

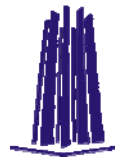
# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.



## La Arquitectura Solar en México.

Consideraciones tecnológicas para su enseñanza en instituciones de educación superior.

Carlos Eduardo Romo Zamudio.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



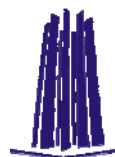
**La Arquitectura Solar en México.  
Consideraciones tecnológicas para su enseñanza en instituciones de educación superior.**

**T E S I S**

Que para obtener el grado de Maestro en Arquitectura presenta:

**Carlos Eduardo Romo Zamudio.**

**Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
Campo de Conocimiento: Tecnología.**



**JURADO.**

Director de Tesis.  
**Arq. Hector A. Ferreiro León.**

Sinodales.

**Mtro. En Arq. Francisco Reyna Gómez.**  
**Dr. José Diego Morales Ramírez.**  
**Mtro. en Arq. Jorge Rangel Dávalos.**  
**Mtro. en Arq. Fidel Sánchez Baustista.**

## AGRADECIMIENTOS.

### **AL SER**

Por permitirme conocer y ser testigo de la verdad.

### **A MI FAMILIA.** (Una familia cósmica)

Por todo el apoyo y comprensión brindados y por la vida que me han otorgado. A Carl Sagan a quien considero como mi padre intelectual.

### **A LA DGEPE**

Por haberme apoyado durante los estudios de la maestría al haber sido considerado como becario.

### **A MI TUTOR.**

Por la confianza que ha tenido en mí y abrirme un mundo extraordinario; una Tierra maravillosa y unos cielos impresionantes.

### **A MIS SINODALES.**

Por las observaciones y comentarios realizados en el presente documento.

### **A TODOS MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS.**

Por compartir sus conocimientos y experiencias en las aulas y en todas las pláticas en los jardines y andadores del posgrado.

A todos mis compañeros que compartieron conmigo la gran experiencia de los estudios del posgrado.

### **A LA MÚSICA.**

Y no puedo dejar de mencionar a la música de arte, con la cual he podido tener momentos de reflexión y alegrías, momentos que me hacen pensar en la música de la vida en la Tierra y en el Universo; compositores como Ludwig van Beethoven de cuya música llevo en la sangre y que me da la energía y la fuerza para continuar el viaje de autodescubrimiento del Cosmos.

### **A LA UNAM.**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por el honor que siento de estudiar, investigar y colaborar en una Institución como ella y que ha sido reconocida como Patrimonio Cultural de la Humanidad.

### **A LOS AMIGOS.**

En especial a Concepción Fernández Mejía, por el ánimo ofrecido a pesar de las distancias en tiempo y espacio; y a pesar de las barreras sociales y laborales hemos podido mantener una grata amistad.

Y a todas aquellas personas en el campo laboral y académico que han escogido el apoyo de su servidor en el tema de consultoría, proyecto y construcción de sistemas de energía solar.

## 1. ÍNDICE.

<b>JURADO.</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>II</b>
<b>1. INDICE</b>	<b>III</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	<b>2</b>
<b>4. ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
Fuentes convencionales de energía	5
Fuentes alternativas de energía	8
Energía solar	17
<b>5. COMPORTAMIENTO TÉRMICO PASIVO DE EDIFICIOS</b>	<b>26</b>
El clima y la arquitectura	26
Elementos del clima	26
Sistema de agrupación bioclimática	27
Sistemas pasivos de climatización natural	27
La geometría solar	33
<b>6. SISTEMAS TÉRMICOS ACTIVOS.</b>	<b>40</b>
Sistemas termosifónicos.	40
Circulación directa entre colectores y el depósito de almacenamiento.	40
Circulación por termosifón.	41
Circulación forzada	41
Circulación del fluido caloportador primario por termosifón	43
Cálculo de colectores solares planos	44
Explicación del proceso	44
Observaciones	46
Balance Nacional de Energía	46
<b>7. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS</b>	<b>47</b>
Características físicas de los módulos	47
Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos	47
El sistema fotovoltaico	55
Funcionamiento del sistema fotovoltaico. Preguntas y respuestas del sistema fotovoltaico	56
Cálculo de módulos fotovoltaicos	66
<b>8. REFRIGERACIÓN SOLAR</b>	<b>69</b>
Refrigeración convencional	73
Refrigeración por absorción	74
<b>9. ACONDICIONAMIENTO SOLAR DE AIRE</b>	<b>79</b>
<b>10. COLECTORES DE MEDIA Y ALTA TEMPERATURA.</b>	<b>82</b>
Colectores concentradores	87
Aplicaciones domésticas e industriales	89

Aplicaciones recreativas	89
Tipos de colectores para piscinas	90
Características de la instalación	91
Cálculo de colectores para albercas	92
Ejemplo de cálculo	95
<b>11. ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA</b>	<b>97</b>
El ahorro de energía	97
Evaluación técnico financiera de sistemas térmico – solares	100
Estudios de rentabilidad	106
<b>12. EL PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR</b>	<b>111</b>
El terreno	111
Poligonal topográfica	113
Planos del proyecto	115
El proyecto solar	121
<b>13. NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN</b>	<b>129</b>
Observaciones a la Norma NADF 008 - AMBT 2005	130
<b>14. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA</b>	<b>131</b>
Metodología para un proyecto solar	131
Qué precio tiene una vivienda bioclimática y solar	134
Casas solares	137
Presentación de un proyecto solar térmico	145
Tipos de presupuestos solares	149
Simbología usada en instalaciones solares	150
Presentación de un proyecto fotovoltaico	153
<b>15. CASO DE ESTUDIO. CURSO EN LÍNEA EN LA FACULTAD DE ARQUITECTURA</b>	<b>157</b>
Datos de registro del curso en línea	162
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>163</b>
<b>APENDICE I EXPERIENCIAS DURANTE LA XXX SEMANA NACIONAL DE ENERGÍA SOLAR, ANES, EN VERACRUZ, VER</b>	<b>166</b>
Participación institucional en los congresos de energía solar	168
<b>GLOSARIO</b>	<b>i</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>x</b>

## 2. Introducción

---

Mi tendencia a la preservación del medio ambiente, junto con mi afición a la astronomía me ha ayudado a considerar el efecto invernadero en la Tierra y la actual tala inmoderada de árboles y bosques con seriedad, porque la Humanidad está poniendo en juego la futura habitabilidad y sustentabilidad del planeta.

Tomando como referencia un curso a distancia de Proyectista Instalador de Energía Solar desde el Centro de Estudios de la Energía Solar (Censolar), en Sevilla - España, además de haber podido tener noticia de proyectos muy interesantes en Quintana Roo, Oaxaca; Baja California, Michoacán, San Luís Potosí y Chihuahua, entre otros estados de la República; así como también a nivel internacional sobre generación de electricidad por medio de la sistemas solares alternos a media y alta temperatura, pero también se ha hecho mención de un rezago a baja temperatura, y me preguntaba ¿Quiénes son los que están más involucrados, o deberían de estarlo más en baja temperatura (colectores planos y sistemas pasivos): la respuesta es: “**los arquitectos**”, y son pocos los arquitectos que conocen o saben del tema, debido a que en los planes de estudios de Licenciatura de Arquitectura no lo consideran con carácter obligatorio ya que de las universidades e institutos del país en donde se imparte la carrera de Arquitectura el 27.75% incluyen una asignatura referente al tema (con variantes en los nombres, tal como Ecotecnias o Control del Medio Ambiente) pero de carácter selectivo, el 1.57% la define como Arquitectura Solar y también es de carácter selectivo, y el 32.98% no la aplican en los planes de estudio o no proporcionan el mapa curricular; en la Facultad de Arquitectura, UNAM se eliminó la asignatura de Tecnologías Ambientales 1 del plan de estudios 99 en donde se enseñaba la gráfica solar, o en su defecto sólo existe una asignatura conocida como Tecnologías Ambientales Avanzadas en un 1.57% de los casos en donde pocos son los estudiantes que la cursan y los temas revisados difieren mucho de lo que yo he podido aprender por mi cuenta con respecto al tema; existen casos en que la asignatura es nombrada haciendo mención a la sustentabilidad con el 21.47% de los casos o Arquitectura Bioclimática con el 14.66% de la muestra.<sup>1</sup>

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra *cuatro mil veces* más energía que la que vamos a consumir.

Es entonces racional el intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos

definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras, contaminantes o, simplemente, agotables.

Es preciso señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades de una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones y a muy diversas variaciones. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más solemos necesitar.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

Por lo tanto es necesario que las investigaciones realizadas en el campo de la energía solar a baja temperatura por parte de ingenieros y arquitectos a nivel nacional e internacional sean difundidas y aplicadas de tal manera que se logre no una necesidad obligada sino una demanda causada por el interés de una comunidad de estudiantes de arquitectura a nivel de licenciatura para que los proyectos planteados por ellos en la academia relacionados con las ecotecnologías, en donde se puede considerar la Arquitectura Bioclimática, el aprovechamiento de la energía solar pasiva y activa, el correcto manejo de los materiales y procedimientos constructivos acordes con el medio ambiente y el confort tanto interior como exterior así como también el desarrollo sustentable tengan los criterios suficientes y verídicos para que puedan ser considerados como tal; de igual manera será necesaria de manera pronta, la aplicación en las obras de arquitectura que se están desarrollando en el campo profesional. En ambos campos busco crear una conciencia entre los arquitectos e ingenieros, así como en el resto de las personas involucradas en el campo del diseño y la construcción de que nuestra profesión puede ofrecer una valiosísima aportación en miras del mejoramiento del medio ambiente y clima global para que la estancia del Ser Humano sobre la Tierra tenga una presencia esencial y respetuosa con la Naturaleza y con el proceso evolutivo de nuestras sociedades, y de nuestra especie y de esta manera podamos, toda la especie humana, en un momento dado, reconocer que formamos parte de un solo planeta, un planeta que es un organismo vivo el cual se ha alterado con el uso indiscriminado de combustibles fósiles y la demanda cada vez más creciente de recursos energéticos, siendo así, “...un organismo en guerra consigo mismo está condenado, somos un solo planeta”<sup>2</sup>. Es nuestro deber preservarlo para que las futuras generaciones continúen

---

<sup>1</sup> FUENTE: Romo Zamudio Carlos Eduardo. “Asignaturas en universidades.xls” archivo elaborado en taller de investigación I. Octubre de 2005.

---

<sup>2</sup> Sagan, Carl. “Cosmos”. Una evolución cósmica de quince mil millones de años que ha transformado la materia en vida y conciencia. 1ª. edición. Editorial Planeta. Barcelona 1980. 365 pp. ill.

nuestra labor; en palabras de Luís Donaldo Colosio: “Heredamos un planeta de nuestros abuelos que pertenece a nuestros nietos”, siendo ésta otra definición de sustentabilidad.

Para el presente estudio es necesario comprender el movimiento aparente del Sol para su óptimo aprovechamiento en sistemas alternos de energía, al momento de elaborar un proyecto y que represente un beneficio al usuario final una obra arquitectónica, fomentando así una cultura de eficiencia energética; esto nos permitirá profundizar en sistemas alternos de energía, principalmente energía solar, para su aplicación en el diseño arquitectónico; en aplicaciones de energía solar pasiva y activa para su consideración en cuanto a la disminución de las demandas de energía convencional requeridas por la tecnología actual. Es necesario aprender procesos termodinámicos aplicables al mejoramiento en el rendimiento energético de la arquitectura de nuestro tiempo.

Se establecerá un comparativo de costo-beneficio entre fuentes convencionales y alternas de energía como medio de convencimiento de los arquitectos proyectistas, constructores y usuarios finales de tal manera que centren su mirada en los sistemas alternos, se fomentará por una cultura de eficiencia energética en los proyectos y edificios que se proyectan y construyen en la actualidad para contrarrestar el cambio climático global y disminuir a mediano plazo los subsecuentes “desastres naturales” y finalmente se evaluará el comportamiento de las instalaciones de los edificios relacionadas con el uso o empleo de fuentes de energías convencionales y alternas como punto de partida para llevar a cabo primero la hibridación de los sistemas y a largo plazo la transición definitiva a los sistemas alternos de energía.

Con estos temas y los conocimientos adquiridos y profundizados se llevarán a cabo pláticas, ponencias, conferencias y cursos en donde exponga lo aprendido haciendo hincapié en las ventajas de esta manera de ver la arquitectura y de la urgente necesidad de su consideración y aplicación, así como también se aclararían los inconvenientes que a las personas se les podrían presentar al considerar un sistema alternativo de energía.

Es notable la falta de interés debido al desconocimiento de estos avances tecnológicos por parte de los arquitectos proyectistas, por lo que se hace necesario enseñar los estudios recientes de la energía solar, de forma comprensibles por el estudiante de arquitectura a nivel de licenciatura, desde los primeros semestres en donde se realizará un estudio del contenido de la currícula en este campo, hasta los proyectos de tesis, ésto como reflejo de una necesidad en el campo profesional en donde de la mano de ingenieros dedicados también al cálculo, proyecto, construcción y

administración de sistemas alternos de energía, las nuevas construcciones públicas y privadas tengan ya en consideración esta fuente alterna de energía como apoyo a los combustibles fósiles y como una manera de combatir el cambio climático global. A mediano y largo plazo se deberá considerar la implementación de los sistemas y de los estudios de administración de energía de cada proyecto divulgándose a través de alumnos interesados en el tema en los seminarios de Titulación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México buscando siempre involucrar al estudiante desde el inicio de su tema de titulación en cuestiones de ecotecnologías ya que los conceptos de arquitectura bioclimática y solar se deben estudiar desde el principio en cortes generales y por fachada; para ello es necesario que desde el principio del semestre se haga una presentación ante los alumnos sobre esta tecnología para que surja en ellos la inquietud, la necesidad y el interés.

La necesidad de contar con una normativa y reglamentación perfectamente soportada para exigir a las construcciones existentes y a las obras por construir la consideración de un sistema alternativo de energía para poder otorgar las licencias de construcción.

### **3. Marco Teórico.**

---

Con criterios apoyados por la Energía Solar la concepción del espacio proyectado será totalmente diferente a lo que están los arquitectos acostumbrados a diseñar.

La tendencia de la Arquitectura de nuestro tiempo y del futuro está centrada en el uso obligado del Sol por medio de dispositivos conocidos como colectores planos, fotoceldas, materiales y procedimientos constructivos definidos por criterios bioclimáticos, para su captación y aprovechamiento como principal fuente de energía y así disminuir el deterioro ambiental, reducir el creciente efecto invernadero sobre la Tierra y el calentamiento global, por ejemplo a nivel mundial se están realizando investigaciones y desarrollo fotovoltaico en España, diseño de una instalación para una importante industria alimentaria en las cercanías de Hyderabad (India) mediante 1280 colectores planos, proyecto de la Universidad de Delaware, Estados Unidos para aumentar muy significativamente el actual rendimiento de las células fotovoltaicas. El programa dispone de un presupuesto de 53 millones de dólares, estando financiado por la Agencia de Proyectos Avanzados de Investigación del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, y tendrá una duración de 50 meses, Conferencias sobre cocinas y procesamiento de alimentos de “el Mundo Solar” en Varese, Italia, entre otras actividades que se están llevando a cabo en la actualidad.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> <http://www.censolar.es/menu9.htm>



Si las perspectivas de la especie humana son viajar a otros planetas, éstos deberán tener las condiciones propicias para la vida humana pero si los planetas explorados carecen de dichas condiciones, entonces tendrían que hacerse habitables; he aquí un reto para la humanidad ya que hasta la fecha se ha convertido a nuestro único hogar en el Universo en un mundo inhabitable, primero deberemos de garantizar la vida en la Tierra para después explorar otros mundos y convertir a los Seres Humanos en una especie interplanetaria.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

Para su aplicación e integración en proyectos arquitectónicos, los sistemas de captación y almacenamiento de energía solar es necesario su difusión y consideración en los planes de estudio en las instituciones de educación superior que imparten la carrera de Arquitectura, así también en el campo profesional en donde requiere ya la reglamentación y normalización de los sistemas, en donde debe haber una correcta formulación de las normas y de su consecuente interpretación y aplicación por parte de despachos de profesionistas, autoridades, unidades verificadoras, entre otras entidades.

Por medio de una revisión general de las fuentes convencionales de energía que existen en la actualidad y que sustentan la economía de los países así como el futuro de las mismas se da paso al planteamiento de uso y aplicación de los sistemas de aprovechamiento de energía solar en proyectos arquitectónicos sistemas que pueden englobarse en las siguientes modalidades:

- Comportamiento térmico pasivo de edificios.
- Sistemas térmicos activos.
- Sistemas fotovoltaicos.
- Ciclos termodinámicos.
- Acondicionamiento solar de aire.
- Evaluación y balance energético.
- Integración con el proyecto arquitectónico.
- Estudio de las circunstancias históricas de la necesidad de aprovechar la energía solar.

El día 7 de abril de 2006 fue emitida en la gaceta oficial del Distrito Federal la Norma Ambiental NADF-008-AMBT-2005 que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías en donde se menciona el cambio climático global producido por el creciente consumo de combustibles fósiles, el incremento del nivel medio del

mar, los cambios en los patrones climáticos con consecuencias catastróficas para el planeta.

Una vez leída y revisada la citada norma puedo indicar que en ella solo se revisa el cálculo de la demanda de energía en los edificios a los cuales está enfocada la norma, pero no se mencionan las secuencias de cálculo de la superficie colectora necesaria para el correcto aprovechamiento de la energía solar así como de las características y especificaciones de los equipos requeridos para tal fin, siendo en todo caso la consulta necesaria a los creadores de la norma o a la gente especializada en el área para su correcta aplicación.

Para que la norma sea aplicable con todo rigor será necesaria la capacitación de las autoridades, directores responsables de obra, corresponsables de instalaciones, unidades verificadoras para que cuenten con el conocimiento y criterio suficiente referente a la norma, y por supuesto, se hace urgente la transmisión de la información a las nuevas generaciones de arquitectos que están en formación en las universidades e instituciones de educación superior.

Y aunque la mayoría de las normas se aplican a construcciones nuevas, es preferible que este tipo de normativa sea también aplicable a construcciones nuevas y existentes también ya que las construcciones representan el 48% de la demanda actual de energía<sup>4</sup> y de estas el 21% corresponde a edificios residenciales y el 28% a edificaciones comerciales, por lo tanto es necesario establecer entre los arquitectos las medidas necesarias para reducir estas demandas y también para reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Las edificaciones producirán energía para su propio consumo o incluso para uso urbano, esta energía es obtenida a través de los recursos que nos proporciona el ecosistema Tierra: principalmente la energía solar y la energía eólica, entre otras fuentes alternas.

El uso de la energía solar en la Arquitectura, como en otras disciplinas acarrea una crisis económica ya que las fuerzas políticas y económicas del país están enfocadas en los combustibles fósiles.

El incremento en los precios del gas LP y la introducción de redes de gas natural trajo como consecuencia el descontento de la población por las altas tarifas que tienen que pagar, esto por no tener el conocimiento de fuentes alternas de energía, limpias y seguras tal como la energía solar que permite reducir los consumos de combustibles fósiles hasta en un 70%.

---

<sup>4</sup> Edward Mazria. Revista Metrópolis. Dato proporcionado por el Arq. José Piccioto durante el 1er Congreso Internacional de Arquitectura con Alta Tecnología Bioclimática y Diseño Sustentable. Facultad de Arquitectura. UNAM. Marzo 2006

Al considerar las fuentes alternas de energía, especialmente la energía solar, e integrarla en el proceso de diseño arquitectónico, la concepción del espacio cambia en función de una necesidad energética y deja de ser sólo un gusto formal o estilístico.

Se busca en todo momento que estas ideas sean llevadas a la práctica por otras personas bajo mi propia dirección, ya sea desde el campo de la enseñanza a nivel licenciatura, como en el campo profesional. Ideas que son integradas en un diplomado en línea (por Internet) sobre el tema de la arquitectura solar para permitir una mayor difusión y divulgación del tema investigado.

El trabajo está enfocado en la enseñanza y formación de los futuros arquitectos quienes deberán tener presente, a raíz del cambio climático, la urgente necesidad de reducir las demandas de energía de los edificios, ya sea desde el proceso de obra, como durante su tiempo de vida útil.

Con el criterio de ahorro energético en los edificios, en lo personal he podido considerar a la Arquitectura como ciencia, o para ser más específico, como una ciencia aplicada. Un proyecto arquitectónico no solo es el resultado de teorías artísticas, sino también de las investigaciones científicas y tecnológicas, como lo es el campo de la energía solar.

## 4. Antecedentes

---

Después de haber visto el capítulo 4 titulado “Cielo e Infierno” de la serie de televisión “Cosmos” de Carl Sagan, él comenta cuatro puntos para reducir el deterioro del medio ambiente global, entre ellos la reforestación a gran escala, uso más eficiente de combustibles fósiles, Investigación, uso y aplicación de fuentes de energía alternas, principalmente la energía solar y lograr que los países pobres sean autosuficientes.

Siendo así yo aquí agrego la urgente necesidad de crear una conciencia entre la población por la preservación y conservación de los árboles así como también de los recursos energéticos del planeta tanto convencionales como no convencionales, en especial éstos últimos y como consecuencia se incrementaría el interés por las aplicaciones de las fuentes alternas de energía en todos los sectores de la población tanto para uso residencial como para uso doméstico; esa conciencia debe de forzarse desde los estudios de todos los profesionales involucrados: arquitectos, ingenieros, abogados, inclusive médicos, entre otros.

Por lo tanto me preguntaba si lo que estaba viendo era visto o entendido por otras personas, después me dijeron que con el hecho de haberlo visto entre mi familia era

suficiente, pero a dos o tres personas es difícil que la gente los escuche, de ahí que me fijé la tarea de divulgar estos conocimientos que había adquirido y que hasta la fecha continúo enriqueciendo.

Recientemente entre los comentarios del público durante la mesa redonda realizada al concluir el Ier. Congreso Internacional de Arquitectura con Alta Tecnología Bioclimática y Diseño Sustentable en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México del 27 de febrero al 3 de marzo de 2006 se mostró la inquietud de alumnos y profesionistas en diversas áreas acerca de la posibilidad de conocer más sobre los temas tratados durante el congreso y preguntaron si existía alguna asignatura en la licenciatura de la Facultad de Arquitectura que permitiese esta difusión y extensión del conocimiento.

Una inquietud y además una necesidad de parte de la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED) de la Universidad Nacional Autónoma de México a la División de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura es la creación de un curso a distancia en “línea”, el cual he sido invitado a estructurarlo e impartirlo con el tema tratado en la presente investigación: enseñanza de la arquitectura solar, empleando para ello la tecnología actual en cuanto a la transmisión y difusión del conocimiento como es la Internet, el correo electrónico e inclusive la videoconferencia.

### 4.1 Fuentes convencionales de energía.

#### Los combustibles fósiles

##### EL PETROLEO.

El nivel de vida exige enormes cantidades de petróleo en la actualidad. No sólo se utiliza para extraer energía, sino también para fabricar plásticos, alimentos, fibras textiles, calzado, medicinas y muchas otras cosas esenciales. Norteamérica subsiste dependiendo de una economía petrolera.

La escasez de productos derivados del petróleo es ya manifiesta, el costo del petróleo importado fue más de 32 mil millones de dólares en 1977, cifra que aumentará cada año. Estas enormes importaciones están agotando rápidamente los recursos financieros y transfiriéndolos a los países exportadores de petróleo. Se está creando un déficit muy grave en la balanza de pagos.

Se poseen fuentes nacionales de combustibles fósiles que se pueden explotar, con tiempo y dinero, para aliviar las importaciones de petróleo. Por desgracia, el tiempo hay que contarlo en décadas y el dinero en decenas de miles de millones de dólares. Al final de cuentas, el precio

de la energía proveniente de esas fuentes será igual a dos o tres veces los precios actuales.<sup>5</sup>

**Tabla 4-1. Fuentes y usos del petróleo**

Fuente	Uso
Importado.	Productos petroquímicos.
Nacional.	Combustóleos residuales.
Extracción secundaria.	Combustóleos destilado
Extracción terciaria.	Petróleo Gasolina.
Esquistos bituminosos.	Diesel.
Arenas alquitranadas.	JP-5

Actualmente el petróleo crudo que se importa asciende a más de tres mil millones de barriles anuales. La producción de los pozos nacionales asciende a poco más de tres mil millones de barriles. Las reservas nacionales, es decir, el petróleo que “comprobablemente se puede extraer”, son en la actualidad de 35.3 mil millones de barriles, o sea, abastecimiento para 5.8 años si se suspenden las importaciones y exportaciones.

Estas reservas son recuperables mediante métodos primarios y secundarios. Con los métodos primarios de extracción, el petróleo brota debido a su propia presión o bombeándolo; con los métodos secundarios, el campo petrolero se inunda con agua o con gas para impulsar el petróleo hasta la superficie.

Las “reservas finales”, el petróleo que se puede extraer mediante tecnologías actuales y nuevas, fluctúan entre 200 y 400 mil millones de barriles, suministro que duraría entre 33 y 66 años.

La extracción terciaria es una de las tecnologías para extraer algunas de esas reservas finales. Este método incluye técnicas tales como la inyección de una carga de solvente al campo petrolero, desde pozos laterales. Esto permite extraer el petróleo que queda después de aplicarse los métodos primario y secundario. El solvente arrastra el remanente hasta un pozo central de extracción para ser bombeado. Con los métodos terciarios sería posible extraer entre 50 y 60 mil millones de barriles.

La extracción del petróleo que contiene los esquistos bituminosos constituye otra nueva tecnología. La roca que contiene petróleo se encuentra en cantidades enormes en

dos estados occidentales. Es necesario extraerla y luego destilarla (por medio de calor) para hacer salir el petróleo. De los esquistos bituminosos se podrían extraer hasta 180 mil millones de barriles.

Una tercera fuente de petróleo la constituyen las arenas alquitranadas. Existen depósitos de estas arenas en Estados Unidos, Canadá y América del Sur. Se pueden seguir varios procesos para extraer el petróleo de la arena. Se estima que sería posible extraer hasta 16 mil millones de barriles de los depósitos existentes en Estados Unidos, y bastante más de 300 mil millones de barriles de los depósitos canadienses. Estos últimos no entran en la estimación de las reservas finales norteamericanas.

El petróleo que contienen todas estas fuentes resulta muy costoso. El precio inicial es de casi 12 dólares por barril y sube a más del doble de esa cantidad (en 1992 cuando el precio normal era de 7.00 dólares por barril, es decir, un incremento del 91.29%); hoy en día el petróleo cuesta normalmente, en promedio 13.39 dólares por barril, así que el precio de el petróleo de la extracción terciaria subiría de \$22.95 USD hasta 45.91 dólares por barril.

