equipos por tecnología.

Tipo de tecnología	Ecuación característica	Rendimiento o eficiencia
Polipropileno, descubiertos	0.83 -15.99X	
Polipropileno con cubierta	No tiene el dato	
De cobre encapsulados	0.86-6.33X (DONDE X es la (Ti- Ta)/irradiación) 0.86-3X	
Concentradores solares	0.87- 1.5X	
Concentradores solares de tubos al vacío	0.87- 1.5X	
Tubos al vacío de vidrio	b:0.717 m: 1.52	
Aletados de cobre con cubierta		60%
Copolimero con cubierta		60%
Copolimero sin cubierta		60%

7.- Rendimiento o eficiencia de los equipos promedio

50% de Rendimiento o eficiencia de los equipos

VIDA ÚTIL

1.- Vida útil de los equipos por tipo de tecnología.

Tipo de calentador o tecnología del calentador	Vida Útil, años
Cobre con cubierta de vidrio	13
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	5
Polipropileno, descubiertos	25
Polipropileno con cubierta	25
De cobre encapsulados	20
Concentradores solares	20
Concentradores solares de tubos al vacío	No tiene el dato, ya que depende del mantenimiento que se le dé al equipo
PVC (plástico) desnudos	20 años
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	25 años
Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	30
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	30

13 años para el sistema solar

2.- Vida útil expresada en años de los equipos, en porcentaje

18.1% de los equipos con vida útil de 30 años
27.3% de los equipos con vida útil de 25 años
27.3% de los equipos con vida útil de 20 años
9.1% de los equipos con vida útil de 15 años
9.1% de los equipos con vida útil de 13 años
9.1% de los equipos con vida útil de 5 años

TECNOLOGÍA	AÑOS
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta ✓ Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio 	30
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Polipropileno, descubiertos ➤ Polipropileno con cubierta ➤ Cobre aletados, con cubierta de vidrio 	25
<ul style="list-style-type: none"> ❖ De cobre encapsulados ❖ Concentradores solares ❖ PVC (plástico) desnudos 	20
<ul style="list-style-type: none"> • Tubos al vacío de vidrio 	15
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Cobre con cubierta de vidrio 	13
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cobre con aleta de aluminio con cubierta 	5

COMERCIALIZACIÓN

1.- Preferencia del consumidor por tipo de productos

TECNOLOGÍA	PREFERENCIA
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio ✓ Cobre con cubierta de vidrio ✓ Copolimero sin cubierta; que es para alberca. ✓ Polipropileno, descubiertos ✓ PVC (plástico) desnudos 	Excelente preferencia
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cobre con aleta de aluminio con cubierta ➤ De cobre encapsulados ➤ Cobre aletados, con cubierta de vidrio 	Muy buena preferencia
<ul style="list-style-type: none"> ❖ Concentradores solares ❖ Tubos al vacío de vidrio 	buena preferencia
<ul style="list-style-type: none"> • Concentradores solares de tubos al vacío 	regular preferencia
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Polipropileno con cubierta 	poca preferencia

41.6% De excelente preferencia

25% De muy buena preferencia

16.6% De buena preferencia

8.4% De regular preferencia

8.4% De poca preferencia

CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

1.- Nivel de flujo por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Nivel de flujo
Polipropileno, descubiertos	15 litros por minuto/colector
De cobre encapsulados	1 litro por minuto/m ²
Concentradores solares	1.5 litro por minuto/m ²
PVC (plástico) desnudos	0.6 l/minuto 1.08 m·/h (óptimo)
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	0.36 m ³ /hora valor óptimo

2.- Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo continuo

Tipo de colector o tecnología del colector	Temperatura máxima de salida del agua
Cobre con cubierta de vidrio	40°C
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	60°C
Polipropileno, descubiertos	45°C
Polipropileno con cubierta	50 °C
De cobre encapsulados	90°C
Concentradores solares	110 °C
Concentradores solares de tubos al vacío	400 °C
PVC (plástico) desnudos	35 °C
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	60 °C
Tubos al vacío de vidrio	65 °C

3.- Temperatura máxima de entrega por tecnología, en flujo intermitente, en porcentaje