Estos precios podrán ser aceptables para cuando sea posible una producción sustancial a partir de las nuevas fuentes.<sup>6</sup>

**EL GAS NATURAL.**

El gas se puede obtener en las fuentes nacionales. El gas natural en estado líquido (LNG) se importa del extranjero en transportadores criogénicos (ultrafríos), mientras que el gas natural sintéticos (SNG) se puede fabricar gasificando el carbón. El LNG no resuelve el problema económico: Hace aumentar la dependencia en las importaciones. No se están construyendo plantas para producir SNG, y de todos modos su construcción requerirá muchos años. Por otra parte hay objeciones de tipo ambiental a la apertura de las grandes minas de carbón necesarias para alimentar las plantas.

**EL GAS NATURAL**

FUENTES	USOS
Fuentes nacionales	Petroquímico
Fuentes Extranjeras. (GNL)	Calefacción.
Gasificación del Carbón.	Producción de electricidad.

**Tabla 4-2. El gas natural.**

Los Estados Unidos cuentan actualmente con 250 billones de pies cúbicos de gas natural (» 7 billones de m<sup>3</sup>), que se están consumiendo con rapidez. Solo quedan reservas comprobadas para 11.5 años aproximadamente.

<sup>5</sup> Selecciones del Reader’s Digest “**Inventos que cambiaron el mundo**” El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ill.

<sup>6</sup> Selecciones del Reader’s Digest “**Inventos que cambiaron el mundo**” El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ill.

Se estima que las reservas finales serían suficientes para satisfacer entre 40 y 80 años de uso continuo.

#### EL CARBÓN.

El carbón es el combustible fósil más abundante. Es posible procesar el carbón para diversos usos finales. Tradicionalmente, el carbón se ha extraído de las minas para luego quemarlo. Al quemarse produce calor y también vapor para generar electricidad. Las más nuevas tecnologías implican su gasificación y licuefacción.

La gasificación del carbón produce SNG, (Gas natural sintético). Se puede aplicar también en la producción de coque para los altos hornos y en la producción de productos petroquímicos.

La gasificación del carbón en un proceso complejo. Uno de los métodos que se siguen actualmente es el siguiente:

El carbón se hace reaccionar con vapor y aire para formar monóxido de carbono, hidrógeno, metano, nitrógeno, bióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno (gas con bajo rendimiento de BTU). Esto se purifica para suprimir el sulfuro de hidrógeno. El resultado es un gas con bajo rendimiento de BTU, debido a la presencia de no combustibles (nitrógeno y bióxido de carbono) se usa oxígeno en lugar de aire, no se forma nitrógeno ni bióxido de carbono. Se fabrica un gas con rendimiento medio de BTU, el cual se puede pasar por un catalizador de níquel para producir metano y agua, o SNG (gas con alto rendimiento de BTU, cuya calidad es comparable a la del que se transporta por gasoducto).

El proceso de licuefacción del carbón es también complejo. El gas del carbón se convierte en una variedad de productos finales propios del petróleo líquido. Esos productos son iguales a los que se refinan del petróleo crudo natural. El proceso de fabricación de este crudo sintético, o Syncrude, requiere muchos más años y dólares para llevarlo a cabo a su completo desarrollo. Una planta de Syncrude costará entre 250 millones y mil millones de dólares, y se espera que el producto cueste alrededor de 28 ó 29 dólares el barril (dato de 1992) entre 53 y 55 dólares el barril en la actualidad. Pese a los costos, se prevé que el Syncrude se convertirá en una fuente principal de combustible para el año 2,000. La disponibilidad de materia prima (el carbón) es demasiado grande para ignorarla. También se conoce ya la tecnología necesaria y se encuentra disponible.

#### PLANTAS HIDROELECTRICAS.

La primera central eléctrica productora de electricidad para consumo público se instaló en el curso del río Wey, en Surrey (Inglaterra). En el año de 1881, La energía hidráulica se había utilizado desde hacía mucho tiempo para moler grano en molinos de agua y como fuerza

motriz en las fábricas. El desarrollo de eficaces turbinas hidráulicas mejoró notablemente su rendimiento. En la central hidroeléctrica, la fuerza ejercida por el agua al caer sobre las palas de una turbina hace girar el generador al que va acoplada, produciendo así electricidad.

Donde se disponga de suficiente caudal de agua, la energía hidroeléctrica es la forma más adecuada de generar electricidad, pues ofrece gran seguridad, una rápida respuesta a las oscilaciones de la demanda y un costo de combustible nulo.

La primera central hidroeléctrica importante se construyó en 1895 en las cataratas del Niagara (Estado de Nueva York), una pequeña parte del agua que se precipitaba por las cataratas se desviaba para accionar las turbinas; en 1895, la Niagara Falla Power Company disponía de dos turbinas de 5,500 CV cada una.

Las centrales modernas están invariablemente unidas a una presa que permite acumular el agua y paliar las variaciones estacionales del caudal. El agua contenida en la presa se canaliza hacia las turbinas a través de conductos descendentes. Cuanto mayor sea el desnivel, mayor será la capacidad.

Las turbinas están equipadas con reguladores para evitar el incontrolado aumento de la velocidad si la carga se reduce repentinamente, como en el caso de un corte de energía eléctrica. Al quedar desacoplados, los generadores dejarían de ejercer el efecto de frenado de las turbinas.

Las centrales hidroeléctricas pueden utilizarse para almacenar electricidad generada por centrales convencionales. En un sistema de "almacenaje por bombeo" generadores de bajo costo accionados por vapor, que pueden dejar de funcionar en períodos de baja demanda -durante la noche, por ejemplo, se utilizan para bombear agua a un embalse. Cuando la demanda eléctrica aumenta durante el día, se deja que el agua vuelva a descender para impulsar las turbinas eléctricas.<sup>7</sup>

"Alrededor de un tercio de la energía solar que llega a la Tierra se encarga de una tarea gigantesca y de enormes consecuencias para el hombre. Cada año evapora y eleva unos 400,000 kilómetros cúbicos de agua de mares, ríos, lagos y corrientes. Por ejemplo, el mar Mediterráneo pierde más agua por evaporación que la que le dan sus tributarios, por lo que del océano Atlántico le llega una enorme corriente para suplir el faltante. La mayoría de esa humedad cae al mar, pero un tercio cae en la Tierra como lluvia, nieve cellisca, granizo y rocío; con ella se forman las corrientes y glaciares que moldean la Tierra y son una fuente de energía. La fuerza del agua en movimiento es

<sup>7</sup> Selecciones del Reader's Digest "Inventos que cambiaron el mundo" El genio práctico del hombre a través de los tiempos. 1a. Edición. México 1983. 368 pp. ills.

tal, que se calcula que unos 3,000 millones de toneladas anuales de piedras y tierra van a dar al mar por los ríos. La fuerza hidroeléctrica da un quinto e la electricidad consumida en Estados Unidos, aunque solo se aprovecha el 30% de ella. Los Alpes, los fiordos de Noruega y otras regiones muestran el poder de abrasión de los glaciares, las cicatrices dejadas en la superficie de la Tierra por la acción severísima de las glaciaciones son las bellas vistas que hoy gozamos.”<sup>8</sup>

Todos los ríos del sur del país se han ocupado para la generación de energía eléctrica, con excepción del Río Usumacinta; casos semejantes ocurren en Norteamérica y Sudamérica.

La presa Itaipú en Brasil-Paraguay tiene varios kilómetros de largo y una altura igual a la de un edificio de 50 pisos (206 m). La presa más grande del mundo se está construyendo en el río Yang-Tsé Kiang para generar 12,000 MW. Con dos plantas de este tipo se podrían satisfacer las necesidades eléctricas de toda la República Mexicana.

La presa Assuán en Egipto controla el Río Nilo, ya no inunda las cosechas, así que podemos decir que existe una contaminación visual afectando el paisaje, en donde se ha perdido la belleza del mundo natural aunque las plantas hidroeléctricas no contaminen, debido a que la domesticación del agua modifica el ambiente.

A la falta de ríos jóvenes en el mundo, por su total ocupación, por la contaminación, por la edad y las condiciones geográficas, las plantas hidroeléctricas tienden a desaparecer.

En México las plantas hidroeléctricas generan el 30% de la energía eléctrica que se consume en el país.<sup>9</sup>

El hombre comenzó a construir presas en los valles de los ríos de oriente medio, la más antigua que se conoce se construyó para evitar inundaciones unos 3,000 años antes de J.C., para regular las crecidas estacionales de las aguas. La primera presa conocida sobre el valle del río Garawi, en Egipto, medía unos 100 m. de longitud y se construyó de tierra con muros de mampostería. Casi todas las presas primitivas eran de tierra prensada. El historiador bizantino Procopio menciona en sus escritos, en el año 560, la presa de Daras, situada en la frontera persa. Señala que Crises, uno de los ingenieros del emperador Justiniano, la construyó de mampostería, con ambos extremos encajados en las escarpaduras laterales y con forma arqueada en el

paramento aguas arriba. Este es el principio en el que se basan las presas modernas: Un arco (en este caso con apoyo lateral), cuyas fuerzas las absorbe el terreno en los extremos de la estructura.

Hacia el siglo XVI se construyeron en España presas de mampostería de grandes dimensiones; la mayor fue la de Tibi, construida en 1594, para regar la huerta de Alicante. Mide 41 metros de altura y todavía funciona.

A mediados del siglo XIX, creció el número de presas como medio de garantizar el suministro de agua a las ciudades. Se preferían las obras de mampostería o concreto, ya que algunas presas de piedra habían reventado. El ingeniero francés F. Delocre recomendó que, cuando fuera posible, la curva de la presa debería orientarse aguas arriba como un arco horizontal, ofreciendo la máxima resistencia. La primera presa moderna de este tipo fue la de Zola, terminada en 1859 cerca de Aix-en-Provence (Francia).

Las aguas embalsadas en las presas pueden impulsar generadores eléctricos, a la vez que riegan terrenos de cultivo y garantizan el abastecimiento de agua. Por ejemplo, la presa de Kariba, en el río Zambeze, es esencial para la mayoría de la industria de Zimbabue y para el cinturón de cobre de Zambia. La presa de Assuán resulta igualmente vital para la economía egipcia. Con los avances en el estudio de las características geológicas del terreno y la ingeniería civil se está favoreciendo en la actualidad la construcción de grandes presas de Tierra.

La de Assuán, de 120 metros de altura y casi 5 kilómetros de longitud, es en realidad una montaña fabricada por el hombre que contiene unos 80 millones de toneladas de roca y arena. La presa se terminó en 1970 y forma un vasto lago artificial. De este modo la presa de tierra regresó al país que la había inventado.<sup>10</sup>

En 1971, los Estados Unidos generaron alrededor de 491 millones de KW de electricidad en 1,176 plantas hidroeléctricas. Esto significa 1.7 Quads<sup>11</sup> de energía aproximadamente. Durante el período comprendido entre 1950 y 1971, la capacidad aumentó a razón del 6% anual.

El Noroeste del Pacífico contiene el 57% de este potencial y cualquier capacidad generadora adicional tendrá que compartir el agua con los proyectos de irrigación, las pesquerías y el control de inundaciones. La experiencia de los últimos años indica que la construcción de presas adicionales será objetada fuertemente por los defensores del medio. Por otra parte, muchas de las mejores ubicaciones han desaparecido. Un ejemplo típico

<sup>8</sup> Wilson, Mitchell., el. al. “Energía” Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ills. Colección científica de Time Life.

<sup>9</sup> Apuntes de la clase de Tecnologías Ambientales Avanzadas. del Arq. Simón Bali Babani durante el período 97-98 en la Facultad de Arquitectura. UNAM.

<sup>10</sup> Op cit 4.

<sup>11</sup> QUAD = 1,000,000,000,000 BTU (EUA) = Un cuatrillón de BTU = 7,500 millones de galones de petróleo (221,172,619.5 barriles de petróleo) = 46 millones de toneladas de carbón.

es el río Columbia. Este río desciende 1290 pie (393.45 m.) en su longitud de 754 millas con excepción de 80 pie (24.40 m.), toda esa caída se está utilizando ya.

Existe un problema similar con la autoridad del valle de Tenesí (TVA). La TVA controla 48 embalses, totalmente en función, situados en la cuenca del Río Tenesí. Es la mayor productora individual de energía eléctrica en el mundo. En cuanto a las Cataratas del Niagara, están totalmente aprovechadas y la energía la comparten Canadá y los Estados Unidos.

Al igual que la fuerza Nuclear, el crecimiento adicional de la hidroeléctrica se enfrenta a los problemas legales de construcción planteados por los defensores del medio y los irrigacionistas. Las demoras serán a menudo largas y costosas.<sup>12</sup>

#### PLANTAS TERMOELÉCTRICAS

En una planta termoeléctrica, la fuerza que mueve las turbinas la provee el vapor de agua, este vapor es producido al calentar el agua con millones de litros de diesel, petróleo, gas, carbón, queroseno o turbosina quemados en grandes calderas con agua para la generación de vapor que empuja los émbolos o pistones que están conectados a las turbinas y éstas a los generadores. A semejanza de las maquinarias de los ferrocarriles antiguos a vapor que usaban el sistema de biela cigüeñal.

En estas plantas se genera el 60% de la energía eléctrica que se consume en el país y es altamente contaminante. Las chimeneas de las plantas termoeléctricas tienen hasta 80 metros de altura; alrededor de las plantas termoeléctricas existe mucha contaminación y el paisaje semeja a una erupción volcánica reciente (Algo parecido a lo que ocurrió en 1997 con la expulsión de cenizas por el volcán Popocatepetl, mismas que llegaron hasta la ciudad de México).

A raíz de los años 70's (1973) los países productores de petróleo (OPEP) en el Golfo Pérsico incrementaron sus precios, con la consiguiente reacción mundial; desde entonces se empezaron a buscar nuevas fuentes de energía para contrarrestar los 24 millones de barriles que se consumían diariamente en todo el mundo. México extrae entre dos millones de barriles de petróleo diarios por lo que lo coloca en el octavo lugar de extracción petrolera a nivel mundial, siendo Arabia Saudita el país que ocupa el primer lugar en el mundo con sus 8 millones de barriles diarios de producción petrolera. Es así como las plantas termoeléctricas también tienden a desaparecer debido a la crisis energética de los años 70's y de la búsqueda de la humanidad de fuentes no convencionales de energía,

<sup>12</sup> Montgomery, Richard H.; Budnick, Jim. "Energía Solar" Selección del Equipo, instalación y aprovechamiento. 1a. edición. Editorial Limusa-Grupo Noriega. México 1992. 4-8 a 4-9 pp

también llamadas fuentes de energía alternas. Hoy el petróleo oscila en 9 dólares comparado con los 24 dólares que costaba hace 25 años.<sup>13</sup>

#### 4.2 Fuentes alternas.

##### ENERGÍA EÓLICA.

"La atmósfera de la Tierra es como una gran máquina térmica. El sol, más intenso en el Ecuador que en los polos, calienta el aire tropical y lo eleva, en tanto que el aire polar, más frío, se desplaza para remplazarlo. Este flujo se ve afectado por la rotación de la Tierra y las condiciones atmosféricas. El resultado es el viento. Estas fuerzas pueden crear un suave céfiro, una tormenta ártica o la furia concentrada de un tornado de 600 Km/h. Aunque impredecible y tornadizo, el viento ha sido fuente importante de energía. Por siglos ha movido los veleros, bombeado agua o molido granos. En el futuro, los molinos de viento pueden ser una fuente importante de electricidad. Hoy día. Los modernos aviones lo utilizan en el escape que sopla a 300 Km/h a 10,000 metros de altura"<sup>14</sup>

La energía del viento se puede utilizar para generar electricidad en el lugar en donde se va a usar. El problema principal es el lograr el almacenamiento y la transmisión de la energía a un precio razonable. Se dispone actualmente de equipo comercial generador movido por el viento, pero su costo es elevado. En los próximos años se resolverán varios problemas económicos y técnicos, y también está disponible el equipo avanzado; por ejemplo los generadores de eje vertical.

En determinadas áreas, la fuerza del viento se puede combinar con la hidroeléctrica. El agua bombeada por el molino hasta depósitos de almacenamiento se podría usar para generar electricidad en las horas de demanda máxima. Hay muchos lugares a propósito en el noreste, en el sureste y alrededor de los grandes lagos en los Estados Unidos.

Al igual que la energía solar, el costo de la fuerza del viento es constante y no está sujeto a inflación. Tampoco se le imponen restricciones ambientales."<sup>15</sup>

Esta energía obtenida de grandes molinos de viento conocidos como ventiladores aeróstatos, que consisten en grandes hélices de 30 metros de diámetro en postes de hasta 50 metros de altura que convierten la energía eólica en energía mecánica y ésta en energía eléctrica. Un solo ventilador genera energía suficiente para 20 casas, el inconveniente es que requiere vientos de 30 a 40 Km/h en

<sup>13</sup> Op, cit. 6

<sup>14</sup> Wilson, Mitchell., et. al. "Energía" Introducción de Glen T. Seaborg. 1a. Edición. Editorial Lito Offset Latina. México 1976. 200 pp. ill.

Colección científica de Time Life.

<sup>15</sup> Op cit 9.

grandes planicies y costas y es de muy difícil aplicación en la arquitectura; la electricidad generada se tiene que almacenar en ~2,000 acumuladores. Están provistos de un freno automático para cuando el viento sopla a más de 60 Km/h. (16.67 m/s). Su eficiencia está en proporción cúbica a la de la velocidad del viento.

En muy pocos lugares se tienen vientos veloces en la República mexicana, pero tenemos en Ixtapan de la Sal y otras regiones. En California y Europa ya se está generando electricidad con energía eólica.”<sup>16</sup>

#### BIOMASA.

La palabra Biomasa se interpreta equivocadamente; parece traer a la mente la visión de grandes cantidades de estiércol convirtiéndose en productos secundarios odoríferos. Pero el término biomasa tiene una definición más amplia. Se refiere realmente a un número muy variado de productos de desecho: papel, cartón, plástico, y desperdicios orgánicos sólidos. Se refiere también a los residuos agrícolas de las cosechas, a los sedimentos y a los desperdicios animales.

El papel, el cartón y otros desechos sólidos se pueden preparar fácilmente para ser quemados, mediante un compactador doméstico. El tiempo necesario para retirar los desperdicios no utilizables (metal, vidrio, etc.) antes de compactar es de unos cuantos minutos

Sin embargo, el uso de la biomasa en gran escala, particularmente de aquella cuya naturaleza es menos estable y conveniente, se puede lograr mejor a través de sistemas locales de recuperación. Esos sistemas pueden ya sea quemar la biomasa para producir electricidad.

La biomasa representa una fuente muy abundante de la energía disponible que se puede reprocesar a través de la economía una y otra vez. Este reciclaje puede ayudar a resolver dos problemas: la escasez de energía y la contaminación del ambiente. Existen actualmente varias plantas de biomasa, pero se necesitan muchas más. El uso de la biomasa como fuente de energía deberá adquirir mayor importancia en años futuros.

La leña.- Está generalmente disponible, si bien su costo depende de la ubicación, arde con facilidad, pero su eficiencia depende del equipo en el cual se quema, no es cómoda, no es automática y no se ajusta a las demandas de una sociedad que avanza a paso acelerado. Todo esto está cambiando con rapidez, excepto quizá por lo que respecta al precio en las áreas urbanas. Se han desarrollado calefactores combinados que queman petróleo y leña, con lo cual el empleo de esta última se vuelve automática y eficiente. Otros calefactores exclusivamente para leña, pero más eficientes, han vuelto

al mercado. Se están instalando calderas comerciales que funcionan con pedacería de madera. Para alimentarlas se están procesando los productos secundarios como ramas muertas y desperdicios de árboles. Esta tendencia continuará y la leña representará un papel en nuestra economía energética de los próximos 25 años.”<sup>17</sup>

“Pero la leña no es una buena solución energética por la tala inmoderada de árboles y bosques que ocasiona.

La biomasa surge de la materia orgánica, la mas conocida es el gas metano, aunque es muy pestilente, sale de la basura orgánica que se deja descomponer y fermentar, inclusive el excremento animal constituye un caldo de fermentación y producción del gas metano que al quemarse produce energía calorífica y esto se puede aprovechar para generar **electricidad**. En el distrito federal se producen 150,000 toneladas de basura, pero no toda es orgánica que es la que se utiliza para producir el gas metano.

El alcohol etílico proveniente de la fermentación de algunos productos como la uva y la caña de azúcar. En Brasil, al no contar con petróleo y con una gran población y un enorme territorio que México, ha podido producir alcohol en cantidades sumamente grandes que al mezclarlo con gasolina obtienen **gasohol** (mitad gasolina y mitad alcohol). México a no poder sostener la producción de caña para el alcohol prefiere producir azúcar, ron y materiales constructivos.

También se puede quemar la basura en plantas termoeléctricas pero es más contaminante que el petróleo y no es fácil como buena solución, en cambio el alcohol, al tomar la caña de azúcar y fermentarse para producirlo se puede utilizar como combustible (caña, manzana y remolacha son algunos productos que se utilizan para producir alcohol etílico). El gasohol se usa como combustible de automóviles, pero el alcohol es muy corrosivo. Posteriormente en México se añadirá un 3% de alcohol etílico como agregado a las gasolinas de PEMEX por la abundancia que se puede llegar a tener en la producción de la caña de azúcar. Esta es otra manera de obtener energía.”<sup>18</sup>

#### ENERGÍA NUCLEAR.

Hace 25 años, se esperaba que las plantas de energía nuclear generadoras de electricidad cambiarían la faz de la industria energética. Esta nueva fuente era limpia, segura y económica. La fisión nuclear vendría a ser la fuente común de energía para las plantas productoras de electricidad.

A principios de 1975, sólo 53 plantas generadoras nucleares tenían permiso para operar. Otras 180 habían

<sup>16</sup> Op cit 6.

<sup>17</sup> Op cit 9

<sup>18</sup> Op. cit 6.

sido anunciadas o estaban en construcción. Sin embargo, se han planteado algunas dudas graves respecto a los riesgos que representa la fuerza nuclear en el ambiente. Por otra parte, los costos del combustible nuclear se han ido hasta las nubes. Los defensores del consumidor y del ambiente están luchando en los tribunales, con un éxito sorprendente, contra las construcciones de nuevas plantas. Es muy difícil predecir con cuanta rapidez se podrán construir y poner en servicio las 180 ya anunciadas. Las largas demoras se han vuelto cosa común debido a las restricciones de carácter ambiental, los complejos procedimientos para obtener licencias y las limitaciones impuestas a la construcción y el suministro.

La instalación de plantas de fuerza nuclear exige la integración de un gran número de actividades complejas y muy variadas. No habiendo demoras o causa de acciones legales, la planta nuclear promedio requiere diez años para su construcción a partir de la fecha en que se otorga el permiso. Cualesquiera beneficios importantes provenientes de la energía nuclear se disfrutarán después del año 2000.”<sup>19</sup>

“La energía nuclear fue producida por primera vez por Enrico Fermi, en la Universidad de Chicago en 1942. Muchos de los físicos que trabajaron en la construcción de la primera bomba atómica vivieron obsesionados por un sentimiento de culpabilidad a causa del poder destructivo de la energía que habían contribuido a liberar. Por ello, tras la segunda guerra mundial, orientaron aliviados sus esfuerzos al desarrollo de la energía nuclear para usos pacíficos.

En 1939 el descubrimiento que hizo posible tanto la emisión controlada de energía nuclear como la bomba atómica fue anunciado por el químico alemán Otto Hahn y la física austriaca Lise Meitner. Hahn y Meitner, que habían trabajado juntos en Berlín, habían estudiado lo que sucedía cuando el elemento uranio era bombardeado con neutrones en un acelerador de partículas atómicas. Anteriores intentos de llevar a cabo el experimento por el físico italiano Enrico Fermi habían proporcionado datos confusos. Hahn dedujo que el núcleo del átomo de Uranio (el más pesado de la Naturaleza) debía escindirse en dos.

Dos factores convertían la fisión - escisión del átomo - en un hecho de máxima trascendencia. El primero, el descubierto algo más tarde por Irene Curie y Frederick Joliot en París, fue que se trataba de una reacción automantenida. Cuando un núcleo de uranio se escinde produce varios neutrones, que a su vez pueden causar la escisión de más núcleos, produciendo más neutrones sucesivamente. Bastaría disponer de suficiente uranio para que este proceso determinase una reacción en cadena acelerada.

El segundo punto crucial sobre la fisión fue que producía energía en cantidades prodigiosas. Según comprobaron, cuando un solo núcleo pesado de uranio se escindía en dos núcleos más livianos, la masa conjunta de los productos era ligeramente inferior al peso del núcleo de uranio original. En consecuencia ¿desaparecería parte de la masa? la Física demuestra que eso es imposible. Lo que sucedía era que la masa se convertía en energía según la ley formulada por Albert Einstein treinta años antes:  $E = mc^2$ , en la que  $E$  es la energía,  $m$  la masa y  $c$  la velocidad de la luz. Una fracción de masa, decía Einstein, equivalía a una inmensa cantidad de energía. La fisión nuclear le daría la razón.

El descubrimiento de la fisión hizo tambalearse el mundo de la física. En 1939 la guerra se presentaba inminente y los físicos pronto comprendieron que la fisión haría posible bombas de un poder destructivo sin precedentes.

Pero el problema distaba mucho de estar resuelto. En el uranio natural, solo una pequeña proporción, menos del 1%, es fisible. El otro 99% consiste en uranio-238, isótopo o variedad del elemento idéntico en todos los aspectos excepto en la masa de su átomo y en que no se escinde fácilmente. Los cálculos mostraron que no podría mantenerse una reacción de fisión en una masa de uranio natural por muy grande que fuera. Pero había dos posibilidades. Una era desarrollar un procedimiento para aumentar la proporción del isótopo fisible, uranio-235, procedimiento que hoy se conoce como enriquecimiento.

La segunda posibilidad, que conduciría a los primeros reactores nucleares, consistía en estimular la capacidad de los neutrones del uranio natural para causar fisiones frenándolos. Los neutrones producidos por la fisión tienen una energía muy elevada, y por tanto tienden a escapar a enorme velocidad antes de provocar nuevas fisiones. Si pudieran frenarse, sus posibilidades de alcanzar otros núcleos de uranio y obligarlos a escindirse serían mayores. Un neutrón rápido puede frenarse haciéndolo rebotar repetidamente sobre átomos de algún elemento ligero, conocido como moderador. El primer moderador que se probó fue el carbono.

Pero el avance en esta dirección no ha sido tan rápido como se esperaba. Esta energía se produjo por primera vez en 1942; mas de 40 años después, las centrales nucleares satisfacen menos del 10% de las necesidades energéticas de las principales naciones industriales. Y por ironía del destino, el desarrollo de los usos pacíficos del átomo, que comenzó como un ejemplo del idealismo humano, provoca hoy la feroz oposición de una nueva generación de idealistas.

En los años iniciales eran pocas las críticas que suscitaba la energía nuclear. Incluso en 1957, cuando uno

---

<sup>19</sup> Op cit 9.



de los reactores ingleses productores de plutonio de Windscale se incendió y ardió durante muchas horas emitiendo radiactividad, las protestas fueron escasas. En 1979, un accidente de bastante menos gravedad, ocurrido en la central de la isla de las Tres Millas, en Pennsylvania, desencadenó protestas que tardaron meses en acallarse. En Veinte años, la energía nuclear para algunas personas, de ser una esperanza pasa a convertirse en una amenaza.

Los detractores de la energía nuclear dicen que es cara, insegura, fuente potencial de contaminación y favorecedora de la diseminación del armamento nuclear. Los defensores responden al primer argumento que, en términos de costos de funcionamiento, una central nuclear resulta enormemente rentable. Pero los críticos replican que esto es cierto porque, como el problema de los residuos, no han sido estudiados adecuadamente.

Riesgos de accidente.-

Quienes postulan que las centrales nucleares son inseguras recuerdan los accidentes ocurridos, como los de Windscale en 1957 y la de la isla de Tres Millas en 1979, entre otros. Por muy estrictas que sean las medidas de seguridad y mínimas las posibilidades de un accidente catastrófico -argumentan-, ¿resultan desdeñables esos riesgos en un mundo que puede tener algún día millares de reactores nucleares en funcionamiento?

El argumento sobre la contaminación se deriva del hecho de que los productos residuales de la fisión nuclear contienen algunos isótopos radiactivos (variedades de Uranio con átomos de masa diferente) cuya actividad se apaga tan lentamente que resultarán todavía mortíferos en el año de 2681, o incluso después. Por el momento los residuos se almacenan en estado líquido en depósitos de doble pared de acero inoxidable refrigerados por tuberías interiores de agua fría. Estos depósitos tienen una vida no superior a 50 años, por lo que habrá que encontrar un método mejor de conservación.

El cuarto argumento se refiere a la proliferación de armas nucleares. Cada reactor nuclear lleva implícito, como un eco de su historia, la posibilidad de fabricar bombas. Mediante la técnica llamada de reprocesamiento puede producir plutonio, del que pueden obtenerse bombas. Si se construyen centrales nucleares por doquier -señalan los críticos- resultará posible a muchos gobiernos, incluso fanáticos disidentes o grupos terroristas, agenciarse el plutonio necesario para la producción de bombas. La respuesta de los Estados Unidos a este dilema fue abstenerse de reprocesar, declarando el producto de la misma -el plutonio- demasiado peligroso para ser objeto de comercio. Pero sin reprocesamiento no puede existir el reactor reproductor rápido, y sin este, la energía nuclear tiene sus días contados, ya que es improbable que exista suficiente uranio en el mundo para continuar

consumiéndolo en reactores convencionales al ritmo actual.

Los gobiernos europeos no han seguido la norma de Estados Unidos, por creer que supone un precio muy alto y que en cualquier caso no podrá evitar la proliferación nuclear. El problema continua, pues, sin resolverse.

Estos argumentos contra la energía nuclear han hallado multitud de simpatizantes sobre todo entre la juventud. La oposición se ha manifestado a través de partidos políticos, en las elecciones y mediante la acción directa, como la ocupación de centrales en construcción. En consecuencia, algunos países decidieron no adoptar la energía nuclear en los años setenta, pese a la crisis energética que debiera haber hecho tal opción mucho más atractiva.

En una pista de squash de la Universidad de Chicago, en 1942m Enrico Fermi (exiliado del régimen fascista italiano) apiló bloques de grafito -variedad del carbono- intercalando uranio y óxido de uranio. El uranio 235 comenzó a producir neutrones espontáneamente. En toda la superficie de la pila se habían perforado orificios para alojar barras de cadmio, metal absorbente de neutrones.

Cuando se completó la pila, Fermi extrajo las barras de cadmio una a una, reduciendo gradualmente el número de neutrones absorbidos y por tanto haciendo cada vez más fácil la fisión. A las 3:45 de la tarde del 2 de diciembre de 1942 llegó el gran momento, cuando se logró mantener la reacción en cadena. Fermi interrumpió la liberación de energía antes de que escapara de su control reponiendo las barras de cadmio, y las escasas personas que conocían el experimento supieron del éxito por telegrama en clave.

Estos trabajos de Fermi abrieron dos posibilidades; la primera era generar electricidad en una Central Eléctrica mediante la construcción de una pila mas grande que convirtiera agua en vapor, y la segunda, la mas importante en tiempos de guerra, era la obtención de Pu-239 mediante el bombardeo del U-238 con neutrones de U-235. Y como el Pu-239 era fisible, podían fabricarse con él bombas. Se abrían, pues dos caminos para la fabricación de la bomba atómica: uno era enriquecer uranio para extraer de él U-235, y el otro construir una pila, producir Pu-239 en ella y extraer éste químicamente. Con el primer proceso se produjo la bomba que destruyó Hiroshima, y con el segundo la bomba que destruyó Nagasaki.

Hasta después de la Segunda Guerra Mundial no se logró la otra posibilidad implícita en la pila atómica de Fermi; la producción de electricidad. El primer reactor - como pasaron a denominarse las pilas- que produjo electricidad se construyó en la URSS y comenzó a funcionar en junio de 1954. Empleaba grafito como moderador.

El reactor soviético se hallaba en Obninsk, a 88 km. de Moscú, y poseía una modesta potencia de 5 Megavatios, suficiente para satisfacer las necesidades de energía de una población de 6,000 habitantes. El calor producido en el núcleo del reactor se extraía haciendo pasar agua de refrigeración a elevada presión por unos conductos anexos. El agua absorbía el calor del núcleo, pero no entraba en ebullición por su elevada presión; después era conducida a unos intercambiadores de calor, donde transmitía su calor a un segundo circuito de agua a baja presión. El agua de este circuito entraba en ebullición, produciendo el vapor que impulsaba los generadores eléctricos.

En agosto de 1956, se inauguró la primera central nuclear inglesa a gran escala, construida en Calder Hall. El reactor estaba moderado por grafito y refrigerado por gas (bióxido de carbono) a presión, en lugar de agua. El combustible utilizado era uranio natural (no enriquecido) alojado en el interior de largos tubos fabricados de una aleación de magnesio denominada Magnox. Los tubos están sujetos por medio de una rejilla, que permitía que el gas circulase entre ellas para extraer el calor producido por la fisión. El gas calentado pasaba entre las calderas de agua, produciendo vapor que generaba electricidad.

Gran Bretaña optó por la refrigeración de gas debido a cierto número de razones. Una fue el temor, todavía no disipado, de que un reactor refrigerado por agua puede ser peligroso. Si el agua hierve accidentalmente en el reactor y se evapora, los elementos combustibles se verán desprovistos del refrigerante adecuado, se recalentarán y se fundirán, averiando el reactor y provocando acaso un peligroso escape radiactivo. Esto no puede suceder con el gas, ya que sea cual fuere su temperatura su estado físico no cambia; siguiendo esa lógica, Francia eligió también inicialmente reactores moderados por grafito y refrigerados por gas.

Pese al éxito del reactor refrigerado por gas, el mercado mundial ha sido dominado por un reactor diferente, diseñado en Estados Unidos, que utiliza elementos combustibles de uranio enriquecido sumergidos en agua a elevada presión. El agua actúa simultáneamente como moderador y refrigerante. Como en Obninsk, el agua a presión no alcanza el punto de ebullición, sino que pasa a través de un intercambiador de calor para producir vapor. El sistema se conoce como reactor de agua a presión.

El reactor de agua a presión, de diseño simple y relativamente compacto, extrae una enorme proporción de energía y su construcción resulta económica. El primero de su tipo destinado a la generación de energía eléctrica se construyó en Shippingport (Pennsylvania) en 1957, y desde entonces se ha convertido en el más eficaz y vendido en muchos países.

La desventaja de los reactores refrigerados por agua subsiste. Necesitan un complicado dispositivo de seguridad para proporcionar refrigeración de emergencia en el caso de que fallasen los circuitos normales de refrigeración, y estos sistemas de refrigeración urgente del núcleo han sido motivo de largas discusiones.

Todos los reactores, en el curso de su funcionamiento normal, producen el isótopo fisible plutonio-239. En un reactor cargado con una mezcla de plutonio y uranio, el plutonio se escinde, produciendo neutrones que bombardean el uranio-238, lo que a su vez produce más plutonio. En consecuencia, el reactor consume plutonio y lo fabrica al mismo tiempo. Correctamente proyectado, producirá más combustible del que consume.

Para mantener la reacción y convertir el U-238 en Pu-239 se necesitan muchos neutrones. El reactor reproductor utiliza por tanto neutrones “rápidos” - no frenados por ningún moderador-, ya que éstos al causar la fisión, producen más neutrones nuevos que con neutrones frenados.

El primer reactor reproductor rápido que generó energía eléctrica fue el Reactor Rápido de Dounreay, en Escocia, que entró en funcionamiento en 1959, y al que ha sucedido el Reactor Rápido Prototipo, con una potencia de 250 megavatios. Igual acontece con el prototipo francés, Phoenix, situado en Marcoule, junto al Ródano, cuya producción hace frente al consumo energético de una ciudad de 300,000 habitantes. El Superphénix quedó terminado cerca de Lyon en 1984.

Los reactores reproductores rápidos poseen una ventaja capital. Su capacidad de convertir U-238 -que de otra forma se desperdiciaría- en Pu-239 fisible a gran velocidad supone que de las reservas mundiales de uranio podrá extraerse de 50 a 60 veces más energía”<sup>1</sup>

#### ENERGÍA GEOTÉRMICA.

“Desde 1904, en Lardarello, Toscana, los ingenieros italianos hallaron un modo de producir electricidad barata que es una promesa de energía para el futuro. Su fuente es el vapor formado muy en lo hondo por el calor terrestre, que surge por pozos perforados especialmente y que se envía a generadores de turbina. Hoy día, los generadores de vapor de Lardarello producen dos mil millones de kilovatios hora al año, bastante para operar casi todo el sistema férreo del país.

El vapor terrestre sirve para otras cosas. Así, en Islandia, calienta las casas. En Kenya incuba pollos, en Nueva Zelanda y California es fuente de energía eléctrica. Son caras estas generadoras, pero lo que ahorran en

combustible hace que su electricidad sea más barata que la de otras generadoras.

Los chorros de vapor se originan debido a las filtraciones de agua por entre las fisuras volcánicas, se envía mediante tuberías a las generadoras de turbina y luego a torres de condensación donde se recogen sustancias químicas valiosas”<sup>20</sup>

“Una de las principales fuentes de calor de que dispone el hombre es la Tierra misma. En su núcleo en fusión y en la corteza sólida que le rodea -con un espesor entre 30 y 40 kilómetros- almacena calor a temperaturas de hasta 5,000 °C.

El primer intento de aprovechar este calor para generar electricidad se realizó en 1904 en la localidad Toscana de Lardarello (Italia), donde se instaló la primera central geotérmica del mundo. Allí, el vapor que emerge a través de unas hendiduras del suelo a temperaturas entre 140 y 260°C puede canalizarse directamente a unas turbinas de vapor. Sin embargo, como arrastra enormes cantidades de sustancias químicas que corroerían las turbinas, se ha optado por pasar el vapor geotérmico a través de un intercambiador de calor, donde hace hervir agua pura y proporciona vapor limpio a las turbinas.

Puede emplearse una disposición parecida si es agua caliente y no vapor lo que surge del suelo. Cuando no fluyen agua ni vapor pueden practicarse orificios en el suelo para extraer el calor de la roca caliente bombeando agua en su interior.

Los primeros orificios piloto comenzaron a practicarse en la meseta de Jemez, en Nuevo México (Estados Unidos), en 1974, con buenos resultados. La cantidad de energía que se puede obtener del calor del subsuelo es prodigiosa siempre que no surjan dificultades. La capa de rocas calientes se extiende por todo el globo terráqueo a profundidades diferentes, y en la actualidad se están haciendo experimentos para aprovecharla en diversos países.”<sup>21</sup>

“La energía geotérmica, o sea el calor almacenado en la Tierra, no tiene valor práctico en la mayoría de los lugares. No obstante, existen áreas de actividad térmica muy localizadas, distribuidas por todo el globo. Hay varios tipos de recursos geotérmicos, de valor diverso. El más atractivo es el *yacimiento dominado por vapor*, de los cuales se conocen únicamente seis en el mundo, uno de ellos en Estados Unidos: *The Geysers*, California. Estos yacimientos contienen vapor sobrecalentado que se puede alimentar directamente a las turbinas para generar electricidad.

En The Geysers ha estado operando una planta durante cierto tiempo con bastante éxito, y se ha proyectado una instalación mayor. Los costos son comparables a los de otras plantas movidas por vapor.

Otro recurso geotérmico es el *yacimiento dominado por líquido*. La mayoría de los yacimientos geotérmicos del mundo son de este tipo. El yacimiento contiene una mezcla de agua caliente (o salmuera) y vapor. Se puede utilizar de dos maneras: el proceso directo y el proceso binario. En el proceso directo, el vapor es separado del agua o la salmuera y se envía a la turbina para que realice trabajo mecánico. En el proceso binario, el agua o la salmuera se hacen circular a través de un intercambiador de calor, esto calienta un segundo fluido, el cual se envía a través de la turbina para que realice el trabajo mecánico necesario para generar electricidad. Cuando se sigue el proceso binario, la turbina no queda sometida a los efectos de oxidación, corrosión y erosión producidos por la salmuera caliente, con lo cual se aumenta la eficiencia y se evita el atascamiento.

Se espera que la tecnología necesaria para aprovechar los yacimientos líquidos este disponible lo mas pronto posible. Hay mucha incertidumbre respecto al costo y en parte depende los yacimientos. Hay efectos ambientales potencialmente perjudiciales, que tendrán que ser estudiados. Entre ellos se puede citar los siguientes: emisiones de gases, disposición del líquido residual, hundimientos y contaminación del agua superficial. No obstante, la perspectiva a largo plazo de este tipo de energía geotérmica es favorable. por desgracia, solo hay yacimientos importantes en los estados occidentales de los Estados Unidos.

Se están investigando también otros tipos de energía geotérmica. Actualmente se encuentran en el período experimental inicial y es imposible pronosticar su utilidad. Pese a todo, la energía geotérmica puede convertirse en una fuente localizada importante de energía en el siglo XXI”<sup>22</sup>.

“En México está funcionando la planta geotérmica de Cerro Prieto en Baja California Norte y la planta Los Azufres en el Estado de Michoacán”.

Así, con la energía geotérmica se puede generar electricidad en lugares donde haya actividad volcánica. Bajo tierra corren formaciones volcánicas y magma, el agua subterránea al estar en contacto con el calor del magma se evapora con altísimas presiones y temperaturas.

Las aguas termales contienen gran cantidad de sales que tapan las tuberías requiriendo por lo tanto mucho mantenimiento.

---

<sup>20</sup> Op. cit. 4

<sup>21</sup> Op. cit. 4

---

<sup>22</sup> Op cit. 9

México se ubica en el cuarto lugar mundial de generación de electricidad por geotermia y junto con la planta nuclear de Laguna Verde no se alcanza a satisfacer ni el 10% de las necesidades por consumo de energía eléctrica en el país. Así también es muy contaminante por el lodo y las sales que surgen de las plantas geotérmicas, mismas que pueden ser dañinas a la agricultura.”<sup>23</sup>

#### ENERGÍA OCEÁNICA.

Allá por 1920, al observar las formidables mareas de la bahía Passamaquoddy, entre Maine y Canadá, Franklin Roosevelt se preguntó si sería posible generar electricidad con su energía. La marea entra y sale en un ciclo de 12 horas, moviendo unos dos millones de toneladas de agua que suben y bajan unos seis metros. En los años 30 tuvo un comienzo falso el plan de Roosevelt para utilizar esta fuerza.

Su costo se estima en 600 millones de dólares, y si así se termina según lo planeado, dará un máximo diario de 500,000 kilowatts, la energía llegará hasta Boston, y cubrirá fácilmente un aumento esperado de 40 millones de kilovatios en el consumo anual de electricidad de Nueva Inglaterra.

Pero mucho antes de que se termine la obra de Passamaquoddy, los franceses serán veteranos en el aprovechamiento de las mareas. La presa que cruza el río Rance en la costa de Bretaña empezó a generar energía en 1966. Aunque menos ambiciosa que Passamaquoddy -su rendimiento diario es de 240,000 kilovatios-, es la primera generadora de electricidad movida por la fuerza eterna de las mareas.

En el río Rance, en el norte de Francia, se ha construido, mediante cajones de concreto, el primer embalse para mareas. Terminadas en 1966, las 24 turbinas de diseño especial de la generadora, controlan con eficacia las mareas del Canal de la Mancha, que suben y bajan hasta 13 metros. Una compuerta permite el tráfico fluvial hasta el puerto de Saint Malo.

La tormentosa marea al regresar al mar por entre una de las compuertas del Rance. Atrás de la cortina hay un embalse de 23 kilómetros cuadrados. La electricidad se genera al subir y bajar la marea. Las compuertas retienen el agua para acrecentar su potencia; no la dejan pasar en ningún sentido sino hasta que la diferencia entre uno y otro lado pasa de 10 metros.”<sup>24</sup>

“Las mareas se han utilizado para suministrar energía a los molinos de agua desde hace 900 años. Una manera mas eficaz de aprovechar las mareas resultó posible cuando el ingeniero alemán Víctor Kaplan desarrolló una turbina que podía trabajar eficazmente aún cuando la

carga hidráulica -diferencia entre el nivel del agua por encima y debajo de la turbina- fuera pequeña.

La turbina de Kaplan, desarrollada en Brunn (Checoslovaquia) entre 1910 y 1924, consta de una hélice parecida a la de un barco, en la que el ángulo de las palas puede alterarse sin detener la turbina. Esto permite elegir la configuración óptima de las palas para cualquier carga hidráulica, lo que asegura un funcionamiento mucho más eficaz. Además, la turbina de Kaplan puede impulsarse por motores eléctricos para que trabaje como una bomba, a fin de aumentar la carga hidráulica en la cuenca del embalse hasta un nivel más alto que el que se alcanzaría únicamente con las mareas. Esto resulta ventajoso ya que el bombeo puede realizarse cuando la diferencia entre los niveles interior y exterior del embalse es pequeña, lo que requiere poca energía. El agua bombeada puede liberarse cuando la carga hidráulica sea más elevada.

La energía maremotriz se ha considerado como posible fuente de electricidad, pero hasta la fecha sólo se ha construido una central de este tipo en el estuario del río Rance, en Bretaña (Francia). Una presa de 750 metros de longitud separa el estuario del mar y retiene el agua en el pleamar. Esta agua se libera a través de 24 turbinas, cada una capaz de generar 10 millones de Kw/h, producción suficiente para iluminar una ciudad de 40,000 habitantes. Las turbinas pueden producir energía tanto al subir como al bajar la marea.

La central de Rance se terminó en 1968 y funcionó con pleno éxito hasta 1975, cuando empezaron a registrarse averías en los generadores.

En realidad, las centrales de energía maremotriz sólo resultan interesantes cuando la subida y bajada de marea es considerable (6 metros o más). Aunque existen pocos lugares en el mundo que reúnan esas condiciones, es probable que este tipo de energía llegue a ostentar una participación importante en el consumo eléctrico mundial.”<sup>25</sup>

“Desde principios del 1900 se habló de aprovechar las mareas para producir energía eléctrica, y en 1929 Georges Claude demostró la posibilidad de operar una máquina utilizando la diferencia de temperatura que existe entre las capas superiores del océano, de agua caliente, y las capas inferiores frías.

Es posible producir fuerza hidroeléctrica aprovechando el pleamar y bajamar de las mareas para mover las turbinas generadoras. En 1961 se empezó la construcción de la primera planta de energía maremotriz en el Golfo de St. Malo, Bretaña, Francia. La planta fue puesta en marcha en 1967, con una capacidad de 240,000 kw. En 1969, la URSS terminó una pequeña planta piloto

<sup>23</sup> Op. cit. 6

<sup>24</sup> Op cit 11

<sup>25</sup> Op. cit. 4

de 1,000 Kw. en el Mar Blanco. Se han propuesto otras plantas para el Canal de Bristolen el Reino Unido, para el Golfo de San José en Argentina y para diversos puntos de la costa occidental de Australia. En América del Norte, los lugares más probables parecen ser el área de la bahía de Passamaquoddy en Maine y la Bahía de Fundy en Nueva Escocia, Canadá. En todo el mundo hay únicamente más o menos 10 puntos en los cuales sería posible aprovechar las mareas.

Actualmente no se operan plantas de energía térmica aprovechable de los océanos; pero están en marcha algunos estudios financiados por el gobierno. Con este método se utiliza la diferencia de temperatura de las aguas para mover las turbinas generadoras de electricidad. Los pronósticos actuales indican que las plantas movidas por energía térmica de los océanos funcionarán mejor en las aguas tropicales, estarán expuestas a los daños causados por las tormentas y su construcción será antieconómica.

La producción de electricidad a partir de esta fuente parece muy factible para cantidades limitadas de energía. Sin embargo, el procedimiento es demasiado nuevo para que pueda evaluarse por ahora.”<sup>26</sup>

“La energía del oleaje posee varias características atractivas comparada con otras fuentes naturales de energía, como el sol y el viento. Se halla disponible en mayor proporción en invierno, que es cuando mayor se necesita. Además, se puede aprovechar casi en todo momento, puesto que la superficie de los océanos raramente permanece inmóvil (menos del uno por ciento del tiempo),

Pero los problemas son enormes. La energía de las olas no es un recurso disponible en todo el mundo; está concentrada en las zonas del globo comprendidas entre las latitudes 40° y 60° norte y sur. En las regiones ecuatoriales sopla muy poco viento y, hacia los polos (con la excepción de una pequeña región a unos 80° de latitud), hay demasiado hielo. En consecuencia, sólo unas pocas naciones podrían beneficiarse de la energía de las olas si alguna vez resultara factible. Gran Bretaña y Japón han tomado la iniciativa, pero también han demostrado algún interés los Estados Unidos, Canadá y Noruega.

Aun cuando la tecnología requerida para el aprovechamiento de la energía de las olas resulta relativamente sencilla, el gran tamaño de los dispositivos necesarios encarece su construcción. Cálculos del Departamento Británico de Energía efectuados a finales de 1979 indicaban que la electricidad procedente del oleaje costaría de dos a seis veces más que la generada con medios convencionales. Más de la mitad del costo lo absorberán construcciones de concreto y acero. La

inversión por kilowatt instalado sería de unos 2,000 a 7,000 dólares, comparados con los 900 a 1,800 dólares necesarios en una central térmica convencional. El combustible, desde luego, sería gratuito, pero, incluso así, las perspectivas económicas de este tipo de energía no resultan halagüeñas. Actualmente se trabaja con ahínco en diseños que reduzcan la inversión de capital.

Entre los problemas técnicos no resueltos, tal vez el más acuciante sea el del amarre. la mayoría de los dispositivos inventados hasta ahora flotan, lo que significa que hay que diseñar cables y anclas para mantenerlos sujetos en pleno temporal. Actualmente no existe una tecnología adecuada para lograrlo en la mayoría de los dispositivos (los convertidores de energía del oleaje tendrán el tamaño de grandes edificios) Mantenerlos inmóviles plantea un problema mucho mas arduo que anclar un barco.

Los efectos sociales y económicos de la energía de las olas solo se han estudiado en términos generales. Los lugares más adecuados para situar la maquinaria se hallan cercanos a costas abiertas y tempestuosas, donde existe poca industria. La construcción y funcionamiento de las centrales beneficiarán a zonas actualmente deprimidas.

Pero podría tener otros efectos: tal vez al reducir o alterar el oleaje que azota el litoral podría provocarse un cambio en la situación de las playas. La pesca del arenque podría quedar afectada, ya que, en su período larval, se ve impulsado por corrientes que podrían verse alteradas por las instalaciones para el aprovechamiento de la energía del oleaje. La navegación también podría obstaculizarse por convertidores de energía situados a poca profundidad.

La energía del oleaje es una invención de finales del siglo XX, cuyos efectos (si los hubiera) no se percibirán hasta la primera década del siglo XXI o incluso más tarde.

Como resultado del enorme aumento de los precios de los crudos sufrido tras la guerra árabe-israelí en 1973, en numerosos países se emprendieron programas para investigar y financiar dispositivos destinados a aprovechar recursos energéticos sin explotar.

La investigación demostró que un buen recurso potencial lo constituye el oleaje del océano. El tamaño de las olas depende no sólo de la fuerza del viento, sino también de la distancia recorrida por éste. Cuando el viento sopla casi continuamente en la misma dirección, como sucede en el Atlántico norte, se generan olas potentes que acumulan y concentran la energía de aquél.

Las olas constituyen una prodigiosa fuente de energía -suficiente en teoría para proporcionar a un país toda la electricidad que necesite y aún más-, pero la obtención

---

<sup>26</sup> Op. cit. 9

eficaz y rentable de esa energía constituye un problema que aún aguarda solución.

Una de las máquinas para aprovechar la energía del oleaje fue diseñada por Stephen Salter, de Edimburgo. Su máquina, conocida como el “pato”, está formada por una serie de flotadores montados sobre un eje. Cada flotador tiene una cara de borde afilado orientada en la dirección del oleaje. Al pasar la ola, el “pico” de cada pato cabecea con respecto al eje. Este movimiento puede accionar unas bombas y crear presión en un fluido hidráulico, que podría emplearse para producir electricidad en pequeños generadores situados en el interior del propio pato.

Pruebas en escala reducida efectuadas en canales de prueba y lagos, muestran que los patos oscilantes, aprovechan hasta un 35 por ciento de la energía del oleaje, por lo que constituyen uno de los más eficaces dispositivos para este fin, aunque su complejo diseño puede resultar un inconveniente.

El Rectificador desarrollado en la Estación de Investigaciones Hidráulicas de Wallingford (Inglaterra), entre 1975 y 1979, se concibió para descansar en el lecho marino, evitando así un problema de anclaje y de control en Aguas tempestuosas. Se trata de un enorme cajón de concreto con su parte frontal abierta a las olas. Un depósito superior se llena con la cresta de la ola y se drena, a través de las turbinas hidráulicas, en un depósito inferior que se se vacía entre cada ola.

El alto coste estructural del Rectificador, unido a su bajo rendimiento energético, motivó que el proyecto se abandonara en 1979.

Uno de los primeros diseños de máquina para aprovechar la energía del oleaje fue producido por sir Christopher Cockerell, el ingeniero británico que en 1955 inventó el Hovercraft, vehículo que se desliza a una distancia mínima del suelo o del agua, suspendido de una capa de aire a presión que expelen sus motores.