Tipo de colector o tecnología del colector	Temperatura máxima de salida del agua
Cobre con cubierta de vidrio	40°C
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	60°C
Polipropileno, descubiertos	45°C
Polipropileno con cubierta	50 °C
De cobre encapsulados	90°C
Concentradores solares	110 °C
Concentradores solares de tubos al vacío	400 °C
PVC (plástico) desnudos	35 °C
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	60 °C
Tubos al vacío de vidrio	65 °C

4.- Uso del agua caliente por tecnología, en porcentaje

Tipo de colector o tecnología del colector	Aplicaciones del agua caliente
Cobre con cubierta de vidrio	Albercas
Polipropileno con cubierta	
PVC (plástico) desnudos	
Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	Uso sanitario
Polipropileno con cubierta	
De cobre encapsulados	
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	
Tubos al vacío de vidrio	
Tubo y aleta de cobre soldada sin cubierta	
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	Industrial
Polipropileno con cubierta	
Concentradores solares	
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	

RENTABILIDAD Y COSTOS

1.- Rentabilidad promedio de los equipos por tipo de aplicación del agua

Valores	Instalaciones domésticas		Instalaciones Comerciales y de Servicios		Años
	Albercas	usos sanitarios	Albercas	usos sanitarios	
Mínima	8 meses	8 meses	1 año	1 año	2 años en industria
Máxima	5 años	5 años	3 años	5 años	5 años en industria
Promedio	3 años	3 años	2.5 años	3 años	3 años en industria

2.- Costo promedio de los equipos por metro cuadrado, por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de la instalación \$/m ²
Cobre-cobre con cubierta de vidrio y almacén 150 l	4 mil pesos por metro cuadrado; sin instalación; el puro panel \$ 2,800; el costo de instalación del 20 a 25%
Cobre-aluminio, con cubierta acrílica y almacén de 150 l	2,400 por metro cuadrado; el puro panel \$ 1,600; el costo de instalación del 20 a 25%
Polipropileno, descubiertos	1320 \$/m ²
De cobre encapsulados	4,500 \$/m ²
Concentradores solares	8,000 \$/m ²
Concentradores solares de tubos al vacío	8,000 \$/m ²
PVC (plástico) desnudos	U\$100 por metros cuadrado (incluye la instalación)
copolimero	840 pesos el metro cuadrado
colector aletado	3 mil 500

3.- Costo promedio de los equipos por metro cuadrado sin importar la tecnología

4 mil pesos de costo promedio por m²

4.- Costo promedio anual de mantenimiento pro tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de Mantenimiento anual, \$/m ²
Cobre con cubierta de vidrio	90 \$/año y mantenimiento en área metropolitana mayor cada 5 años de \$ 884; desmantelamiento limpieza, resello, no es reparación,
Polipropileno, descubiertos	1% del costo de los equipos
Polipropileno con cubierta	5% precio del equipo
De cobre encapsulados	5% precio del equipo
Concentradores solares	5% precio del equipo
Concentradores solares de tubos al vacío	5% precio del equipo
PVC (plástico) desnudos	No tiene costo ya que el mantenimiento es simplemente limpieza de los panales, que puede realizar el cliente.
Tubo y aleta de cobre soldada con cubierta con marco y perfil de aluminio	20 \$/m ²

5.- Costo de operación de equipos auxiliares por tipo de tecnología

Tipo de colector o tecnología del colector	Costo de operación anual de los equipos auxiliares y otros, \$/año
Cobre con cubierta de vidrio	15% del costo del equipo
Cobre con aleta de aluminio con cubierta	El costo de operación de motor de 1 hp en un promedio de 6 horas diarias.
PVC (plástico) desnudos	En alberca semi-olímpica 12-15 \$/día, 3 hp
Cobre aletados, con cubierta de vidrio	3 \$/día, ¼ hp

METODOLOGÍAS DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

1.- Variable utilizada para determinar superficie requerida de colector solar, general

- 25% Irradiación
- 16.6% Fuente de información propia
- 16.6% Fuente de información institucional
- 41.8% Energía disponible

2.- Porcentaje del uso de las variables para el diseño de sistemas

- 45.83% uso de los instrumentos
- 54.16% sin uso de los instrumentos

3.- Variable utilizada para determinar dimensionamiento del sistema solar, por tipo de aplicación.