Cockerell diseñó una balsa hueca de concreto o acero, formada por varias secciones articuladas entre sí. Al pasar las olas por debajo de la balsa, ésta se flexiona para seguir el contorno del agua, y la energía se obtiene aprovechando el movimiento rotativo de las bisagras para accionar unas bombas. Aunque en 1976 era uno de los cuatro dispositivos patrocinados oficialmente en Gran Bretaña, y a pesar de que los trabajos experimentales demostraron que podía extraerse con él hasta un 30% de la energía del oleaje, el proyecto se suspendió en 1980 ante su elevado presupuesto de construcción.

Hacia 1965, un antiguo oficial de marina japonés, el comandante Yoshio Masuda, inventó unas pequeñas boyas que generaban su propia corriente para el

alumbrado, para utilizarlas cerca de la costa. El dispositivo consiste en una gran caja flotante, con una abertura por debajo del nivel del agua. La columna de agua sube y baja dentro de la caja con el paso de las olas y actúa como un pistón para comprimir el aire y accionar una turbina que genera electricidad. La corporación japonesa Ryokuseisha ha vendido 1,000 de estas boyas, cada una capaz de generar electricidad suficiente (70-120 W) para mantener una luz encendida.

El éxito de estas boyas condujo al estudio de las columnas oscilantes de agua como una importante fuente de energía, y el Centro Japonés de Ciencia y Tecnología Marina construyó y probó un prototipo a gran escala en 1979. El dispositivo llamado Kaimei, tiene forma de barco, de unos 18 metros de eslora y 12 de manga, con un peso de 500 toneladas. Contiene 22 columnas de agua separadas que comprimen el aire necesario para accionar hasta diez generadores eléctricos.

El promedio de electricidad requerido por un país industrial moderno es de un megavatio por cada mil habitantes. El potencial de producción energética del Kaimei se calculó en 1.25 megavatios, pero el promedio real de producción es de sólo 20 kilovatios.

Tras seis meses de pruebas en el invierno de 1979-1980, el Kaimei fue llevado a puerto. El resultado de los ensayos que se realizan actualmente determinará si los japoneses continúan o no con el experimento, pero una de las consideraciones principales será el tamaño real del artefacto. Con un peso de 3,500 toneladas, resultará muy caro de construir y difícil de anclar en mares de aguas tempestuosas.

Los experimentos continúan con diversas maquinarias, como el cilindro oscilante de Bristol, aunque los resultados no se conocerán hasta dentro de unos años. El cilindro oscilante de Bristol consiste en una boya cilíndrica sumergida, de 45 metros de longitud y 11 de diámetro, dispuesta paralelamente a las olas y anclada al fondo mediante cadenas o tubos huecos de acero. El movimiento de las olas imprime al cilindro un movimiento orbital que acciona unas bombas situadas en la base de los anclajes, las cuales actúan a su vez sobre turbinas hidráulicas. La electricidad generada por el movimiento de bombeo es transmitida a tierra por cable submarino.<sup>27</sup>

#### 4.3 ENERGÍA SOLAR.

“El sol es un enorme horno atómico que convierte masa en energía. Cada segundo convierte 657 millones de toneladas de hidrógeno en 653 millones de helio. Los cuatro millones faltantes los lanza al espacio como energía, de la cual, la Tierra recibe sólo dos mil

---

<sup>27</sup> Op cit. 4

millonésimas, que fundirían en un año una capa de hielo de 35 m. sobre toda su superficie.

Mucho se habla de la energía solar como combustible del futuro por su aplicación a nivel del consumidor. El sol es gratis, y ello ha inspirado infinidad de artículos de fantasía en todo el mundo. Hay radios, ventiladores, automóviles, botes, refrigeradores, alambiques y calentadores de agua y hasta casas completas. Aunque la fantasía está presente, muchos inventos adaptan principios científicos a usos prácticos. Así, un radio opera con un sistema de energía como el satélite Telstar. La luz solar activa el paso de electrones entre dos aleaciones especiales, generando electricidad. Un refrigerador usa el calor solar para licuar amoníaco, que luego se vaporiza como gas, llevándose el calor del interior del refrigerador. La casa solar aprovecha el hecho de que el vidrio deja pasar el sol, que al dar en una superficie opaca, produce calor, como en los invernaderos. Este sistema, cuando se aplica adecuadamente, puede llegar a calentar una casa, en pleno invierno, a 21°C o más.

En una conferencia internacional de peritos en energía solar, se mostraron diversos artefactos que guisan con el sol, de Líbano, India, Japón y Estados Unidos, los artefactos dan hasta 175°C, bastante para hervir un litro de agua en 15 minutos. Pueden asar, freír o cocer a presión según el enfoque de los rayos y el utensilio.

Un techo cubierto de cristal de una casa solar, inventada por Harry Thomason refleja la luz del sol (arriba) Atrás de los vidrios hay hojas negras de metal corrugado, en ángulos en que captan el calor solar. El inventor afirma que el ahorro general de combustible compensa en poco tiempo los gastos de instalación”<sup>28</sup>

“¿Puede la energía solar satisfacer todas las necesidades del hombre? La historia así lo afirma pues en caso contrario el género humano no hubiera podido sobrevivir hasta hoy. El hombre ha dependido durante la mayor parte de su existencia de fuentes de energía renovables proporcionadas por el Sol. Incluso hoy la sociedades no industrializadas consiguen más de dos tercios de su combustible en forma de leña para cocinar y calentarse y alimento para los animales de tiro ambos constituyen fuentes renovables de energía que dependen de la luz solar. Pero esto implica un empleo mínimo de esa energía. Muchas de las sociedades actuales al menos en el mundo desarrollado han sustituido su propio esfuerzo y el de sus animales por el del trabajo de máquinas alimentadas por fuentes no renovables de energía como el carbón y el petróleo. Millones de personas que no podrían haber sobrevivido en la etapa preindustrial disfrutan hoy de una vida cómoda. Las características actuales de la población hacen imposible retornar a una sociedad rural en la que cada individuo

tuviese su leña y su chimenea su caballo y su arado. Incluso las sociedades más simples, que han sobrevivido inalteradas se enfrentan a una crisis de energía ante la rápida disminución de su principal combustible: la leña.

La intensidad de radiación solar que llega a la atmósfera exterior es enorme: 28,000 veces mayor que todas las formas comerciales de energía consumidas por el hombre. Aproximadamente el 35% de los 1,500 cuatrillones de megavatios-hora del calor solar que llega a nuestra atmósfera se refleja: el 18% lo absorbe la atmósfera generando vientos y cambios atmosféricos y el 47% penetra hasta la superficie de la Tierra. Ningún país utiliza tanta energía como la que cae libremente sobre los tejados de sus casas todos los años. La energía que recibe la superficie ocupada por las carreteras en Estados Unidos equivale al doble del consumo mundial de combustibles fósiles.

Existe evidentemente, una abundancia de energía solar pero está tan repartida que su aprovechamiento constituye un proceso difícil.

Una nueva economía basada en la energía solar tendría que ser distinta de la preexistente. En los usos en que el calor es el producto de la energía solar deberá poder sustituir al petróleo y al carbón a medida que vayan escaseando y acaben por agotarse. Para calefacción y agua caliente la energía solar resulta ya competitiva en algunas partes del mundo en la producción de electricidad puede resultar a más largo plazo.

El renacimiento de la energía solar que data escasamente de una década no ha ejercido todavía un impacto significativo en la sociedad. Una consecuencia que prevén los especialistas será una nueva descentralización del suministro de energía lo que librerá a los consumidores de los monopolio de las redes eléctricas y de las naciones productoras de petróleo.

La revolución solar si llega a producirse tendrá profundas implicaciones industriales. Primero, creará una nueva industria de enormes dimensiones productora de la tecnología necesaria para la captación de las radiaciones solares. La producción centralizada de energía será remplazada por la economía más barata de la producción masiva. También afectará a la localización de la industria porque las fabricas siempre se han instalado cerca de las fuentes de energía. Si llega el día en que la energía solar proporcione el combustible básico para la industria podemos esperar una repentina prosperidad en los lugares soleados que incluyen en la actualidad algunas de las regiones más pobres, África y la mayor parte del continente asiático así como algunas regiones ya prósperas como Australia y parte del continente americano. El norte de Europa puede quedarse congelado económicamente hablando.

---

<sup>28</sup> Op. cit. 11

En el año 400 a. JC el hombre había comprendido las enormes posibilidades de la energía solar desde la más remota antigüedad. El filósofo griego Sófocles recomendaba en el siglo V a. JC. que las casas se construyeran con las fachadas al sur altas para captar el sol invernal y con las fachadas al norte bajas para evitar los vientos fríos: consejo seguido hoy por los arquitectos que emplean técnicas de aprovechamiento “pasivo” del sol.

El físico suizo Horace Bénédict de Saussure (1740-79) proyectó una cocina solar formada por una serie de cámaras o lentes de vidrio concéntricas que enfocaban la energía solar sobre una cámara central en la que guisó un poco de sopa.

#### **1861: una caldera solar.**

En el siglo XIX aparecieron algunas máquinas algo más prácticas. El profesor francés Agustín Mouchet patentó en 1861 una máquina solar en la que un espejo concentraba los rayos del sol sobre una pequeña caldera que accionaba una máquina de vapor. En 1869 publicó el primer libro sobre energía solar y nueve años después mostró en la Exposición de París un refrigerador accionado por energía solar.

#### **1872: Agua potable por destilación solar**

El éxito auténtico lo consiguió el primer sistema solar de destilación construido en Las Salinas (Chile) en 1872, según diseño del ingeniero británico Charles Wilson. El agua local era demasiado salada para el consumo, por lo que Wilson concibió un alambique en el que el calor del sol evaporaba el agua y dejaba un sedimento de sal después el vapor de agua se condensaba de nuevo como agua potable.

El sistema formado por 64 armazones cubierto de vidrio producía 19,000 litros de agua potable al día por la cuarta parte de los que costaba con un alambique calentado con carbón.

#### **1973: la crisis del petróleo**

La mayor parte del siglo XX ha sido una era de combustibles fósiles baratos en la que se ha diseñado la energía solar; pero este interés ha renacido tras la crisis del petróleo en 1973. Hoy la energía solar está comenzando a encontrar extensa aplicación en tres ámbitos: su explotación como calor su conversión en electricidad y su almacenamiento en vegetales que pueden recolectarse para obtener combustible.

#### **Calor solar para el agua y el ambiente**

El uso más corriente del sol es calentar agua y edificios mediante placas o paneles solares. Aun cuando se ha diseñado una amplia variedad de paneles todos siguen los mismos principios: el agua (o menos frecuentemente, el aire) fluye a través de unos tubos en una caja plana con una cubierta transparente colocada de cara al Sol. Los

tubos van firmemente conectados al panel plano, normalmente pintado de negro para que pueda absorber la mayor radiación posible. La parte posterior del panel y los costados se aíslan para reducir al mínimo la pérdida de calor. El líquido que fluye por los tubos recoge el calor absorbido por el panel y sale a mayor temperatura. El aumento de temperatura depende de la velocidad a que circule el líquido la eficacia del panel y la intensidad del sol. Puede ser de unos pocos grados para una piscina de 28 a 30°C cuando se calienta el agua a incluso a temperaturas mayores para determinados procesos industriales.

Se han vendido muchos millones de paneles solares planos para calentar el agua dos millones solamente en Japón por ejemplo. Para lograr un mayor rendimiento, se han construido paneles solares en los que los tubos que absorben el calor van encerrados dentro de un segundo tubo más ancho en el que se ha extraído el aire para reducir las pérdidas de calor. Estos paneles son más eficaces a elevadas temperaturas cuando las pérdidas por radiación, convección y conducción resultan más significativas.

En algunas latitudes los paneles solares pueden proporcionar toda el agua caliente necesaria para una vivienda aún cuando éste no sea el caso durante la mayor parte del año en el norte de Europa o en gran parte de los Estados Unidos. Los paneles solares siguen trabajando cuando las nubes ocultan el sol pero su rendimiento decrece.

Los paneles solares planos pueden también utilizarse como fuente de calefacción. Los mejores resultados se obtienen cuando toda la casa está proyectada desde un principio para este tipo de calefacción y se pueden disponer grandes ventanales orientados al sol para lograr el máximo calentamiento durante el día, dotados con eficaces postigos aislantes para evitar pérdidas de calor durante la noche. Los métodos perfeccionados de aislamiento de techos paredes e incluso suelos reducen aún más las pérdidas.

Para períodos prolongados de frío y nubes las casas con energía solar pueden incorporar un acumulador de calor en forma de depósito de agua o de un material de gran capacidad calorífica como la piedra rocosa que se puede calentar cuando brilla el sol. El acumulador térmico situado generalmente el sótano se calienta merced a tuberías que llevan agua caliente desde los paneles. Las mismas tuberías pueden utilizarse más tarde para extraer calor del acumulador.

#### **Electricidad generada con calor solar**

Se ha prestado considerable atención al aprovechamiento del sol para generar electricidad. Existen dos métodos: los sistemas que utilizan el calor solar para hervir líquidos y



accionar una turbina y la conversión directa en electricidad utilizando pilas solares. La “torre de energía” consiste en una serie de espejos orientables que siguen el curso del sol por el firmamento para reflejar sus rayos sobre un único receptor central montado en una elevada torre. Una central piloto construida en St Illario-Nervi (Italia) emplea 270 espejos cada uno de unos 90 cm. de diámetro y puede producir vapor recalentado a 500°C.

Otro sistema propuesto por los pioneros estadounidenses de la energía solar Aden y Marjorie Meinel es la “granja solar”. Unas filas de reflectores parabólicos concentrarían las radiaciones solares sobre tuberías por las que circularían sales disueltas o gases calientes. Los fluidos calentados se bombearían a través de tuberías aisladas a una central generadora. La granja solar necesitaría cielos claros y mucho sol por lo que podría instalarse en una región desértica.

Las torres de energía y las granjas solares solo pueden funcionar durante el día pero el sistema de conversión oceánica termoeléctrica (COTE) aprovecha el calor solar acumulado en el mar y puede trabajar las 24 horas del día. El sistema se basa en el hecho de que entre la superficie de las cálidas aguas de los océanos tropicales y el agua fría de las profundidades existe una diferencia de temperatura de unos 20°C.

En 1881 un inventor francés J. D’Arsonval sugirió que esta diferencia de temperatura podría utilizarse para accionar una máquina. La primera demostración práctica la realizó el científico francés Georges Claude quien convenció al gobierno francés en los años veinte para que financiara una central de 22 kW junto a la costa de Cuba. Después de la Segunda Guerra Mundial los franceses construyeron varias centrales de este tipo la mayor con una capacidad de 7.5 Megavatios pero todas resultaron antieconómicas en aquella época.

Últimamente ha resurgido el interés por las centrales COTE y los Estados Unidos están construyendo una junto a las costas de Florida para probar la viabilidad del sistema. Su principio es sencillo: las aguas calientes superficiales se utilizan para hervir un fluido con un bajo punto de ebullición como propano o amoníaco. El gas producido se expande a través de unas turbinas produce energía y vuelve a licuarse en condensadores enfriados por agua bombeada de las profundidades. A continuación el líquido vuelve al comienzo del ciclo.

Israel ha adoptado un procedimiento semejante para desarrollar embalses solares. Cuando el sol calienta el agua de un embalse las corrientes de convección natural actúan de forma que la temperatura sea más o menos uniforme en todas las capas de agua. Pero un embalse puede estratificarse artificialmente mediante sales disueltas cuya concentración aumente en los niveles

inferiores. La capa inferior es tan densa que cuando se calienta mediante la radiación solar que penetra a través de las capas superiores es demasiado pesada para elevarse hasta la superficie y desaparece la convección. Si no se hace nada para evitar la estratificación las capas inferiores se calientan aún más y el embalse se convierte en una especie de enorme panel solar y acumulador térmico combinados. En la capa inferior pueden introducirse serpentines llenos de líquido para extraer calor constantemente.

### **Electricidad obtenida de pilas solares<sup>29</sup>.**

Para muchos entusiastas de la energía solar un método más atractivo de generar electricidad es la conversión directa mediante pilas solares. Los primeros dispositivos prácticos fueron diseñados en Estados Unidos por los laboratorios de Bell Telephone donde se descubrió que una pila formada por una delgada capa de silicio junto a otra capa aún más fina de silicio impregnado de boro convertía directamente la luz del sol en electricidad. La luz que incide sobre las capas exteriores hace que los electrones pasen al refuerzo de silicio creando en consecuencia una tensión eléctrica entre ambas capas. Para producir un rendimiento apreciable se deben conectar una serie de pilas para sumar los rendimientos de todas ellas. Las pilas solares poseen muchas ventajas carecen de partes móviles son de gran duración requieren poco mantenimiento y no necesitan combustible. Pero también tienen desventajas: su máximo rendimiento incluso en teoría es sólo del 25% en la práctica no supera el 16%.

Aún cuando el silicio es barato, su conversión en los cristales aislados necesarios para las pilas solares resulta más costoso. Sin embargo en determinadas aplicaciones las ventajas de las pilas compensan su costo. Todas las naves espaciales han dependido de una serie de pilas solares para obtener electricidad: las estaciones meteorológicas automáticas y las boyas también las utilizan.

El plan más ambicioso y avanzado para producir electricidad solar fue el propuesto por el ingeniero estadounidense Peter Glaser en 1968. Consiste en una gigantesca serie de pilas solares en órbita a 37,000 km. sobre el ecuador. La radiación solar disponible en el espacio exterior sería quince veces mayor de la que podría captarse con un dispositivo terrestre de tamaño similar. La energía generada por las pilas se convertiría en un intenso rayo de microondas que se enviaría a una estación receptora en la Tierra.

### **Utilización de la energía solar para producir combustible.**

A un nivel más modesto se encuentra la idea de utilizar la energía solar como se ha hecho siempre: para cultivar

---

<sup>29</sup> Antología de publicaciones: Solener1.htm al Solener10.htm

vegetales que luego pueden utilizarse como combustible. Las existencias de madera no pueden satisfacer el apetito del hombre moderno por el combustible los científicos buscan medios de incrementar la eficacia con que los vegetales convierten la luz solar en compuestos orgánicos mediante el proceso de fotosíntesis. Una posibilidad es la caña de azúcar, que puede transformarse en alcohol por fermentación. El alcohol puede luego mezclarse con petróleo en proporciones de hasta un 15% y utilizarse en los automóviles sin que haya que modificar el motor. Este sistema está funcionando en Brasil con excelentes resultados y supone un gran ahorro de combustibles fósiles.”<sup>30</sup>

“Para entender el papel del futuro de la energía solar es necesario entender el que representa ahora. El vacío del espacio se encuentra a una temperatura cercana al cero absoluto o sea aproximadamente 459°F por debajo del punto de congelación. la mayor parte de la energía que recibe de la superficie de la Tierra proviene del Sol. Como la mayoría de las localidades tienen temperaturas que fluctúan entre 0°F y 100°F resulta que la función actual de la energía solar consiste en aumentar la temperatura de la superficie terrestre entre 459 y 559 grados. El aumento real dependerá de la situación, la hora del día y la época del año. El papel futuro de la energía solar consiste en crear la angosta banda de temperatura comprendida entre los 65°F y los 85°F que para los seres humanos constituye los límites de comodidad. La energía necesaria se encuentra allí. La pregunta que hay que contestar es la siguiente: ¿cómo se puede aprovechar mejor esa energía?

Durante millones de años, la Tierra ha estado “acumulando en una cuenta” la energía solar al crear los combustibles fósiles: petróleo gas y carbón. En últimos 200 años el hombre ha hecho fuertes retiros de esa cuenta bancaria y las reservas están bajas. Es necesario aprender a utilizar la energía del sol de ahora, no la que produjo él de hace millones de años.

La energía solar escapó del suelo apenas en 1977 al instalarse un número estimado de 90,000 a 110,000 unidades de aprovechamiento. La mayoría de ellas fueron calentadores de agua. Suponiendo que esas unidades den en promedio unos 10 millones de BTU cada una proveerán 100 billones de BTU al año o sea una décima parte de un quad de energía. Se espera que el empleo de la energía solar aumentará dramáticamente en el curso de unos cuantos años y proporcionará de dos a tres quads de energía para finales de este siglo. Toda ella sea energía calórica. Tal vez se obtenga electricidad adicional en ciertos experimentos que se están llevando a cabo.

La energía solar presenta una característica sobresaliente: su costo es constante; no está expuesta a

inflación. Sólo que no puede decirse lo mismo del equipo y el trabajo necesarios para utilizarla. Los costos de éstos seguirán aumentando junto con los de otros materiales y mano de obra destinados a la construcción.”<sup>31</sup>

Radiación solar.- Es la energía emitida por el sol, que llega a la Tierra en forma de rayos directos, difusos y reflejados.

La radiación directa la forman los rayos paralelos que provienen directamente del sol. Hace que el cielo se vea azul en los días despejados.

La radiación difusa son los rayos de energía dispersos y no paralelos, provenientes del sol. Hace que el cielo se vea gris en los días nublados. La producen el polvo, la humedad y las nubes; y la radiación reflejada es la energía solar que llega a los colectores solares desde superficies adyacentes.

La energía que se recibe del sol también se puede medir en Watts o en Joules.

Se puede tener hasta un kilowatt en un metro cuadrado de superficie que son aproximadamente 430 cal/cm<sup>2</sup>/día = 4,300,000 cal/m<sup>2</sup>/día capaces de encender 100 focos de 100 watts, pero solo es posible encender 10 focos, es decir un 10% debido a diversos factores de eficiencia en los colectores, la contaminación y la nubosidad, entre otros factores.

Las fotoceldas solares, por ejemplo, rinden sólo un 15%, “Un caso típico son las fotoceldas empleadas para el alumbrado público. Tienen un metro cuadrado de superficie y alumbran con un foco de 60 Watts durante un periodo de escasas tres horas durante la noche después de haber captado el sol durante ocho horas aproximadamente cuando hay radiación difusa, pero si el día presentó mucha nubosidad, el almacenamiento de energía fotovoltaica es mínimo y el alumbrado público no se enciende”<sup>32</sup>

Mucho se ha escrito acerca de cómo la energía solar ha evolucionado rápidamente hasta una etapa de comercialización. Los periódicos informarán sobre días solares, seminarios sobre energía solar y cosas parecidas. Las revistas populares, lo mismo que las publicaciones especializadas, hablan de los nuevos cambios en materia de energía solar, de las expectativas de los dueños de edificios, de los sueños de los arquitectos y de las soluciones que dan las constructoras a diversos problemas. Los libros exponen por igual verdades y no verdades sobre la manera de aprovechar la energía del sol para calentar agua y el ambiente para calefacción y refrigeración.

---

<sup>31</sup> Op. cit. 9

<sup>32</sup> Visita al Club Campestre Ecológico Asturiano, Atatahucan, Mor. Entrevista con el Arq. Leonel Gutierrez de la Torre. Gerente.

---

<sup>30</sup> Op. cit. 4

Aunque hace unos cuantos años eran sólo una curiosidad, los sistemas de aprovechamiento de energía solar se están convirtiendo con rapidez en una cosa común. Una de las razones es que muchas personas están decidiendo que el sol es en nuestros días la mejor fuente opcional de energía:

El Sol se puede utilizar como fuente opcional de energía, sin las dificultades que presentan las otras fuentes.

El equipo necesario, lo mismo que las técnicas de diseño de sistemas y su instalación se encuentran disponibles.

En casi todas las regiones del país se puede esperar un rendimiento excelente de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar.

Desde el punto de vista económico y del sentido común ha llegado el momento de tomar la decisión.

La alternativa que ofrece la energía solar tiene cada vez más aceptación. No hay por que sorprenderse. El sol ofrece actualmente la mejor fuente opcional de energía. La conclusión resulta obvia cuando se considera la energía solar a la luz de otras fuentes potenciales de energía.

Piénsese por ejemplo que la energía solar se encuentra disponible en todas partes... que la tecnología necesaria para aprovecharla está enteramente perfeccionada que no cuesta nada ni está sometida a inflación y que es limpia y no contamina.

No ocurre lo mismo con los combustibles fósiles. Las existencias nacionales de petróleo y gas están disminuyendo y gran parte del abastecimiento del futuro se tendrá que importar. Se pueden generar cantidades suficientes mediante nuevos procesos; pero la tecnología no estará lista antes de que transcurran muchos años. De cualquier manera el suministro futuro de combustibles fósiles tendrá un precio mucho mayor que en la actualidad.

Fuente: [www.eco2site.com/arquit/enerter.asp](http://www.eco2site.com/arquit/enerter.asp)  
Imágenes reproducidas con fines académicos.

El carbón ofrece alguna esperanza porque es posible disponer de reservas abundantes pero para ello es necesario desarrollar la tecnología necesaria. Esto incluye los controles de contaminación para eliminar los problemas ambientales que causan algunos tipos de carbón.

Hay también dificultades con las fuentes distintas de los combustibles fósiles como sol la energía nuclear hidroeléctrica y térmica. Los costos de instalación de las plantas de energía nuclear se fueron recientemente hasta las nubes y se han planteado muchos problemas legales relacionados con el ambiente y la seguridad. Las

instalaciones hidroeléctricas proyectadas han tropezado con problemas legales similares sobre todo por motivos ambientales. La energía maremotriz térmica de los océanos y geotérmica son excelentes en concepto pero escasea la tecnología y la disponibilidad general.

Incluso las fuentes naturales como el viento la biomasa la leña tienen desventajas cuando se comparan con la energía solar. La fuerza del viento es limpia pero se requiere mucho trabajo para que esta energía pueda llegar a un estado de comercialización. La energía que contiene la biomasa se puede recuperar fácilmente pero hay problemas de incomodidad contaminación y tecnologías inadecuadas de procesamiento. También la que contiene la leña se puede obtener con facilidad lo mismo que el equipo necesario pero nuevamente hay problemas de incomodidad y contaminación. Por otra parte es seguro que los costos subirán a medida que aumente la demanda.

La energía solar es una fuente limpia fácilmente aprovechable y competitiva. No tiene las desventajas que ofrecen los combustibles fósiles actuales las otras energías y los energéticos que están actualmente en explotación. La tecnología del sistema de aprovechamiento de la energía solar ha evolucionado hasta producir un sistema bien concebido y efectivo. El diseño exige que los componentes y la configuración del sistema se adaptan a los usos previstos y a los requerimientos de energía. Para la instalación se aplican las técnicas normales de construcción. Por lo general el equipo está disponible y se perfecciona constantemente. Se puede esperar un rendimiento excelente en cualquier parte del país. Los sistemas de energía solar no están limitados en manera alguna a las áreas que disfrutan mas directamente de la luz del sol. En los climas más fríos se requiere simplemente un sistema más grande. Los sistemas de energía solar están adquiriendo mas popularidad acerca de los acontecimientos que indican aun enfoque inteligente del tema y acerca de las razones de que el aprovechamiento de la energía solar sea desde ahora una inversión inteligente. Nunca habrá un momento mejor para tomar la decisión.

El sol es actualmente la mejor fuente opcional de energía. Los hechos facilitan a la decisión.