Colectores para albercas

- 1 Espejo de alberca
- 2 Volumen total de la alberca
- 3 Geometría de la alberca
- 4 Profundidades
- 5 Radiación
- 6 Temperatura de uso de alberca
- 7 Temperatura ambiental
- 8 Ubicación geográfica
- 9 Tipo de instalación de alberca (techada, al intemperie, etc)

Colectores para uso sanitario

- 1 Volumen de agua
- 2 Tipo de uso (residencial, comercial, industrial, etc)
- 3 Energía disponible
- 4 Eficiencia del equipo
- 5 Número de personas
- 6 Temperatura máxima de uso
- 7 Horas del sol
- 8 Ubicación geográfica

Colectores para otras aplicaciones

Generadores de vapor

- 1 Radiación
- 2 Temperatura máxima, media de entrada
- 3 Temperatura de red municipal
- 4 Ubicación geográfica

Calefacción para; criaderos de pollo, criaderos para lechones de cerdo, etc.

BIBLIOGRAFÍA

Askeland Donald, *La Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Grupo Editorial Iberoamericana, México, 1997.

Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), *Síntesis de las Pruebas de los Anteproyectos de Norma de Colectores y Sistemas de Calentamiento de Agua*, ANES, México, 2002.

Busso A. J., Forastier E. *Determinación del Rendimiento y Coeficiente Global de Pérdida de un Ramal de Colector Plástico mediante un Método Calorímetro Simple*, UNNE, Argentina, 2001.

Carnicer Royo E., *Agua Caliente y Aparatos Sanitarios*, Paraninfos, España, 1995.

Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE), *Las Energías Renovables en México y el Mundo*, CONAE, México, 2004.

Comunidad Europea, *Libro Blanco de las Energías Renovables*, Comunidad Europea, Europa, 2000.

Consejo Nacional para la Ciencia y Tecnología, *Prospectiva Tecnológica Industrial de México 2002 – 20025 Sector 2: Energía, Área: 2.1 energías Renovables*, CONACYT, México, 2002.

Galindo Estrada Ignacio, *Irradiación Solar Global en la República Mexicana: Valores Horarios Medios*, Programa Universitario de Energía Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1996.

González Velázquez José Luis, *Mecánica de Fractura*, Limusa, México, 2004.

Ibáñez Plana M., *Tecnología Solar Colección de Energías Renovables*, Mundi-Prensa, Barcelona España, 2005.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), *Plan de Fomento de las Energías Renovables en España*, IDAE, España, 2000.

Junta de Andalucía, *Manual para la Implementación de Instalaciones de Energía Solar Térmica en Viviendas*, Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, España, 2004.

Junta de Andalucía, *Propuesta para la Elaboración de una Ordenanza Solar Térmica*, Consejería de Empleo y Desarrollo Tecnológico, España, 2002.

Ludevid Anglada M., *El Cambio Global en el Medio Ambiente*, Alfaomega Marcombo, 1997.

Manrique José, *Energía Solar Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas*, Harla, México, 2000.

Perales Benito Tomás, *Guía del Instalador de Energías Renovables: Energía Fotovoltáica, Energía Térmica, Energía Eólica y Climatización*, Limusa, México, 2006.

Riggs L. James, *Ingeniería Económica*, Alfaomega, España, 2002.

Rincón Mejía Eduardo, *Estado del Arte de la Investigación en Energía Solar en México*, Fundación ICA, México, 1999.

Serra Florensa Rafael, Coch Roura Helena, *Arquitectura y Energía Natural*, Alfaomega, México, 2005.

Sociedad para el Desarrollo de Andalucía, European Comision, Energie, *Instalaciones Solares Térmicas y Fotovoltáicas Integradas en la Edificación*, España, 2001

Sociedad para el Desarrollo de Andalucía, European Comision, Energie, *Integración Arquitectónica de Instalaciones de Energía Solar Térmica*, España, 2003

Sociedad para el Desarrollo de Andalucía, European Comision, Energie, *Integración de la Energía Solar en el Urbanismo*, España, 2000

Smith William, *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Mc Graw Hill, México, 2006.

Taylor George, *Ingeniería Económica*, Limusa, México, 2000.

Termicol, *Manual Técnico de Captadores y Equipos Solares Térmicos*, Termicol, España, 2005.