Si bien a través del sol se puede producir electricidad con módulos fotovoltaicos o calor con colectores solares planos, es en este último caso donde podemos encontrar las aplicaciones más rentables para nuestra región. Por su simplicidad de instalación y economía, es el calentamiento de agua para consumo sanitario y/o calefacción un sistema solar apto y económicamente accesible para reducir sensiblemente el uso de combustibles fósiles. En distintas regiones del mundo, el uso del sol como fuente de calor para mejorar el confort en arquitectura ha permitido lograr importantes ahorros en energía, además de contribuir a la

disminución de la emisión de gases efecto invernadero, entre otros tantos beneficios.



Figura 4-1.

**Los sistemas pueden aumentar su superficie de captación en distintas etapas de la construcción.**

[www.eco2site.com/arquit/enerter.asp](http://www.eco2site.com/arquit/enerter.asp)

Imágenes reproducidas con fines académicos.

Actualmente, el uso de colectores planos ya no se considera como una instalación agregada al proyecto o a un edificio existente, sino que es concebida como parte del diseño, una variable más a tener en cuenta durante el proyecto y que será parte de una totalidad técnico-formal que le dará carácter particular a la obra. La integración de los sistemas solares en la arquitectura tiene un importante valor agregado relacionado con el cuidado de la imagen global del edificio, aspecto delicado para muchos interesados en aprovechar la energía gratis que nos da el sol en cada edificio, en cada rincón del planeta. Veinte años atrás, para acceder a estos beneficios era natural aceptar colocar equipos solares agregados al edificio en forma desordenada, con bajo rendimiento y con un promedio de fuera de servicio de una o dos veces al año.

En gran parte del país, la demanda anual de calor para una vivienda de nivel medio-alto puede dividirse en aproximadamente un 40% para agua caliente sanitaria y un 60% para calefacción, sin contar la cocción de alimentos. Debido al avance de la tecnología solar en los últimos años, podríamos alcanzar ahorros de hasta 65% sin considerar los beneficios adicionales que aporta el aprovechamiento solar pasivo (uno de los principios del diseño bioambiental), la conservación de energía y la eficiencia energética, variables fundamentales para alcanzar el confort deseado con reducido costo operativo en una inversión equilibrada.

En calefacción, la arquitectura solar pasiva y el uso de colectores solares planos de agua o aire conforman una invaluable fuente de calor con un excelente potencial para disminuir el uso de gas, electricidad o leña y acceder a temperaturas interiores agradables en épocas frías. Cabe aclarar que, si hablamos de un proyecto de obra nueva o de una refacción de envergadura, los resultados de intervenir o ajustar algunas resoluciones técnicas durante el proceso de diseño asegurarán mayor eficiencia del sistema, optimización de la imagen global y de la relación



Figura 4-2.

**La energía que aporta la radiación solar puede ser utilizada en forma de luz, calor y electricidad en arquitectura.**

Fuente:

costo-beneficio. Por el contrario, si se trabaja sobre un edificio existente, será necesario hacer un estudio previo para evaluar el comportamiento térmico y favorecer las condiciones para incorporar una instalación solar de calefacción y obtener los beneficios esperados.

Hoy, cientos de miles de instalaciones solares en funcionamiento en todo el mundo, aseguran que el uso del sol como fuente de calor es altamente confiable y un recurso efectivo para reemplazar a los cada vez más costosos combustibles convencionales. En zonas con buena insolación, estos sistemas pueden prescindir del uso de otros combustibles (gas, leña o electricidad) durante la mayor parte del año, y en meses de baja radiación, pueden proporcionar una parte significativa de la demanda de energía. Los avances de los últimos años también se han dado en el campo de la informática aplicada a la tecnología solar, programas de dimensionamiento y simulación permiten conocer de antemano el comportamiento de un sistema solar térmico y la eficiencia que puede alcanzar, además del ahorro económico que a lo largo de la vida útil de la instalación podremos percibir.

Las últimas tendencias o criterios adoptados para encarar instalaciones solares residenciales reconocen que la elección del equipo a utilizar es sólo un pequeño paso para alcanzar el objetivo final, que es ahorrar dinero e integrar sistemas solares a la arquitectura de manera eficiente, sin alterar negativamente la imagen de la construcción. Si bien la oferta de equipos en nuestro mercado no es muy variada, la decisión de adquirir equipamiento solar deberá conjugar el rendimiento, el impacto visual potencial, la robustez, la inversión y el costo operativo, como también, calidad de montaje y puesta en marcha de la instalación, cosas que comúnmente se logran contratando servicios llave en mano.

Fuente: [www.eco2site.com/arquit/enerter.asp](http://www.eco2site.com/arquit/enerter.asp)

Imágenes reproducidas con fines académicos.



Figura 4-3

**Los colectores solares producen agua caliente para uso sanitario y calefacción**



Figura 4-4

**Actualmente los sistemas integrados a la arquitectura son más requeridos**

Una instalación solar térmica es un sistema de aprovechamiento de energía solar para producción de agua caliente.

Las pequeñas instalaciones que son de aplicación, fundamentalmente, en viviendas unifamiliares, tienden a

ser cada vez más, productos normalizados y prefabricados, incorporando una mayor fiabilidad por la producción del conjunto en fábrica.

Es lo que denominamos **Equipos Solares Domésticos**.

Fuente: [www.eco2site.com/arquit/enerter.asp](http://www.eco2site.com/arquit/enerter.asp)  
 Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 4-5  
**Instalaciones de envergadura demandan cierto espacio en sala de máquinas.**

### Funcionamiento.

Básicamente es el siguiente:

- Captación de la energía radiante (radiación solar directa, difusa y reflejada) para transformarla directamente en energía térmica con el aumento de temperatura de un fluido de trabajo.

- Almacenamiento de la energía térmica, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, o bien transferida al agua de consumo para su posterior utilización.

### Partes fundamentales de una instalación.

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

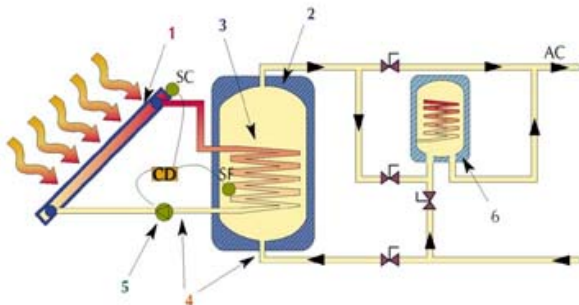


Figura 4-6  
**Partes fundamentales de una instalación de energía solar térmica.**

1. Captador.
2. Acumulador.
3. Intercambiador.
4. Circuito hidráulico.
5. Bomba circuladora.
6. Sistema de Energía Auxiliar.

- Un **sistema de captación** formado por uno o varios captadores que transforman la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que aquellos contienen.

- Un **sistema de acumulación** constituido por un depósito que almacena el agua caliente hasta que se precise su uso. Se denomina acumulador solar.

- Un **sistema de intercambio** que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume (intercambiador). Cuando el fluido de trabajo es la propia agua de consumo, se denomina sistemas directos, no necesitan intercambiador.

- Un **circuito hidráulico** constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de conducir el movimiento del fluido caliente desde el sistema de captación hasta el sistema de acumulación y desde éste a la red de consumo.

- Un **sistema de regulación y control** que fundamentalmente se encarga de asegurar el correcto funcionamiento de la instalación, para proporcionar un adecuado servicio de agua caliente y aprovechar la máxima energía solar térmica posible. Por otro lado, puede incorporar distintos elementos de protección de la instalación.

- Adicionalmente se dispone de un **sistema de energía auxiliar**, que se utiliza para complementar el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o consumo superior al previsto.

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

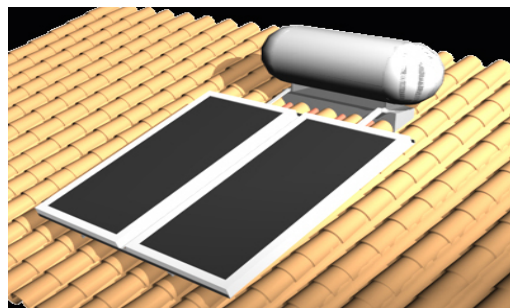


Figura 4-7.  
**Sistema de energía solar térmica para uso doméstico.**

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

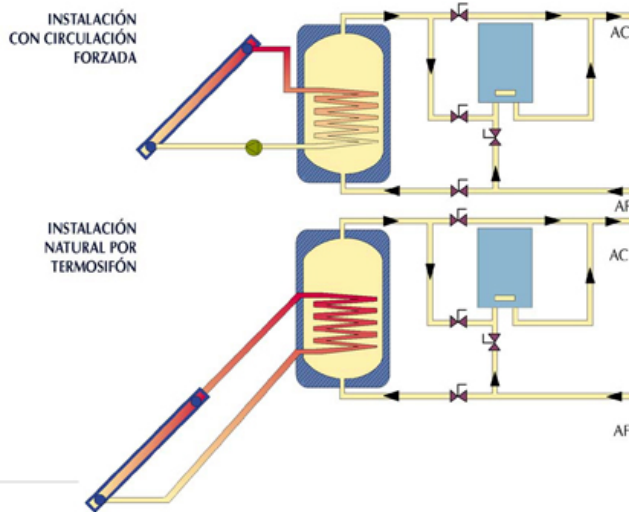


Figura 4-8  
**Sistemas de circulación en instalaciones fototérmicas.**

El mecanismo mediante el cual se produce el movimiento del fluido que circula en el circuito primario de captadores, puede ser de dos tipos: la circulación forzada y la circulación natural (termosifón).

En las instalaciones por termosifón el fluido de trabajo circula por convección libre debido a las variaciones de densidad del fluido, como consecuencia de las variaciones de temperatura, mientras que en los de circulación forzada se dota al equipo con dispositivos (bombas de circulación) que provocan la circulación forzada del fluido de trabajo.

La fuerza impulsora del movimiento en los equipos por termosifón es pequeña y, por lo tanto, se debe prestar especial atención al diseño y montaje de la instalación para favorecer siempre el movimiento del fluido.

**Selección del tamaño de la instalación.**

El parámetro básico para seleccionar el tamaño de una instalación es el consumo medio diario de agua caliente. Cuando no se disponga de datos de consumo, se puede utilizar para calcularlo distintos procedimientos:

1. El consumo de agua fría es conocido. El de agua caliente puede estimarse entre el **25 y el 35 %** del consumo de agua fría.
2. A través del consumo de energía destinado a la preparación de agua caliente, excluyendo otros usos: cocina, calefacción, etc.
3. Cuando no se disponga de datos de consumo, en viviendas unifamiliares se utilizará el valor de **40 litros por persona y día**. En viviendas multifamiliares, es aconsejable **30 litros/persona y día**.

Determinación de la capacidad de acumulación. En base al consumo medio diario se determinará la instalación más apropiada que tendrá un volumen de acumulación de, aproximadamente, el consumo medio diario con un margen de  $\pm 20\%$ .

Determinación de la superficie de captación. Un valor promedio puede estar en el orden de **1,00 a 1,25 metros cuadrados** de captador por cada 100 litros de volumen de acumulación.

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

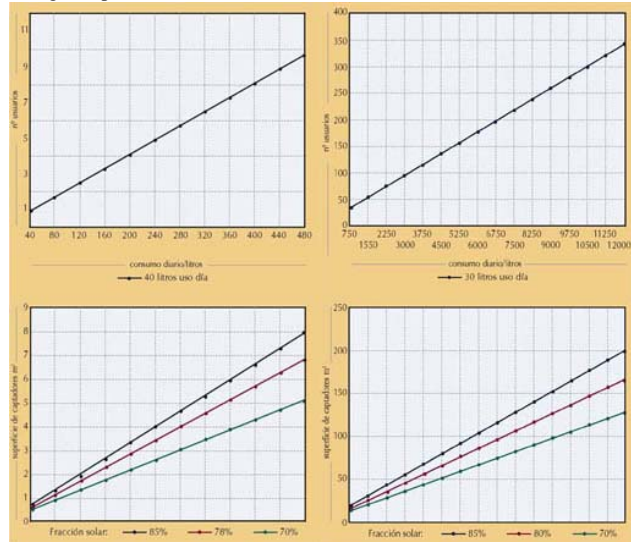


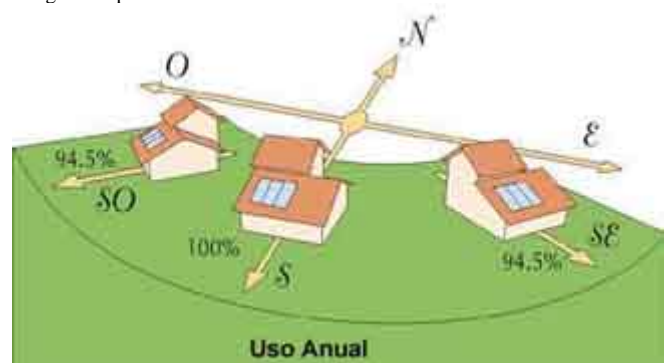
Figura 5. Viviendas Unifamiliares

Figura 6. Viviendas Multifamiliares

Figura 4-9  
**Cálculo de la superficie (m<sup>2</sup>) de captadores necesario para cubrir un determinado porcentaje de la demanda de energía con la instalación solar (fracción o cobertura solar).**

Las siguientes figuras muestran la influencia de la **ORIENTACIÓN** de los captadores en las prestaciones energéticas de la instalación solar. Tomando como referencia **ORIENTACIÓN SUR** e **INCLINACIÓN 45°**.

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imágenes reproducidas con fines académicos.



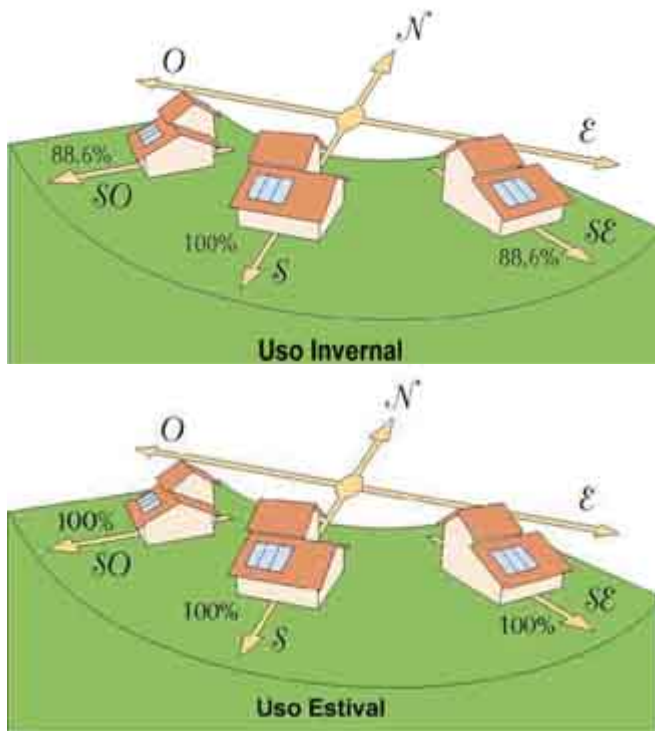
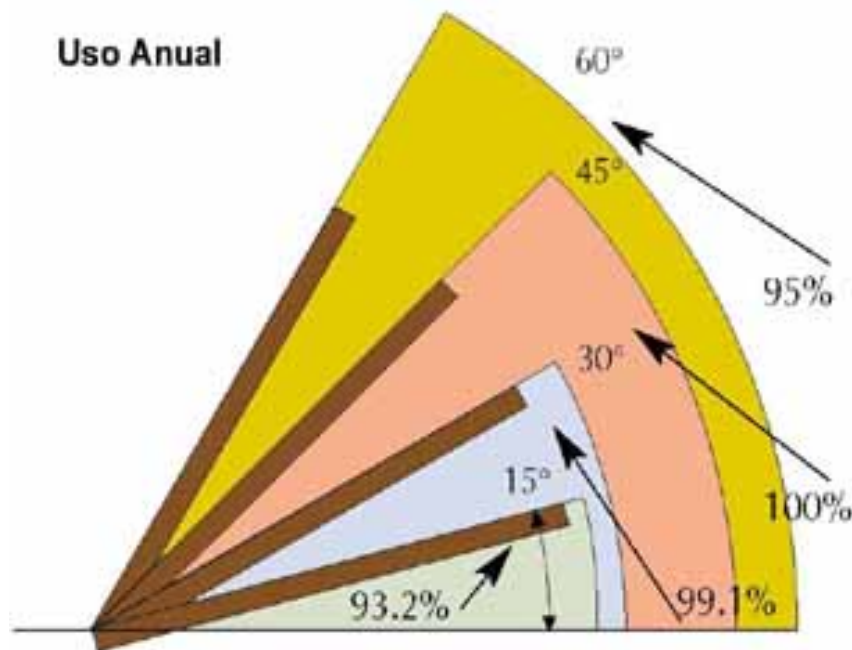
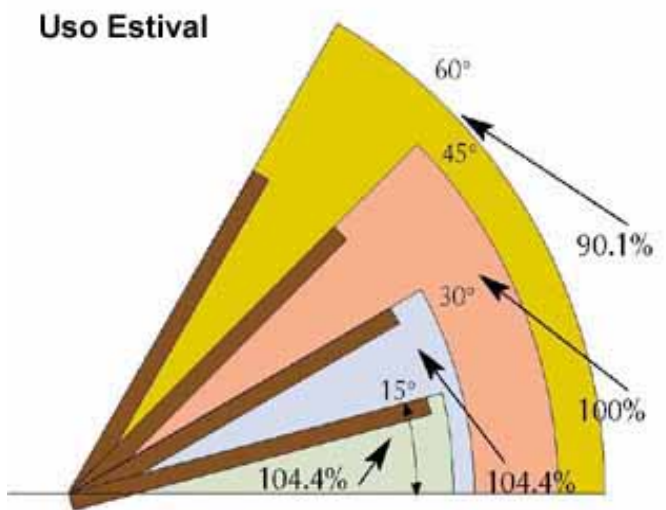
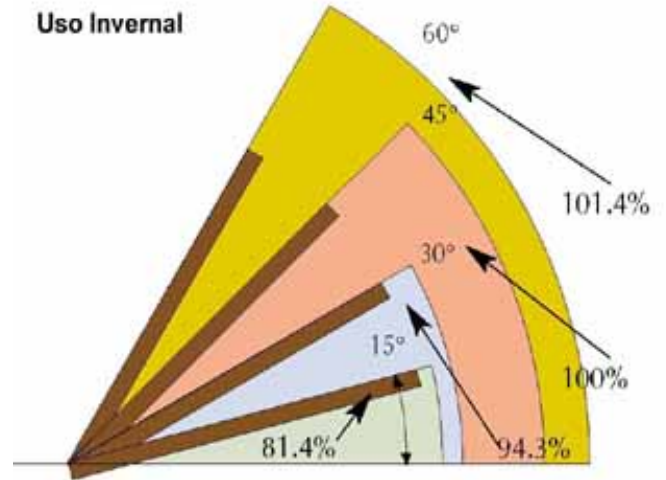


Figura 4-10, 4-11, 4-12

Para el uso anual, si la orientación es SO ó SE (94.5%), la reducción de prestaciones respecto a la referencia (100%) sólo será de un 5.5%. Esta influencia es mayor en invierno (reducción del 12.5%) y en verano no afecta la desviación respecto al SUR.

En lo que respecta a la inclinación de los captadores, y tomando la misma referencia (ORIENTACIÓN SUR e INCLINACIÓN 45°), la influencia se indica en las siguientes figuras.

Fuente: <http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>.  
 Imágenes reproducidas con fines académicos.



Figuras 4-13,4-14,4-15

Las gráficas anteriores indican la variación de prestaciones en función de la inclinación de colectores solares. Aunque en las viviendas de nueva construcción puede tenerse en cuenta, con objeto de ubicar la instalación de forma que se optimicen las prestaciones, en viviendas existentes debe primar la integración arquitectónica, supliendo las desviaciones respecto a la referencia con el correspondiente aumento de superficie de captación.

## 5. Comportamiento térmico pasivo de edificios.

### Conceptos de arquitectura bioclimática.

#### EL CLIMA Y LA ARQUITECTURA.

El clima caracteriza a una región por el comportamiento de sus componentes y variables atmosféricas dando lugar a un estilo de vida con características físicas y psicológicas particulares en el hombre. El clima es uno de los factores más importante en el diseño, ya que de él depende que la arquitectura sea de muros pesados o ligeros, de cubiertas inclinadas o planas. O de color oscuro o claro, con grande o pequeños vanos para las ventanas, entre otros.

El **clima** es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan a una zona geográfica, las lecturas de los elementos del clima se realiza por un período de tiempo muy largo (de 20 a 30) años. El origen de la palabra clima viene del griego: *κλίμα -τος: inclinación*. Ya que los griegos se percataron que las condiciones climáticas variaban en función de la manera en que los rayos del sol incidían sobre la tierra o bien separado de ellos.

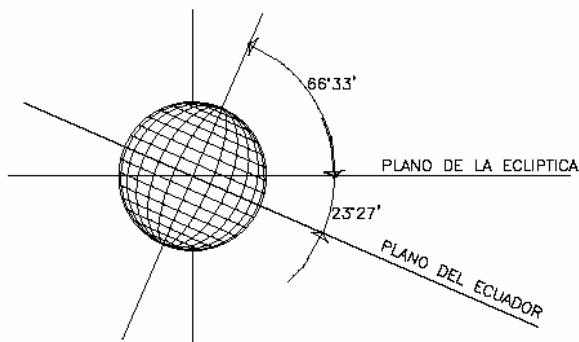


Figura 5-1  
**Inclinación del eje terrestre con respecto al plano de la eclíptica. CRZ**

Los factores climáticos son las condiciones físicas que identifican a una región o un lugar en particular, los principales son:

- Latitud.** Distancia angular de un punto sobre la superficie terrestre con respecto al ecuador, medida en grados sexagesimales. Determina el ángulo de incidencia de los rayos solares con respecto a la superficie de la tierra.
- Altitud.** Distancia vertical de un plano horizontal con respecto al nivel del mar, se mide en metros, influye en el clima debido a que a mayor altitud la temperatura atmosférica desciende.
- Relieve.** Configuración superficial de la tierra, determina las corrientes de aire, la insolación, vegetación y contenido de

humedad del aire. Las condiciones del relieve ocasionan incrementos de viento, asoleamiento y ruido.

- Distribución de tierra y agua.** Relación entre los cuerpos de agua y tierra firme de un lugar. El agua es un elemento regulador del clima debido a sus características térmicas. Cualquier
- Corrientes marinas.** Movimiento de traslación continuado y permanente de las aguas de mar en una dirección determinada. Las corrientes marinas pueden provocar sequías o inundaciones, así como variaciones en los patrones del clima.
- Modificaciones al entorno.** Cambios que genera el hombre en su actividad y las de origen natural. La construcción de una ciudad, una presa, una planta nuclear, un aeropuerto o una autopista ocasiona variaciones significativas en el clima y en los ecosistemas.

#### ELEMENTOS DEL CLIMA.

Son las propiedades físicas de la atmósfera, están en continuo cambio debido a los ciclos dinámicos que los afectan, los más importantes son:

- Temperatura.** Estado de agitación de las moléculas que componen un cuerpo. Determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro comparándola por medio de una de las cuatro escalas existentes. (Celsius, Fahrenheit, Kelvin y Ranking) Es uno de los objetivos del espacio habitable el proveer a los ocupantes de una temperatura adecuada para el desarrollo de sus actividades.
- Humedad.** Es el contenido de agua en el aire. La humedad relativa es la relación de humedad del aire y la cantidad de agua necesaria para saturarlo a la misma temperatura; es una manifestación de la energía del aire (calor latente) relacionada con la temperatura.
- Precipitación.** Agua procedente de la atmósfera de forma líquida o sólida, puede ser sensible o insensible ya sea lluvia, granizo, llovizna, nieve o rocío, bruma o niebla. La precipitación pluvial se mide en milímetros.
- Viento.** Corrientes de aire producidas en la atmósfera por causas naturales, tiene atributos de velocidad, frecuencia y dirección. Su uso adecuado provoca sensaciones agradables en los espacios que de otro modo serían inhabitables. Se recomienda visualizar los patrones y



comportamientos del viento por medio de modelos tridimensionales en túneles especiales, ya que el viento se comportan como un fluido muy sensible a los objetos en su camino que lo vuelven turbulento.

- e) Presión Atmosférica. Peso propio de la atmósfera de 1293 g por litro de aire a nivel del mar. Peso del aire por unidad de superficie expresado en milibares.
- f) Radiación. Cantidad total de energía solar que alcanza la superficie terrestre en un plano horizontal. Se compone de la radiación directa y de la radiación difusa, se expresa en kW/hr y en MJ/hr. Puede usarse para calentamiento del aire o del agua de manera sencilla y eficiente; motivo de la presente investigación, así también es muy importante cubrir de la radiación solar en lugares muy cálidos.
- g) Nubosidad. Conjunto de partículas minúsculas de agua líquida o hielo suspendidas en la atmósfera en forma de masas cuyo color varía según la incidencia de la luz solar. es un factor. Es un factor de diseño importante porque afecta a la cantidad de radiación solar incidente sobre las superficies de las construcciones y en los sistemas que aprovechan esta energía.
- h) Visibilidad. Distancia de percepción visual dado el grado de pureza o turbiedad del aire.

#### DÍAS GRADO.

Se refiere a la diferencia existente entre la temperatura media ambiente y la diferencia se multiplica por el número de días del mes, la *Zona de Confort Térmico* propuesto por Szokolay se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$ZCT \text{ local} = T_n + 2.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De donde  $T_n$  = temperatura neutra y se calcula:

$$T_n = 17.6 + 0.31 \text{ Temperatura media del mes más cálido.}$$

#### SISTEMA DE AGRUPACIÓN BIOCLIMÁTICA.

Considerando la temperatura promedio del mes más calido se tienen rangos:

Menores a 21°C para requerimientos de calefacción.

Entre 21° y 26° C para la zona de confort térmico.

Mayores de 26°C para requerimientos de enfriamiento.

La precipitación pluvial anual nos proporciona el grado de aridez o humedad de los climas:

Menores de 650 mm para climas secos.

Entre 650 y 1,000 mm para confort higrométrico.

Mayores a 1,000 mm para climas húmedos.

Combinado estos grupos se obtienen los siguientes climas:

Menores a 650 mm. de precipitación pluvial  
Frío seco      Templado seco      Cálido seco.

Para 650 y 1,000 mm. de precipitación pluvial.  
Frío      Templado      Cálido.

Para mayores de 1,000 mm. de precipitación pluvial.  
Frío húmedo.      Templado húmedo.      Cálido húmedo

#### Sistemas de climatización natural.

##### Definición de sistemas pasivos.

Los sistemas pasivos para adecuar una construcción al ambiente y lograr una arquitectura eficaz y confortable, son aquellos que utilizan al Sol, las brisas, la vegetación y el manejo del espacio arquitectónico, sin depender de sistemas electromecánicos para crear un microclima interior adecuado.

El uso apropiado de la energía solar proporciona bienestar, iluminación, temperatura interior adecuada al clima y ahorro, y deberá de ser parte integral del diseño arquitectónico.

Los griegos, los romanos y los representantes de muchas otras culturas sabían como calentar, ventilar, enfriar, iluminar y adecuar sus casas al ambiente.

Fuente: <http://lifestylelondon.blog24.fc2.com/blog-entry-60.htm>.

Imágenes reproducidas con fines académicos.



Figura 5 – 2

**Banco del Comercio. Norman Foster.**

La arquitectura árabe domina los sistemas pasivos y dentro de este rubro, los de la región sur de España, como por ejemplo en la Alambra de Granada que considera sistemas magistrales de manejo del calor y el frío.

La era actual, tan moderna, tecnológica y electrónica, lamentablemente no permite ni favorece que el hombre entre en contacto con la naturaleza.

Fuente: <http://www.corbusierhaus-berlin>  
Imagen reproducida con fines académicos

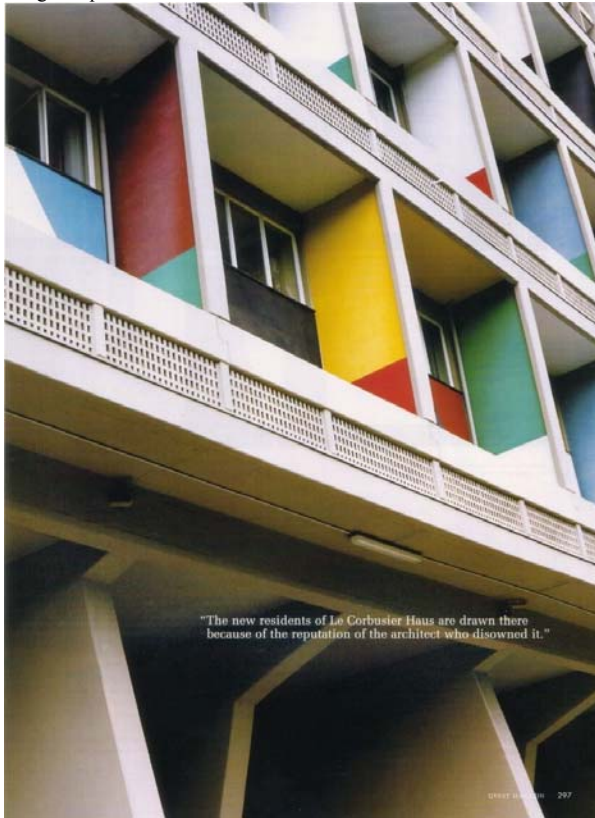


Figura 5 – 3  
**Parteluces de Le Corbusier.**

Los aparatos de aire acondicionado y los calentadores de gas parecen tentadores y modernos, que no tendría sentido usar la energía solar para calentar una construcción o aprovechar los vientos para enfriarla.

En los años de auge económico se pensaba que el petróleo duraría siempre y a precios razonables. Ahora se sabe que esto no es cierto.

El costo económico y ecológico de calentar o enfriar los edificios con gas o electricidad es muy alto, por lo cual la alternativa lógica es usar el ambiente a favor, como lo han hecho grandes arquitectos: Le Corbusier en Francia, Frank Lloyd Wright en Estados Unidos, Wladimiro Acosta en Argentina o Norman Foster en Inglaterra. Estos arquitectos han empleado elementos constructivos que forman parte del diseño arquitectónico.

Al respecto, Le Corbusier usaba partesoles en sus ventanas, mientras que Wladimiro Acosta utiliza elementos constructivos, a los que llamaba “aleros visera”, cuya finalidad era dejar pasar el sol en invierno, y taparlo en verano. Estos elementos regulan los rayos

solares y forman un recinto protector de sombra delante del edificio.

Es importante distinguir entre **calentamiento solar pasivo** y **enfriamiento pasivo**, porque mientras el primero aprovecha la energía solar, la capta y la almacena en una masa térmica, para luego calentar el interior, el segundo funciona de tal modo que evita que los rayos solares se acumulen en la masa térmica (por ejemplo, al pintar la masa térmica de blanco) o mediante el uso de espejos para reflejarla fuera de la casa, y tampoco permite que la radiación solar penetre a la masa térmica por medio de partesoles, aleros o aislamientos térmicos.

### **Enfriamiento pasivo.**

En México y América Central, uno de los problemas más difíciles que afrontan los arquitectos e ingenieros son las altas temperaturas encontradas en zonas extensas, las cuales provocan pérdida de bienestar para el usuario de la arquitectura.

Para enfriar una construcción por medio de sistemas pasivos, se pueden emplear los métodos siguientes:

- a) Sistemas pasivos de enfriamiento.
- b) Sistemas de enfriamiento evaporativo.
- c) Sistemas híbridos de enfriamiento.

Fuente: <http://www.espartinas.net/ayuntamiento/medioambiente/galeria.php>  
Imagen reproducida con fines académicos

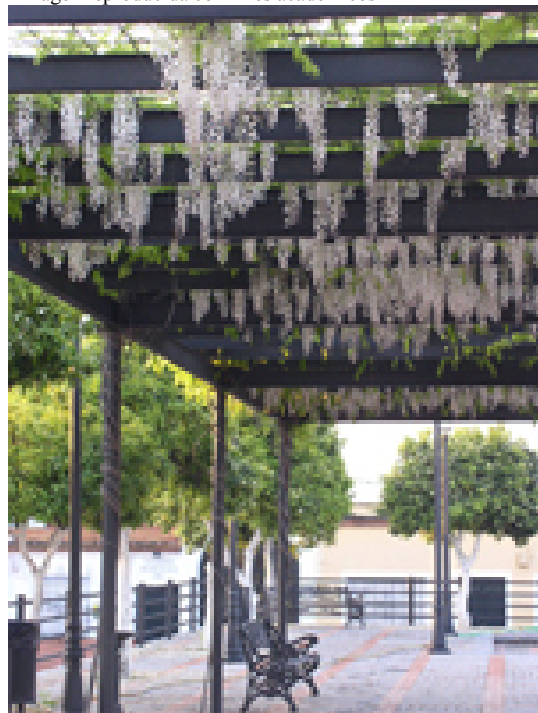


Figura 5 – 4  
**Las pérgolas y enredaderas permiten el enfriamiento pasivo.**

### Sistemas pasivos de enfriamiento.

Los sistemas pasivos de enfriamiento son aquellos en los que se usan diversos métodos y materiales, para evitar que los rayos solares pasen al interior y calienten la construcción.

Esto se puede lograr en climas cálido – húmedos, al instalar la construcción mediante barreras de aire (cámara de aire en el interior de los muros y techos), aislantes térmicos, medios externos que impiden la radiación térmica en ventanas (pérgolas o aleros) o al sacar el aire caliente que entre al interior por medio de chimeneas de efecto ventura, mediante ventilación cruzada o torres de viento.

En climas secos y áridos, la idea consiste en humidificar y refrescar durante el día, para lo cual se deben de aprovechar las brisas, usar el agua en beneficio de la comodidad del usuario, o proyectar grandes sombras que protejan el hábitat. Las grandes masas térmicas con que se construye o incluso la misma tierra arcillosa son excelentes aislantes térmicos.

### Sistemas de enfriamiento evaporativo.

El enfriamiento evaporativo es necesario para enfriar construcciones en climas cálido – secos. Este tipo de enfriamiento ocurre por un cambio de la materia, al pasar del estado líquido al gaseoso, y funciona en una planta o en una fuente como sigue: Una corriente de aire al pasar por una masa de agua, como puede ser una el agua de una fuente que se evapora al paso del aire, para la evaporación se requiere de calor, el cual el agua lo toma del medio circundante, finalmente éste último disminuye su temperatura.

### Sistemas híbridos de enfriamiento.

Estos sistemas se usan en climas cálidos – secos y cálidos – húmedos con temperaturas muy altas. Al respecto, es necesario complementar los sistemas pasivos con ventiladores o acondicionadores de aire, para que el sistema sea efectivo, especialmente en los peores días del año. Estos sistemas tanto pasivos como mecánicos, se llaman híbridos.

### Calentamiento solar pasivo.

Para calentar una construcción por medio de la energía solar pasiva, se pueden usar los métodos siguientes:

- Por ganancia solar directa.
- Por ganancia solar directa e indirecta (sistemas combinados).
- Sistemas híbridos de calentamiento.
- Sistemas de calentamiento de agua.

### Por ganancia solar directa.

En este sistema, se hace que el Sol no sólo fluya directamente y se acumule en la masa térmica, en muros, pisos y techos que irradian este calor al interior, sino también que penetre a través de ventanas o domos directamente hacia el interior de la construcción.

Dicho sistema de ganancia solar directa también produce una inmejorable calidad de iluminación cuando se prueba y calcula por medio de un balance térmico, en cuyo caso la cantidad de radiación es la adecuada, lo que aumenta el bienestar ambiental.

### Por ganancia solar directa e indirecta (sistemas combinados).

De hecho, son inexistentes los sistemas en los que se usa sólo la radiación indirecta. El calor en sistemas de radiación indirecta es captado y almacenado en tanques de agua, en invernaderos o en cisternas de piedras, para luego ser transmitido al interior de la construcción; sin embargo, es prácticamente imposible diseñar una construcción sólo con este sistema. Lo más normal es que se emplee este sistema combinado con otros de radiación solar directa, es decir, un sistema combinado.

Es latitudes que tienen temperaturas más frías, el uso

Fuente: Colectivo. *“Instalaciones de energía solar : Curso programado”*, Sevilla : ProgenSA.  
Imagen reproducida con fines académicos.

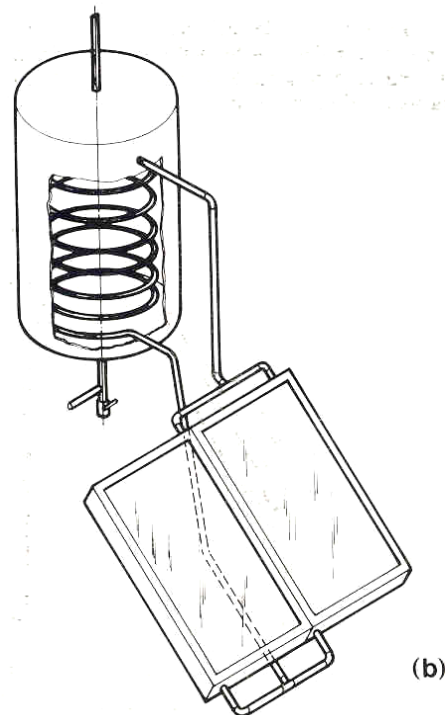


Figura 5 – 5  
Sistema termosifónico con intercambiador para calentamiento de agua

del muro Trombe en la pared poniente que recibe el Sol permitirá calentar la construcción al forzar la entrada de aire frío por la parte interior de dicho muro, calentar ese aire y por convección introducirlo por la parte posterior, ya calentado.

### Sistemas híbridos de calentamiento.

En tales sistemas se almacena el calor en cámaras con piedras, y el aire caliente se desplaza hacia el interior de la construcción por medio de ventiladores.

Dichos sistemas tienen la enorme ventaja de que las casas que los emplean adoptan termostatos que regulan automáticamente la cantidad de calor en una habitación, haciendo el clima más confortable y acogedor.

### Sistemas de calentamiento de agua.

Fuente: <http://www.tramas.cl/fotos?D=A>  
Imagen reproducida con fines académicos

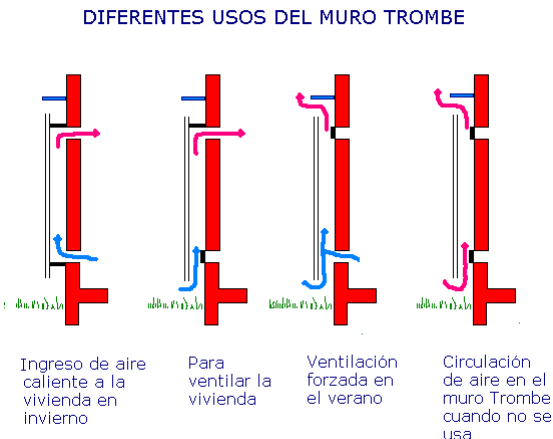


Figura 5 – 6  
Muro Trombe.

Es importante anotar que tanto para las construcciones en climas cálidos como para las de climas templados o fríos, en México, América Central y Estados Unidos, se puede contar con sistemas de calentamiento de agua en los que se usa la energía solar con el fin de calentar el agua y almacenarla en un tanque para su posterior empleo.

Con dichos sistemas se gana en calor y se puede ahorrar mucho combustible, porque sólo se consume gas en los días muy nublados en los que se necesita el combustible para calentar el agua. Estos sistemas se combinan con la instalación convencional de gas y se puede tener un ahorro de hasta un 75% del combustible y pos supuesto, de dinero.

Es importante que el arquitecto o el ingeniero diseñe el sistema junto con la construcción, para que sea integral; sin embargo, se pueden hallar soluciones a construcciones a las que se les agregaría el sistema después de realizarlas.

También es importante calcular el número adecuado de paneles necesarios para cada caso, con el fin de tener un sistema eficaz.

Tales sistemas se colocan en la cubierta de la construcción con orientación sur, preferentemente, para captar el máximo de radiación solar en este hemisferio.

### Sistemas pasivos. Eficiencia y costo.

Muchas personas y algunos arquitectos desconocen las ventajas de la energía solar; la barrera más infranqueable es la incredulidad de la mayoría de la gente, quien cree que no sirve o que es muy costosa. Lamentablemente, esto se debe sólo a la falta de conocimientos.

### Parámetros de energía solar pasiva.

- a) Orientación.
- b) Materiales que se deben usar (masa térmica).
- c) Balance térmico.
- d) Proyecto arquitectónico y sus recomendaciones en diferentes zonas.
- e) Ubicación en el terreno.
- f) Vegetación.
- g) Conocimiento y experiencia del arquitecto en sistemas pasivos.

### Orientación.

La orientación que se debe de dar a una construcción ubicada en zonas frías (altas y montañosas), para calentarla por medio de la energía solar, es el sur al mediodía, en el hemisferio norte, por el contrario, si se desea enfriar una casa situada en una zona de clima cálido – húmedo, la orientación adecuada será el norte, para evitar los ratos solares.

### Materiales que se deben de usar (masa térmica)

En general, para calentar una construcción o para enfriarla durante el día y calentarla en la noche (en zonas desérticas o extremas) lo ideal es usar materiales que produzcan retardo térmico, como la tierra, el adobe, la piedra, tabique rojo. Estos materiales contienen mucha masa térmica.

El concreto armado en muros muy delgados y la madera resultan desastrosos como material, a menos que se aislen térmicamente, con gruesas capas de fibra de vidrio, con capas de poliuretano, o al dejar cámaras de aire entre la pared exterior y la interior, o entre el techo exterior y el interior. Estas soluciones funcionan mejor en zonas cálidas húmedas, donde no se requiere una masa térmica, ya que no interesa almacenar el calor (las noches son cálidas también), a diferencia de lo que ocurre en las zonas desérticas.

### Balance térmico.

Se deben de efectuar los estudios especiales para manejar el uso de la energía solar, porque esto implica tener algunos conocimientos de física y trigonometría para entender los principios de la geometría solar.

### Proyecto arquitectónico y sus recomendaciones en distintas zonas.

La manera de proyectar influye significativamente en el aprovechamiento de la energía solar para calentar una

casa en climas fríos, o para enfriar una casa en climas cálidos secos y cálidos húmedos.

### **Zonas cálido – húmedas.**

#### **Enfriamiento pasivo.**

En zonas cálido – húmedas se de

- a) Emplear colores claros con bajo coeficiente de absorción.
- b) Tener espacios orientados hacia el norte y/o protegidos del sol poniente y del sur.
- c) Cubrir dichos espacios abiertos por medio de enramadas, pérgolas,, aleros, techumbres o detalles constructivos, o remetes estos espacios abiertos.
- d) Permitir el paso continuo de las brisas y vientos con el uso de persianas móviles, que se pueden controlar manualmente. Los espacios abiertos se deben de orientar de forma adecuada para permitir la ventilación cruzada.
- e) Aislar techos y paredes para impedir que la radiación térmica se almacene en ellos. No se recomienda usar láminas de ningún tipo, porque permiten el paso directo de la radiación térmica.
- f) Diseñar espacios abiertos elevados hacia el exterior, debidamente protegidos de la radiación térmica, para facilitar la reunión de las personas en un ambiente fresco en las horas del atardecer.
- g) Localizar en diferentes partes superiores la construcción de chimeneas de efecto ventura, para forzar el aire caliente hacia fuera.
- h) Diseñar aberturas en la parte inferior de los muros (con cámaras de aire interior) para permitir la entrada de aire fresco hacia el interior.
- i) Diseñar espacios altos para aumentar la masa de aire del interior.
- j) Plantar árboles frondosos, palmeras y enredaderas, para crear sombras y proteger los costados de la construcción que tenga orientaciones sur y poniente; asimismo, dejar espacios verdes en jardines y parques, para impedir la radiación indirecta.

### **Zonas cálido – secas.**

#### **Enfriamiento pasivo.**

En zonas cálidas – secas, lo ideal es disminuir la temperatura interior y humidificar. Con este fin, se presentan diversas alternativas:

- a) Emplear colores claros, para reflejar los rayos del sol.
- b) Orientar la construcción opuesta al mediodía.
- c) Diseñar espacios con pequeñas aberturas al exterior, debidamente sombreadas o remetidas.
- d) Considerar que los materiales con grandes masas térmicas, como adobe, tabique, tierra, piedra, entre otros, permiten almacenar la radiación y luego radiarla hacia el interior por la noche, cuando la temperatura baja considerablemente.

- e) Crear enfriamiento evaporativo y localizar volúmenes de agua protegidos del Sol, cercanos a la construcción o ubicados en espacios abiertos que enfríen las masas de aire (brisas), para que lo humidifiquen y lo enfríen antes de entrar al interior.
- f) Usar techos planos o hundir la construcción en el terreno para refrescarla y protegerla del clima.
- g) Proteger los muros y aberturas de la radiación directa por medio de parteluces, aleros, techumbres, pérgolas, entre otros.
- h) Crear espacios abiertos en la parte inferior de los muros para favorecer la entrada de las brisas.
- i) Estudiar el diseño de los pueblos indígenas en el norte de la República Mexicana y en Nuevo México, con sus techos planos, diseño que se usa actualmente en la arquitectura contemporánea.
- j) Localizar turbinas eólicas en la parte superior de las cubiertas.

### **Zonas Frías.**

#### **Calentamiento pasivo.**

En las zonas frías se sugiere lo siguiente:

- a) Emplear colores oscuros, con altos coeficientes de absorción de la radiación.
- b) Diseñar espacios con aberturas orientadas hacia el mediodía.
- c) Aprovechar y almacenar la energía solar por medio de invernaderos, tragaluces, domos, aberturas especiales, entre otros.
- d) Usar materiales con grandes masas térmicas.
- e) Colocar invernaderos en tinacos pequeños para calentar el agua.
- f) Usar una chimenea con leña o carbón para calentar la casa en los días más fríos.
- g) Emplear el sistema de doble vidrio y dejar varios centímetros entre cada vidrio, para impedir que salga el calor.
- h) Usar contraventanas, para impedir que el calor se salga en la noche.
- i) Utilizar techos inclinados, más bajos en la zona de ventanas y más altos en las zonas de muros, para forzar el calor hacia el interior.
- j) Emplear tejidos y lanas pesadas como protección interior de las aberturas.
- k) Plantar árboles de hoja caduca que permitan pasar la radiación en invierno.

#### **Sistemas pasivos para zonas templadas.**

En las zonas templadas se recomienda que el proyecto sea abierto, simplemente para dejar fluir el aire, y que la construcción promueva el bienestar, la comodidad y la salud de los habitantes.

- a) Se recomienda emplear colores neutros que no permitan ganancia ni pérdida de la energía solar.

- b) Se sugiere crear espacios hacia el exterior (aberturas) que permitan el paso de la luz natural, para ahorrar energía eléctrica e iluminar naturalmente la construcción.
- c) Se recomienda usar los jardines, patios y espacios abiertos centrales, para cultivar flores y plantas.
- d) Se sugiere crear espacios abiertos con rematamientos, en especial los orientados al poniente, para impedir el deslumbramiento.
- e) Como no hay problemas de pérdida ni de ganancia de calor, el espacio puede fluir hacia el exterior y generar una arquitectura en donde se integre el espacio interior con el exterior.
- f) Combinar el uso de jardines con el de espacios interiores.

### Ubicación en el terreno.

Si se quiere calentar una casa en la zona fría templada, lo ideal será encontrar una colina y poner la pared norte contra ella y dejar la sur para ventanales e invernadero.

Al respecto, cabe afirmar que los vientos del norte llegarán a la colina y no enfriarán la casa, pues la tierra servirá de protección; y a su vez, el jardín se dejará hacia el sur, para recibir el sol.

El jardín con Sol hacia el sur permitirá que crezcan vegetales, de este modo, la casa se protege de vientos del norte. Un jardín con buena orientación calentará la casa al irradiar el Sol (vía indirecta) hacia el interior, por las ventanas que den a aquél y que recibirán la radiación de la tierra. En ambos casos es importante no desperdiciar el terreno en jardines pequeños, que no contribuyen a la comodidad de la casa.

Si se desea enfriar, se deberá orientar hacia el norte y dejar jardines al sur sólo para que éstos produzcan frutas y flores, pero que estén debidamente sombreados y sin ventanas que den hacia ellos, ya que de otra manera se obtendrán grandes ganancias de calor.

En el caso de vistas al mar y atardeceres espectaculares, se pueden dejar los espacios abiertos al poniente, pero rematados debidamente para impedir la entrada de los rayos solares.

### Vegetación.

la vegetación de hoja caduca es la más adecuada en jardines de casas que se deseen calentar; en cambio, en lugares muy cálidos, lo ideal es buscar árboles con copas frondosas, almendros y palmeras, pues no existe algo peor que verse obligado a cruzar un patio grande en un área calurosa, sin tener la sombra de un árbol. Al mismo tiempo, es muy desagradable contar con ventanales al sur, en lugares fríos, tapados por árboles tupidos de hoja perenne.

*Ejemplos de árboles de hoja caduca ideales para regiones frías.*

- Fresnos.
- Colorines.
- Ciruelos.

*Ejemplos de árboles de hoja perenne, ideales para regiones cálidas.*

- Plameras.
- Almendros.
- Sauces.

### Conocimiento y experiencia del arquitecto en sistemas pasivos.

Se sugiere ampliamente que los usuarios busquen la ayuda de técnicos especializados, ingenieros, arquitectos, ingenieros en energía, entre otros, para resolver sus problemas de bienestar térmico ambiental, ya que la experiencia es invaluable en el asesoramiento.

*En resumen:*

Entre los sistemas de climatización natural se pueden encontrar:

- El calentamiento y enfriamiento pasivo.
- La cantidad de aire de ventilación.
- La noción de bienestar térmico.
- Las condiciones de ambiente exterior.
- El efecto invernadero y la captación solar pasiva.
- Las chimeneas solares. Que emplea los fenómenos de convección natural.
- El efecto climático del suelo por su inercia térmica que amortigua las variaciones de calor.
- La forma y orientación. Tanto el área expuesta de la fachada a la radiación solar de acuerdo al género de edificio, las colindancias y el entorno urbano inmediato.
- La resistencia frente al viento.
- La influencia de los vientos dominantes.
- Aislamiento y masas térmicas en ciclos diarios, semanales, mensuales y anuales.
- Ventilación. Renovación de aire, cambios de aire considerados como mínimos por hora.
- Climatización.
- Infiltraciones por hendiduras de las puertas y ventanas
  - Diferentes formas de ventilar.
    - Ventilación convectiva.
    - ventilación convectiva en desván.
    - aprovechamiento climático del suelo.
- Protección contra la radiación de verano.
  - Pérgolas.
  - Aleros.
  - Tejadillos.
  - Volados.
  - Parteluces.
- Sistemas evaporativos de refrigeración.
  - Calor de vaporización.
- Humidificación y deshumidificación.
  - Para humidificar se requiere del 40% del consumo de energía eléctrica para los sistemas de acondicionamiento de aire.
  - Mover el aire y disminuir la temperatura radiante.
  - Fuentes de humedad.

- Factor de humedad.
- Sistemas de chimenea al viento para deshumidificar.
- Torres eólicas.
- Captadores de agua.
- Ductos subterráneos.
- Enfriador evaporativo.
- Respiradores de aire
- Para deshumidificar es necesario diluir con ventiladores, condensar por enfriamiento (en donde se puede aplicar la energía solar para la refrigeración o para la generación de energía eléctrica fotovoltaica; absorción de humedad.
- Efecto Peletier. Condensación sobre superficies enfriadas con técnicas pasivas o híbridas.
- Condensación sobre superficies enfriadas con técnicas activas.
- Absorción de la humedad con cal.
- Iluminación y arquitectura del paisaje.
- Variación de la luz natural. Las variaciones son percibidas por el ojo humano en niveles desde los 3 hasta los 100,000 lx.
- Manifestaciones visuales. Un mismo espacio interior de impresiones visuales diferentes y diferentes percepciones del espacio.
- Color y calidad espectral.
- Aspectos de la energía solar pasiva. Factores:
  - Nivel de iluminación exterior.
  - Orientación.
  - Vanos.
  - Espesor de muros.
  - Tipos de cristales.
  - Tamaño del local.
  - Posición del punto donde se mide la iluminación.
  - Color de las superficies internas.
  - Edificios, árboles, pavimentos.
- Solo se considera la iluminación difusa a cielo despejado, cubierto o semicubierto con eficacias de 100 lm/W
- Aspectos de iluminación:
  - Línea de no cielo.
  - Captación de la radiación difusa dependiendo de los vanos de las ventanas.
  - Sistemas pasivos de iluminación. Iluminación en distintos planos y secciones de la bóveda celeste. Las ventanas altas proporcionan más penetración de luz que las ventanas convencionales.
  - La altura de la ventana varía de acuerdo a la situación con respecto a la calle.
  - Las curvas de iluminación en corte y en planta.
  - Para mejorar la iluminación se puede manejar la reflexión y refracción de la luz.
  - Iluminación con prismas de vidrio.
  - Inclinación de los rayos solares dependiendo de la estación del año.

- Ventanas con parasoles para evitar la radiación solar directa y para distribuir la iluminación.
- Tragaluces orientados al sur.
- Sistemas ópticos para iluminar el espacio central de los edificios.
- Componentes de la iluminación: reflejadas por fachadas y pavimentos, directa y difusa.
- Iluminación fotovoltaica.
- Arquitectura del paisaje.

## LA GEOMETRÍA SOLAR.

Existen diversos métodos para conocer y analizar el comportamiento solar en las edificaciones y espacios abiertos, con fines de diseño y evaluación. Estos métodos son: modelos matemáticos, algoritmos, nomogramas, diagramas gráficos, modelos físicos tridimensionales, programas y software para computadoras y medios fotográficos en combinación con métodos gráficos.

Los métodos matemáticos proporcionan información precisa y se recomiendan cuando se requiere un alto grado de exactitud; por ejemplo, en casos de cálculo y diseño de dispositivos solares activos (colectores solares, fotoceldas, concentradores y hornos solares), balance de energía, transferencia térmica, cálculo y evaluación del comportamiento térmico de materiales y sistemas constructivos, entre otros.

Los tridimensionales son los más prácticos para los arquitectos y urbanistas. Aún cuando no proporcionan la misma exactitud que los métodos matemáticos, dan una aproximación bastante aceptable; además, resultan más conocidos para el diseñador y le ilustran con la necesaria aproximación los fenómenos del impacto solar en la arquitectura y el urbanismo. Aquí se hará énfasis en el manejo de tales métodos, por ser los más prácticos y recomendables en el diseño bioclimático..

A continuación, se describen los métodos de análisis de la geometría solar.

### **Métodos matemáticos con modelos analíticos, algoritmos y nomogramas.**

Por medio de los modelos matemáticos es posible determinar las coordenadas solares en forma precisa. Para ello, se requiere conocer las coordenadas geográficas del lugar por estudiar (latitud y longitud), el día del año y la hora solar u oficial en que se deba de fijar la posición del Sol. La ecuación que permite determinar la hora solar verdadera es la siguiente:

$$\text{Hora solar} = \text{hora oficial} + E + \frac{AL}{15} \quad [1]$$

Donde:

$E$  – Ecuación del tiempo (a medida que la Tierra se traslada alrededor del Sol, su velocidad varía de acuerdo con su distancia a éste. Cuánto más cerca está la Tierra del Sol, más rápida será su velocidad, mientras que conforme más se aleja más, su velocidad disminuirá. A esta diferencia de velocidad de la Tierra se debe que haya una variación entre la hora solar y la hora oficial. La gráfica de la ecuación del tiempo indica el número de minutos que deben sumarse o restarse a la ecuación 1 para determinar la hora solar u oficial). Se expresa matemáticamente en la forma siguiente:

$$E = -229.2(0.000075 + 0.001868\cos B - 0.032077\sin B - 0.01465\cos 2B - 0.04089\sin 2B)$$

De aquí:  

$$B = (n - 1) \left( \frac{360}{365} \right)$$

$n$  = día juliano.

$\Delta L$  –  $L_{loc} - L_{st}$  = Diferencia de longitud geográfica del meridiano local del punto considerado con respecto al meridiano estándar del país o zona que sirve como referencia para fijar la hora legal por la cual se rige dicho país o zona.  $L_{loc}$  es la longitud del meridiano local y  $L_{st}$  es la longitud del meridiano de referencia oficial.

Las longitudes de los meridianos de referencia para la República Mexicana (hora oficial) son (ver figura 6):

- a) Meridiano de 120° W: Baja California Norte, excepto a partir del último domingo de abril al último domingo de octubre que cambia al de 105° W.
- b) Meridiano de 105° W: Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit.
- c) Meridiano de 90° W El resto del país (hora del centro).

Para efectos de cálculo, la hora solar debe de expresarse en grados, el meridiano celeste del Sol respecto a la posición del mediodía solar. El ángulo horario ( $T$ ) a las 12:00 hrs. es igual a 0°. Si cada 15° de longitud equivale a 60 minutos, un grado de longitud equivale a 4 minutos.  $T$  es negativo para las horas de la mañana (AM) y positivo para las horas de la tarde (PM); por ejemplo, a las 10:00 AM el ángulo horario  $T = -30$ , mientras que a las 2:00 PM  $T = +30$ .

**Secuencia de cálculo matemático de los ángulos solares de altitud y azimut.**

La secuencia consiste en determinar lo siguiente:

- a) El día del año:  $n$ .
- b) La declinación solar:  $\delta$
- c) El ángulo horario:  $T$
- d) El ángulo vertical: altura solar  $h_0$

$$h_0 = \arcsin(\cos \lambda \cos \delta \cos T + \sin \lambda \sin \delta)$$

- e) El ángulo horizontal: azimuth  $\alpha$ .

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{\cos \delta \sin T}{\cos h_0}\right)$$

- f) Duración del día en horas ( $D_{día}$ ):

$$D_{día} = \frac{2}{15} \cdot \arccos(-\tan \lambda \cdot \tan \delta)$$

- g) Hora del orto ( $H_{or}$ ):

$$H_{or} = 12 - \frac{\arccos(-\tan \lambda \cdot \tan \delta)}{15}$$

Fuente: <http://www.cenam.mx/husos-horarios.htm>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 5-7. Husos horarios de la República Mexicana.

- h) Hora del ocaso ( $H_{oc}$ ):

$$H_{oc} = 12 + \frac{\arccos(-\tan \lambda \cdot \tan \delta)}{15}$$

Mediante el uso de algoritmos y nomogramas es posible determinar los ángulos solares en función de la fecha, la latitud y la hora del día en que se deseen analizar. Estos métodos ofrecen exactitud, pero requieren de un proceso repetitivo y laborioso; una opción es registrar las fórmulas en un programa de hoja electrónica de cálculo como Excel o un programa de matemáticas como puede ser Mathcad.



**Métodos gráficos: diagramas solares de trayectoria y posición. Métodos de proyección.**

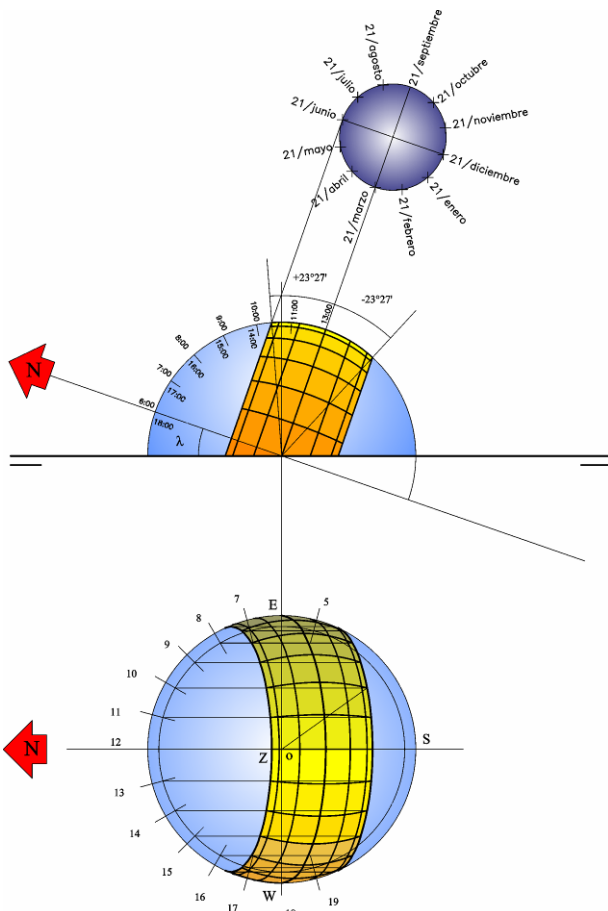


Figura 5-8.  
Proyección ortogonal esférica. CRZ

**PROYECCIÓN ORTOGONAL ESFÉRICA.**

La proyección ortogonal es la representación de la bóveda celeste y la ruta del Sol en una monte biplanar (ver la figura 8). En esta proyección se puede localizar fácilmente la posición del Sol, en cualquier lugar, hora y día del año. Para efectos prácticos, se sugiere trazar la proyección ortogonal de la bóveda celeste que contiene las horas a cada 15 grados y los meses de acuerdo con las declinaciones correspondientes, ya sea en el plano vertical o en el horizontal, con lo cual se puede localizar cualquier día –hora – mes. Una vez trazado el rayo solar correspondiente, se pueden determinar los valores de los ángulos solares de altura y azimut, referidos a la proyección vertical y horizontal.

La lectura del azimut se lleva a cabo directamente en la proyección horizontal; no obstante, para obtener la lectura correcta del ángulo de altura solar en la proyección vertical, es necesario un movimiento geométrico auxiliar: un giro del rayo solar en proyección

horizontal de tal manera que su posición sea frontal con respecto al plano vertical de proyección, a efecto de que se pueda tener y calcular su verdadera forma y magnitud.

**PROYECCIÓN ORTOGONAL CILÍNDRICA.**

Este método de proyección es una derivación simplificada de la ortogonal, esférica, lo diseñó el Arq. Miguel de Bertrán Quintana en 1937<sup>1</sup>. Consiste en transformar la bóveda celeste en un cilindro tangente a ésta, de forma tal que el trazo de las horas en las proyecciones vertical y horizontal se resuelva con líneas rectas paralelas.

Al comparar los métodos de proyección ortogonal esférica y cilíndrica, se advierte que la primera tiene la ventaja de que ilustra la trayectoria solar en forma más realista; además, se representa en un lenguaje gráfico más conocido para el diseñador, al graficarse las vistas en planta y alzado o corte. Por tanto, la ruta solar y los diversos elementos arquitectónicos se pueden correlacionar en forma gráfica directa. Mediante estos dos métodos, se puede hacer un análisis directo de sombras y penetraciones solares, así como diseñar y evaluar dispositivos de sombreado y control solar. Para ello, se requiere transportar las proyecciones de los rayos solares a las plantas, cortes y alzados de un proyecto arquitectónico o urbano que se desee analizar.

**Trazo de la Gráfica Solar:**

Dato: ángulo  $\lambda$ , latitud geográfica del lugar en que se ubica el estudio: en nuestro ejemplo: la ciudad de México, 19°25' Lat. Norte.

1o.- Representamos en monte la bóveda celeste como un hemisferio cortado por el plano horizontal. El círculo en proyección horizontal representa el horizonte del lugar, su proyección vertical H' es íntegra en LT. El semicírculo en proyección vertical representa al meridiano, su proyección horizontal es íntegra en la recta frontal NOS, norte sur, que pasa por el centro; la vertical del lugar es O'Z' OZ.

Fijemos en proyección horizontal los puntos cardinales: la frontal por el centro O indica norte N a la izquierda y sur S a la derecha; el diámetro de punta señala oriente E arriba y poniente W hacia abajo.

2.- En proyección vertical se determina la altura N' del polo, pasando por O' la recta O'N' que forma con el horizonte el ángulo  $\square$ , latitud dada, trácese O'L' perpendicular a O'N'.

<sup>1</sup> de Bertrán Quintana, Miguel. "El Sol en la mano. Estudios de iluminación, orientación y relojes solares". 3ª. edición. UNAM. 1987.

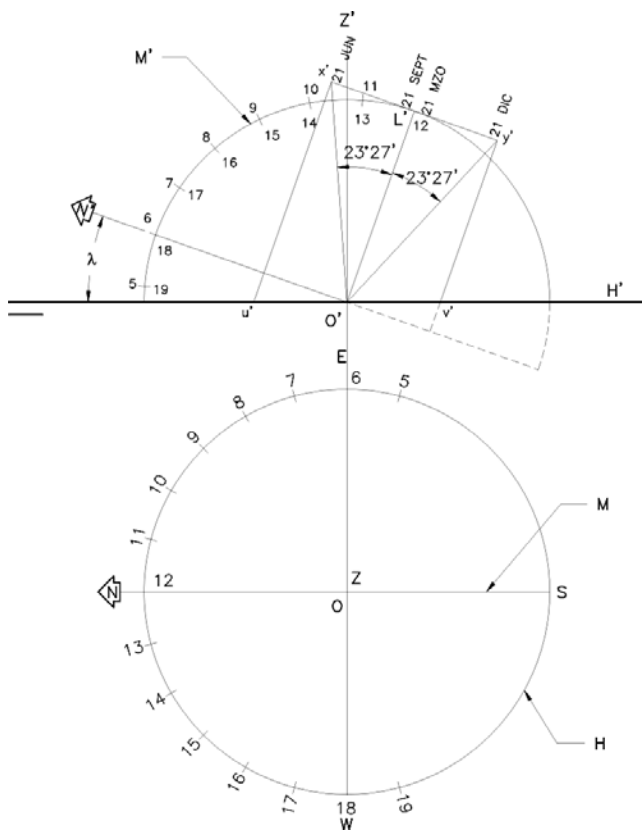


Figura 5-9.  
Trazo de la gráfica solar cilíndrica. CRZ

- 3.- Trácese la tangente al meridiano en  $L'$ , la amplitud del segmento  $x'y'$  se determina en ella por las rectas  $O'x'$  y  $O'y'$  que forman con respecto a  $O'L'$  ángulos simétricos de  $23^{\circ}27'$ . Con esto hemos fijado la amplitud del arco que recorre la eclíptica entre los trópicos de cáncer y de Capricornio.
- 4.- Por  $x'$  y  $y'$ , llévense  $x'u'$  e  $y'v'$  paralelas a  $O'L'$ ; estas tres rectas paralelas son proyecciones íntegras de los semicírculos que recorre el sol en los días clave: 21 de junio, 21 de marzo, 21 de septiembre y 21 de diciembre.
- 5.- Abátase el semicírculo contenido en  $O'L'$ ; alrededor de éste su radio frontal, la proyección vertical de verdadera forma y magnitud es el mismo meridiano. Divídase el cuadrante  $N'L'$  en seis partes iguales en los puntos 6 18...9 15...12, cada parte mide  $15^{\circ}$ , extrápólese a igual distancia 15 y 19. Los puntos obtenidos señalan en esta proyección las horas del día en el equinoccio.
- 6.- Abátase el mismo semicírculo girando ahora sobre su diámetro de punta EW; su proyección horizontal de verdadera forma y magnitud coincide con el círculo del horizonte; divídase el semicírculo ENW en doce partes iguales: 6...12...18, a cada  $15^{\circ}$ ; extrápólese a

igual distancia 5 y 19. Estos puntos son las proyecciones abatidas de las horas del día en el equinoccio que corresponden a las de la proyección vertical.

- 7.- Al regresar el abatimiento de la proyección vertical los puntos horarios se desplazan en paralelas a  $O'N'$  hasta cortar a los tres planos  $x'u'$ ,  $O'L'$ ,  $y'v'$  determinando en ellos las horas del día; se indican 6 a 12 en 21 de junio y 12 a 17 en 21 de diciembre pero entendemos que en cada día se sobreponen en el mismo punto las proyecciones de las horas simétricas como 6 18 7 17 y así sucesivamente. Nótese que los equinoccios representados por  $O'L'$  cubren justamente las doce horas del día medio mientras el solsticio de verano las excede hasta el punto  $u'$  en que su proyección corta al horizonte y el de invierno no las alcanza en  $v'$  en el que la suya llega al mismo plano.

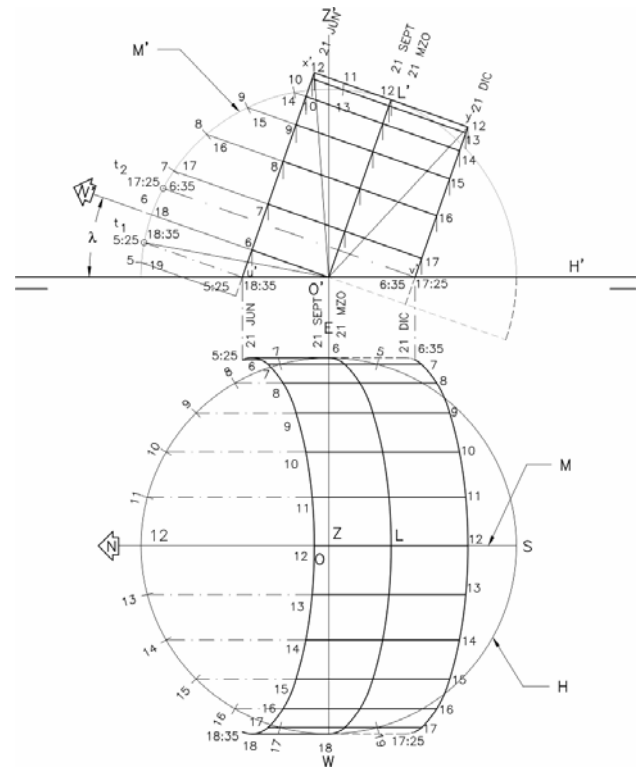


Figura 5.10.  
Trazo de la gráfica solar cilíndrica. CRZ

- 8.- El desabatimiento en la proyección horizontal da como resultado rectas horarias paralelas a N S. Refiéranse de la proyección vertical las horas en cada uno de los tres planos hasta encontrar en la horizontal a las rectas horarias que les corresponden; con ello determinamos las proyecciones horizontales de los tres semicírculos en las fechas clave que se ven como medias elipses.
- 9.- Los puntos extrapolados 5 y 19 nos permiten trazar la continuación de la elipse 21 de junio y referir a ella

los límites  $u$  que exceden de las 6 y las 18 horas. En 21 de diciembre los puntos  $v$  limitan la elipse poco antes de las 7 y poco después de las 17 horas.

10.- El valor horario de los puntos  $u'$  y  $v'$  lo obtenemos refiriéndolos en proyección vertical mediante paralelas a  $O'N'$  hasta cortar al meridiano en  $t_1$  y  $t_2$ ; ahí podemos interpolar gráficamente su valor entre las horas inmediatas o calcularlo analíticamente determinando el ángulo:

$$\text{sen } \alpha = \tan \lambda \tan 23^\circ 27' = 0.434 \tan \lambda$$

$$\frac{t_1}{\lambda} := \frac{60\text{min}}{15} \quad \text{así:}$$

Los valores obtenidos son:

Para  $t_1$ : 5:25 y 18:35

Para  $t_2$ : 6:35 y 17:25;

Cantidades simétricas respecto de 6 y 18 en  $O'$ .

11.- Para determinar la proyección vertical del plano que contiene el recorrido del sol en cualquier día de año (Figura 10); trácese con centro en  $L'$  el semicírculo de diámetro  $x'L'y'$ , en el que cada día corresponde a un grado de arco; se situará solamente el primer día de cada mes:

Partiendo del 2 de junio,  $9^\circ$  arriba está el  $1^\circ$  de julio y a cada  $30^\circ$  sucesivos encontramos  $1^\circ$  de agosto... $1^\circ$  de diciembre;  $21^\circ$  adelante se suman  $180^\circ$  al 21 de diciembre. En sentido inverso, 21 de diciembre,  $9^\circ$  arriba está el  $1^\circ$  de enero y a cada  $30^\circ$  los meses sucesivos  $1^\circ$  de febrero... $1^\circ$  de junio, si cerramos la suma en  $180^\circ$  llegamos al 21 de junio.

12.- Por cada uno de los puntos del semicírculo llevamos paralelas a  $O'L'$ , rectas que proyectan los días señalados. Sus proyecciones horizontales se determinan refiriendo los cortes horarios de la proyección vertical las correspondientes líneas de la horizontal; sólo se indica a modo de ilustración el  $1^\circ$  de marzo y  $1^\circ$  de septiembre, que producen elipses iguales a las conocidas.

13.- En proyección vertical se forma una retícula ortogonal, en la que las paralelas a  $O'L'$  indican días y las paralelas a  $O'N'$  indican horas, ésta corresponde en proyección horizontal con el sistema en que las elipses indican días y las paralelas a NS horas.

Para conocer las proyecciones del rayo solar en cada día y hora dados, la proyección vertical se obtiene, situando el dato como un punto de la retícula determinado por las rectas diaria y horaria según los datos y dirigiendo

desde él, el rayo hacia  $O'$ . En Proyección horizontal el punto se localiza por la elipse diaria y la recta horaria y de ahí se traza el rayo hacia  $O$ .

Con esto tenemos completa la monte solar para la latitud dada, que es válida para cualquier lugar situado en el mismo paralelo terrestre.<sup>1</sup>

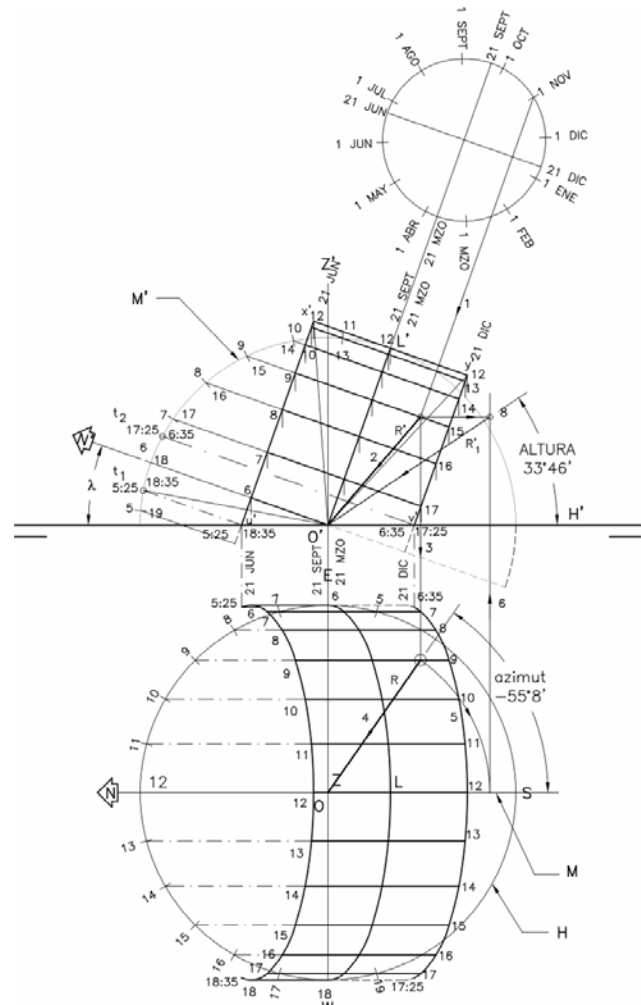


Figura 5.11  
Proyección ortogonal cilíndrica. Ciudad Universitaria. México D.F. CRZ

## PROYECCIÓN EQUIDISTANTE O POLAR.

<sup>1</sup> "Perspectiva Geométrica."

Miguel de la Torre Carbó. Universidad Nacional Autónoma de México. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Acatlán 200 pp. ills

Capítulo XVIII Aspectos técnicos del trazado de sombras. pag 168-179.

En esta proyección se representan en un solo plano las dos coordenadas celestes o solares. Consiste básicamente en construir un sistema de coordenadas polares, a partir del conocimiento previo de los valores de los ángulos del altura solar y azimut, que se grafican en esta proyección. Los valores del ángulo del azimut se refieren a los planos de orientación por cuadrantes y las alturas se representan en los círculos concéntricos equidistantes, cuyos valores se incrementan hacia el centro, donde se localiza la altura solar máxima de 90°. Este método de proyecciones se combina con una **maskilla de sombreado**, que se construye con planos oblicuos, los cuales en esta proyección contienen los rayos solares para las diversas alturas del Sol, con el fin de analizar los patrones de sombras y calcular, diseñar y evaluar dispositivos de control solar, así como estudiar el efecto de las construcciones en el interior y exterior de las edificaciones.

**PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA.**

En este método de proyección también se representan las coordenadas solares en un solo plano. Esta proyección, que es una representación de la trayectoria solar basada en la proyección ortogonal, consiste en transportar la ruta del Sol sobre la bóveda celeste, en un plano horizontal (ver figura 5.12). El procedimiento de su trazo consiste en proyectar cada punto de las alturas, hacia el nadir de la esfera celeste, así las líneas proyectantes se cruzan con el plano horizontal; ahí quedarán ubicadas las proyecciones estereográficas de estos puntos. La mayor ventaja que ofrece este método es que no produce distorsión en las fronteras de la gráfica, como sucede en el caso de la proyección ortogonal o cilíndrica, debido a que es una representación plana de la ruta solar. Por tanto, la lectura de los ángulos solares se facilita, ya que se encuentran concentrados en un solo plano de proyección. Este método de proyecciones es el más recomendable por su versatilidad y sencillez de comprensión y aplicación; además, es muy útil para el estudio de sombras proyectadas por elementos, así como el análisis, diseño y evaluación de dispositivos de control solar. Lo anterior facilita la toma de decisiones acerca de la mejor orientación de un edificio y ubicación de los espacios interiores y exteriores. En las gráficas de proyección estereográfica se pueden sobreponer diagramas de sombreado, diagramas energéticos de radiación o iluminación o establecer en ellas los rangos y variaciones de temperaturas ambiente de determinada localidad que se desee analizar.

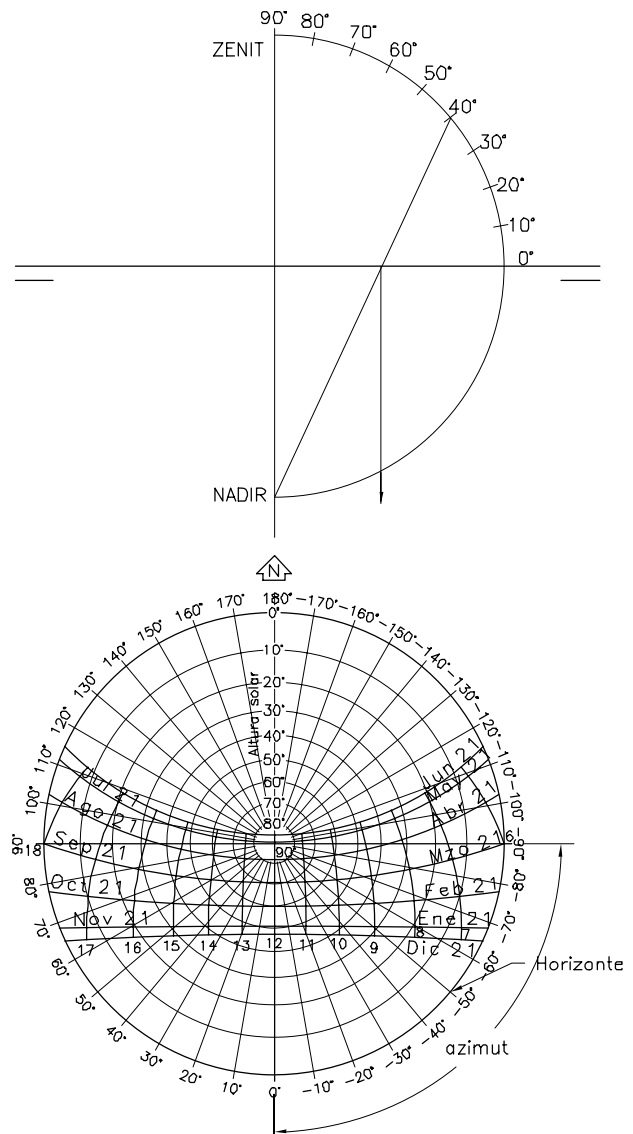


Figura 5.12  
**Proyección estereográfica. Ciudad Universitaria. México D.F. CRZ**

**PROYECCIÓN DE EJES CARTESIANOS.**

Este método consiste en graficar las coordenadas solares sobre un sistema de ejes cartesianos. Se utiliza principalmente para estudiar posibles obstrucciones de sol que elementos naturales o artificiales provoquen en el interior o exterior de un edificio o un espacio abierto, donde se desea analizar el efecto de los elementos circundantes a él.

En síntesis, los diagramas solares, que constituyen la base de los métodos gráficos, son una transformación geométrica de la bóveda celeste tridimensional en un diagrama bidimensional. La secuencia general par el trazo y aplicación de un diagrama solar es la siguiente:

- a) Escoger un método de proyecciones para transformar la bóveda celeste.

- b) Establecer el sistema de coordenadas que representen las líneas de altura y longitud celestes.
- c) Localizar la posición del sol por períodos horarios, diurnos y mensuales (hora, día y mes).
- d) Conectar todas las posiciones del Sol para indicar su ruta horaria y diurna.
- e) Repetir el procedimiento para varias fechas durante el año de la ruta del Sol.
- f) Conectar las posiciones del Sol a la misma hora, pero en días diferentes.

gnomon (reloj solar), de manera que queden representados en dicho plano la combinación de alturas y azimuts para un punto cualquiera en el espacio, cuya altura sobre el plano horizontal se desee conocer. Por tanto, en esta proyección cada punto de la bóveda celeste es proyectado en un plano horizontal localizado en el punto superior de la bóveda. En el centro de la proyección se encuentra la posición del observador. La mayor desventaja de este método para calcular los ángulos solares es que el horizonte se extiende hacia el

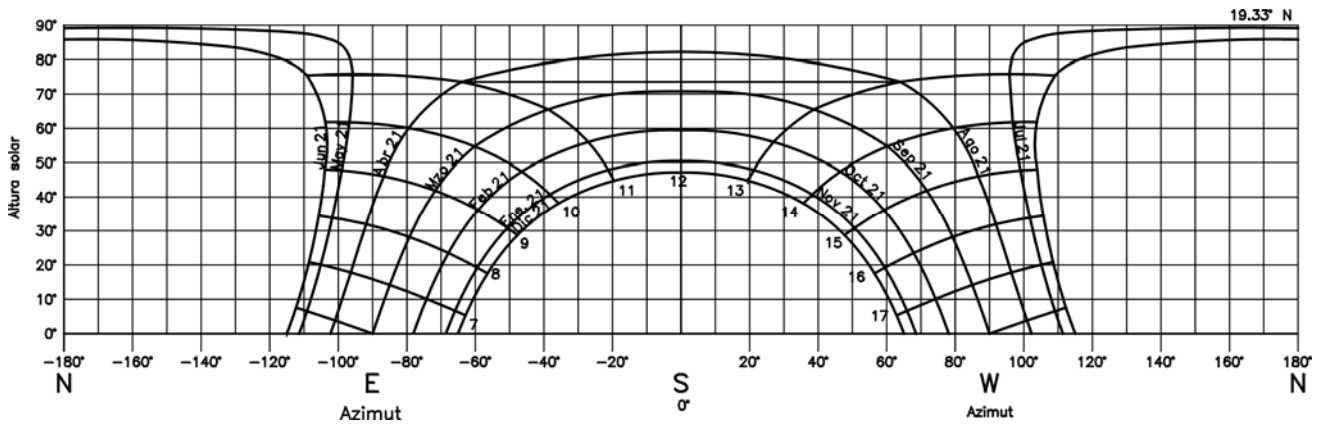


Figura 5.13  
Proyección de ejes cartesianos. Ciudad Universitaria. México D.F. CRZ

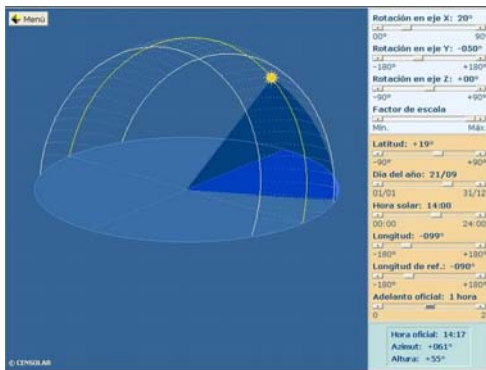


Figura 5.14  
Modelo de simulación en 3D de la Geometría Solar. Programa Censol 5. Censolar. Progenza. Sevilla, España.

El resultado de dicha secuencia general para el trazo de diagramas solares es la representación de la ruta del Sol en un formato día – hora – mes ortogonal, cilíndrico, estereográfico, equidistante o cartesiano. En el diagrama solar correspondiente a determinado lugar, cualquier día y hora del año se pueden establecer con precisión y obtener la lectura, en las escalas apropiadas, de los ángulos solares de altura y azimut.

### PROYECCIÓN GNÓMÓNICA (INDICADORES Y RELOJES SOLARES).

Esta proyección es el origen de todos los métodos analizados y consiste básicamente en trazar la trayectoria de la sombra en el plano del horizonte de un estilete o

infinito, con lo cual dificulta la lectura de ángulos solares de baja altitud (figura 5.15)

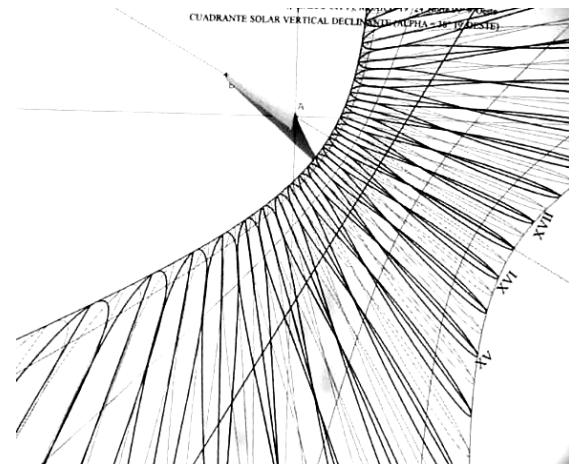


Figura 5.15  
Reloj de sol de cuadrante vertical declinante. Ciudad de México. CRZ

### Métodos computacionales.

Actualmente existen diversos programas de computación, con diferente rango de aplicaciones y costos. La mayor ventaja de estos métodos es su precisión y velocidad; no obstante, para el caso de dispositivos o edificios cuya geometría sea irregular y compleja; tales métodos no ofrecen las ventajas de los métodos gráficos y tridimensionales de simulación.

## 6. Sistemas térmicos activos.

### Sistemas termosifónicos y de circulación forzada.

Están formados por aquellos elementos de la instalación encargados de transferir la energía captada en los colectores solares hasta el depósito acumulador de agua caliente.

El principal de los elementos, en aquellas instalaciones en donde exista, es el intercambiador, pero además se debe considerar el conjunto de tuberías, válvulas y demás piezas que forman parte integrante del sistema.

Según el tipo de sistema de termotransferencia, las instalaciones se pueden clasificar en dos grupos: de transferencia térmica directa e indirecta.

### Circulación directa entre los colectores y el depósito de almacenamiento.

Es la solución más simple y la que proporciona mayor rendimiento térmico, pero tiene como desventajas:

- Es necesario que el circuito de colectores sea realizado con materiales que no contaminen el agua.
- Riesgo de vaporización en todo el circuito para lo que se requiere instalar en el punto más alto un dispositivo de evacuación de calor.
- Todo el circuito, incluidos los colectores, trabaja a la presión de la red, lo cual no suele ser tolerado por la mayoría de los modelos, incluso con la instalación de una válvula reductora, ya que éstas no son de mucha fiabilidad.
- El riesgo de congelación no puede evitarse mediante adición de anticongelantes.
- Los riesgos de corrosión del circuito primario son mayores, debido al alto contenido de aire en el agua de la red.
- Posibilidad de incrustaciones calcáreas y de suciedad en el circuito, lo que exige un conocimiento previo de la dureza y calidad del agua
- Restricciones de tipo legal, al exigir algunas normativas que el agua de consumo no pase a través de los colectores.

En los casos de regiones muy frías, e la que la instalación queda fuera de servicio durante el invierno – lo cual no es muy frecuente en nuestras latitudes – puede usarse este sistema sin necesidad de disponer costosos dispositivos antihelada, ya que el circuito se vacía durante el invierno.

En un sistema directo la circulación del agua podrá ser por termosifón o mediante bomba de circulación, en cuyo caso hay que asegurarse de que sea adecuada para el

agua de la red, siendo necesario que tenga cuerpo interior de bronce o de acero inoxidable.

### Circulación por termosifón.

El movimiento del agua se produce por la diferencia de temperaturas entre el agua fría del tanque y la caliente del colector, esto es, el agua interior del colector calentada por el sol disminuye su densidad y por tanto su peso, por lo que el mayor peso del agua fría del depósito (colocado necesariamente por encima de los colectores) actuando por el conducto de retorno, que une la parte inferior del depósito con la parte inferior del colector, empuja el agua caliente del colector, menos pesada, obligándola a ascender por la tubería que une la parte superior del colector con la parte superior del tanque. (Figura 6.1)

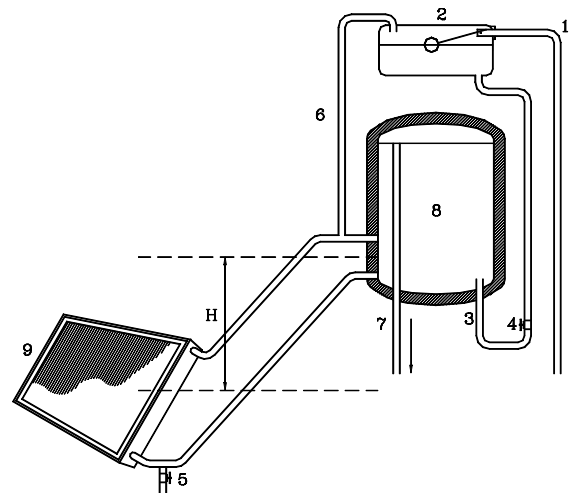


Figura 6.1.

Esquema de circulación por termosifón de un sistema de aprovechamiento fototérmico de la energía solar. CRZ

Creado de esta forma el movimiento del agua del colector al depósito, éste se mantendrá mientras haya suficiente diferencia de temperaturas entre el colector y el depósito. Una vez calentada el agua del depósito las temperaturas se igualan y el movimiento termina. Cuando se produce una extracción de agua caliente del depósito se vuelve a llenar con agua fría de la red, la temperatura del tanque baja y el movimiento se reinicia nuevamente.

Conviene facilitar el intercambio térmico entre el agua de los colectores y la del depósito, llevando interiormente, o bien por el exterior, una de las dos bocas de entrada lo más lejos posible de la otra.

Este tipo de aprovechamiento de la energía solar, se utiliza generalmente para el calentamiento de agua para uso sanitario y en algunos procesos industriales. Normalmente un equipo básico consta de un depósito acumulador y unos colectores o paneles solares que son los encargados de calentar el agua a través de la radiación que el sol ejerce sobre ellos y están formados por una superficie captadora de color negro, un circuito por donde

pasa normalmente agua y una cubierta transparente, todo ello herméticamente cerrado y aislado térmicamente.

Fuente: <http://www.luzverde.org/main3.html>

Imagen reproducida con fines académicos.

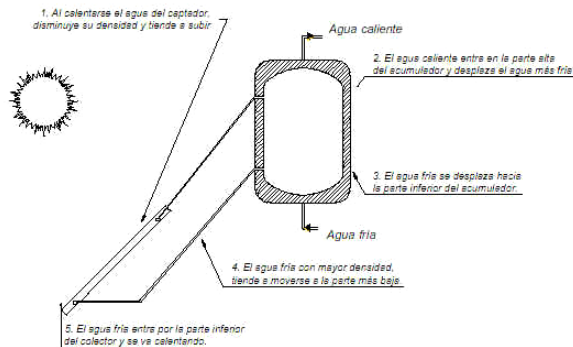


Figura 6.2.

**Funcionamiento termosifónico en circuito abierto.**

### **Funcionamiento.-**

Hay dos tipos de sistemas en los que se clasifican las instalaciones de agua caliente sanitaria:

Cuando la circulación es **pasiva (efecto termosifón)**, el depósito acumulador siempre tiene que ser colocado más arriba que los paneles. Así, de forma natural, el agua más fría acumulada en el depósito, baja por su propio peso hacia el colector donde se calienta, y sube naturalmente hacia la parte superior del depósito, donde se estratifica, ganando temperatura a cada paso por el colector deteniéndose al disminuir la radiación solar. Es el más sencillo y su instalación la más simple, no precisa de ningún mecanismo eléctrico para funcionar, pero en caso de insuficiente radiación, un termostato activa una resistencia de emergencia, incorporada en el depósito acumulador.

Normalmente, el tamaño del equipo varía según el número de personas que lo vayan a utilizar y la frecuencia del uso que le vayan a dar. Un equipo de 200 litros abastece aproximadamente a una familia de cuatro personas.

La circulación **forzada (con bombeo)** permite colocar el depósito en cualquier nivel, por ejemplo, en aquellos casos en los que por razones de espacio, peso o por estética, es necesario ubicar el depósito acumulador en sótano, sala de calderas, etc.

Para utilizar este sistema, se precisa de una bomba de recirculación que impulse el agua fría desde el acumulador hasta los paneles colectores. Dicha bomba, está controlada por un dispositivo regulador que dispone de sondas térmicas, que miden respectivamente las temperaturas del agua del acumulador al retorno de colectores, de tal forma, que cuando la temperatura del

colector es superior a la del fluido del acumulador, se acciona automáticamente la bomba, transfiriendo el calor del agua de colectores, hacia el interior del depósito.

También hay que saber, que el circuito del fluido que va dentro del panel puede ser **abierto**, cuando se utiliza el agua de la red y **cerrado** cuando hay que utilizar un intercambiador de calor (situado entre el panel y el depósito), que transmite la energía térmica desde el 1º al 2º. Así, se forma un circuito primario entre el panel y el intercambiador y un circuito secundario entre el intercambiador y el depósito.

En el circuito primario, al cerrado, se le puede añadir al agua, productos anticorrosivos o anticongelantes, normalmente utilizados en zonas de riesgo de heladas

En el circuito secundario, el agua que circula y se almacena es la de consumo.

Otra de las aplicaciones que tiene la energía solar térmica, es la calefacción, normalmente se utiliza calefacción por suelo radiante o calefacción mediante ventiladores por los que circula agua o aire caliente. Otra opción rentable y económica es el calentamiento de piscinas, bien para uso terapéutico ó para recreación y turismo, alargando así la temporada de baños. Al no ser necesario que la temperatura del agua sobrepase los 30°C, existen unos paneles especiales, sin cubierta ni carcasa, por los que es directamente el agua de la piscina y la que retorna más caliente.

Fuente: [http://www.cartif.es/estacion/e\\_planos.php?resH=1024](http://www.cartif.es/estacion/e_planos.php?resH=1024)

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 6.3. Aplicaciones rurales de sistemas térmicos de aprovechamiento de la energía solar.

Existen sistemas de media (+100°C) y alta temperatura (+300°C) para procesos industriales mediante espejos parabólicos ó paraboloides, que son grandes espejos enfocados hacia un mismo punto, que reflejan la radiación hacia donde existe un absorbedor y una caldera a través de la cual circula un fluido portador de calor. Se pueden originar temperaturas hasta 4.000 °C. Los sistemas solares

de los que hemos venido hablando, se llaman de baja temperatura, porque normalmente no sobrepasan los 100o C. Las aplicaciones son muy amplias e influyen tanto en el sector doméstico como el industrial y el de servicios:

- Doméstico: viviendas unifamiliares, edificios de nueva construcción, viviendas de rehabilitación, bloques de viviendas
- Turístico: hoteles, apartamentos, residencias, albergues, campings, refugios
- Sanitario: hospitales, clínicas, residencias geriátricas.
- Agroganadero: invernaderos, granjas, ordeñadoras, secaderos.
- Recreación: en casi todas las instalaciones deportivas se utiliza agua caliente.
- Servicios: edificios y oficinas, guarderías, peluquerías, colegios, gimnasios, saunas..
- Industria: mataderos, fábricas, naves...

Fuente:

<http://www.codeso.com/EmpresasEcuador/TermoSifon01.html>

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 6.4 .Equipo termosifónico compacto para aplicaciones domésticas o residenciales.

Es básico, en un sistema por termosifón, que el diseño y montaje de la instalación favorezca el movimiento del agua caliente. Dos son los factores que influyen en la fuerza ascendente del agua: En primer lugar, la diferencia media de las temperaturas del agua a la salida del colector y en la parte baja del depósito  $\Delta T$  y en segundo lugar la diferencia de alturas  $h$  entre el tanque y los

colectores. Al conjunto de ambos factores se le denomina **carga hidráulica del sistema** e indica la energía disponible para el movimiento del fluido. Por lo tanto, cuánto mayores sean los valores de  $\Delta T$  y de  $h$ , mas fácil es la circulación del agua.

Se sabe que en una tubería las pérdidas de carga producidas por el rozamiento de agua con las paredes internas son de poca importancia si la tubería está bien diseñada, pero pueden alcanzar valores altos si la tubería es demasiado estrecha. Las pérdidas producidas por la estrangulación del flujo en puntos como una reducción de la tubería, o el interior de una válvula pueden llegar a ser de gran importancia.

De acuerdo con lo anterior, en instalaciones por termosifón, si el circuito tiene tuberías largas y estrechas, con recorridos tortuosos, cambios bruscos de sección o excesivos accesorios, el caudal será reducido aunque se tengas valores altos de  $\Delta T$ , y también será reducido el calor recogido. Deben evitarse determinados accesorios que, como las válvulas antirretorno de resorte, requieren un valor mínimo de la presión del circuito para ser accionadas, por lo que se detendría el movimiento del agua con valores todavía altos de  $\Delta T$ , reduciendo notablemente el calor aprovechado.

Tampoco son adecuadas las tuberías de diámetro excesivo, porque aunque el agua circula sin restricciones, la velocidad de circulación baja y el calor transferido disminuye, al mismo tiempo que aumentan las pérdidas.

Aunque los valores altos de  $h$  favorecen la circulación del agua y permiten instalar tuberías de menos diámetro, esto no debe suponer circuitos excesivamente largos.

El salto térmico en los colectores de sistemas por termosifón es mayor que en los de circulación forzada. La diferencia entre la temperatura de la parte superior e inferior del tanque también es superior. El caudal circulante es, sin embargo menor que el recomendado para los sistemas de circulación forzada.

En cuanto a la regulación del sistema, conviene observar que el hecho de ser el caudal proporcional al salto de temperatura entre el colector y el depósito, implica que el propio sistema actúa ajustando de forma automática el caudal a la radiación solar captada. En un sistema bien diseñado el ajuste se realiza de forma que el salto de temperatura del agua en el colector tiende a permanecer constante en un valor próximo a los 10° C, reduciéndose el caudal a medida que sube la temperatura del depósito.

La regulación natural del sistema tiene el importante inconveniente de no poder limitar la temperatura máxima del agua en el depósito, que en vano puede alcanzar temperatura de hasta 60° C, con riesgo para las personas,



peligro de formación de incrustaciones calcáreas en el depósito y corrosiones en depósitos galvanizados. La única solución parcial consiste en realizar diseños con valores altos de la radiación entre el volumen del acumulador y el área del colector, no inferiores a  $80 \text{ l/m}^2$ , para evitar que en condiciones de utilización normal suba la temperatura del agua por encima de los  $60^\circ \text{ C}$ . Este criterio de diseño, en cualquier caso, no evita el sobrecalentamiento del agua cuando no hay consumo y en general requerirá energía auxiliar durante el invierno lo que, en ocasiones, elimina una de las posibles ventajas posibles de los sistemas de termosifón.

Los sistemas por termosifón son especialmente simples, eficientes y seguros si están bien diseñados, por lo que su uso está muy extendido, sin embargo son poco fiables si el circuito no es sencillo. Su mayor inconveniente radica en la necesidad de situar el depósito por encima de la batería de colectores, lo que dificulta su integración estética. En climas muy fríos puede ser difícil solucionar el problema de la congelación del agua en el colector.

Estos sistemas fueron prácticamente los únicos utilizados hasta los años setenta. Hoy en día siguen siendo utilizados en pequeñas viviendas unifamiliares.

La configuración de un sistema por termosifón viene condicionada por la necesidad absoluta de colocar el depósito por encima de la batería de colectores para crear el movimiento del agua caliente del colector al depósito.

Los mayores rendimientos se obtienen cuando se favorece el movimiento de convección, al tener escasas pérdidas y actuar como temperatura fría la del propio tanque. Sin embargo, en la mayoría de los casos el esquema no puede ser utilizado, al no aceptar el paso del agua de consumo por el circuito primario.

Consecuentemente, es necesario en general utilizar un intercambiador para separar el agua del circuito de los colectores, o primario, del circuito del agua de la red y del consumo como se muestra en la figura 6.5

Las configuraciones con intercambiador de calor admiten dos variantes, en función del sistema de presurización del circuito. De esta forma se tienen las instalaciones con vaso de expansión abierto (Fig 6.5) y las instalaciones con vaso de expansión cerrado.

En relación con la posición del depósito, desde un punto de vista de eficiencia del sistema siempre es preferible situarlo verticalmente, sin embargo por cuestiones de espacio y estética se tiende a situarlo horizontalmente, principalmente en los sistemas compactos (Fig 6.4).

Las instalaciones pueden fabricarse en el lugar, adaptándose a sus condicionantes o utilizar sistemas compactos construidos íntegramente en la fábrica.

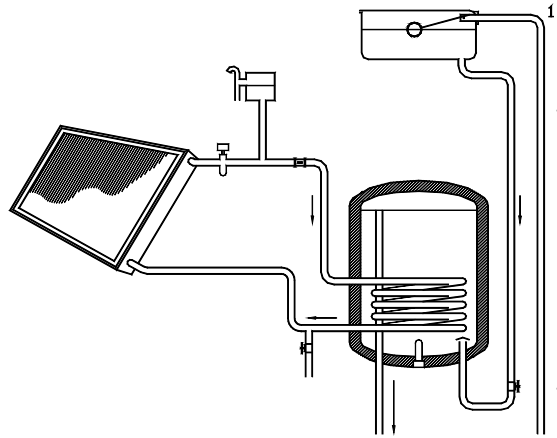


Figura 6.5. Esquema de un sistema termosifónico con intercambiador de calor y depósito de expansión abierto. CRZ

### Circulación del fluido caloportador primario por termosifón.

En las pequeñas instalaciones el termosifón suele utilizarse en circuitos con intercambiador, por lo que su efecto queda restringido al circuito primario y no al acumulador.

Si se usa un fluido caloportador con anticongelante u otros aditivos, hay que procurar que la viscosidad no sea excesiva, pues cuando se enfría, la pérdida de carga puede dificultar el inicio del efecto termosifón, lo cual es un inconveniente frente al sistema de termosifón directo.

El sistema de circuito primario independiente conserva las ventajas del directo, como la autonomía, eliminación de riesgos de avería, entre otros. El riesgo de incrustaciones queda minimizado salvo en el caso de frecuentes vaciados y renovaciones del fluido para prevenir la congelación.

Condiciones básicas en el diseño de estas instalaciones:

1. La batería de colectores debe situarse en cualquier caso por debajo del depósito de acumulación.
2. Es necesario disponer de una mínima carga hidráulica, esto es, una diferencia de alturas entre el acumulador y el colector para generar el movimiento de convección. Debe evitarse durante la noche que se produzca la

inversión de la dirección del flujo de agua en una instalación mal diseñada, aquella en donde el peso del agua fría de la parte superior del colector obligue a que el agua más caliente de la parte inferior del depósito circule hacia el colector, en estas condiciones el colector actúa como radiador, perdiendo calor y enfriando el sistema.

- debe reducirse al máximo las pérdidas por fricción en tuberías y estrangulaciones de flujo en accesorios.

## CÁLCULO DE COLECTORES SOLARES PLANOS

Esquema del proceso de cálculo:

- Calcular mes a mes, el consumo energético de acuerdo con los datos de partida.
- Buscar el valor de  $H$  (y corregir si procede) y el factor  $k$  de inclinación según el ángulo elegido. Si se trata del hemisferio sur, téngase en cuenta un desplazamiento equivalente a 6 meses respecto de los valores dados en tablas.  
Si la instalación no funciona durante algunos meses, hay que asignar a  $H$  el valor cero.  
Hallar  $E = 0.94 kH$   
Si la orientación se desvía  $\beta$  grados del Sur ( $20 < \beta < 70$ ) multiplicar  $E$  por  $1.14 - 0.0085\beta$
- Hallar  $I$ , dividiendo  $E$  (en julios) por el tiempo útil dado por la tabla 1 (en segundos).
- A partir de la ecuación teórica del rendimiento del colector, que adopta la forma:

$$\eta = b - m(t^\circ - t_a^\circ)/I, \quad \text{hallar la ecuación real.}$$

En el caso del colector con cubierta y destinado a producir agua caliente.

$$\eta = 0.94b - m(45^\circ - t_a^\circ)/I,$$

$t_a^\circ$  = es la temperatura ambiente diurna obtenida del servicio meteorológico o medida en el lugar.

- La aportación por  $m^2$  de colector vale  $\eta E$ .
- La energía neta disponible por  $m^2$  v ale:  
 $0.85 \eta E$  (caso general)  
 $0.80 \eta E$  (caso desfavorable o fines de semana)  
 $0.90 \eta E$  (caso favorable)
- Se divide el consumo de energía total anual entre la energía neta anual disponible por  $m^2$  y el resultado será el número de metros cuadrados necesarios.

Se realizará entonces un ejemplo práctico de cálculo, siguiendo los pasos explicados anteriormente y disponiendo los resultados intermedios en forma de tabla, que presenta la ventaja de una mayor claridad y, además, de poder, si se desea, efectuar los cálculos en un programa de computadora (excel por ejemplo)

Se trata de una instalación de agua caliente para 70 personas que gastan 75 litros al día a una temperatura de  $50^\circ \text{C}$ , localizada en Durango, Dgo. y que está en servicio todo el año.

Se utiliza un colector de  $2 \text{ m}^2$  de superficie efectiva con cubierta de vidrio, cuya ecuación de rendimiento, según la documentación del fabricante, es:

$$\eta = 0.85 - 5.89(t^\circ - t_a^\circ)/I,$$

La longitud de la ciudad de Durango es  $24^\circ 2'$  Norte, por lo que se tomará una inclinación de  $24^\circ$

La instalación se encuentra a las afueras de la ciudad con atmósfera limpia.

Para confeccionar la tabla y, en general, mientras no se especifique lo contrario, la energía se expresa en Megajulios.

### Explicación del proceso:

- Columna 1. El porcentaje de ocupación es el tanto por ciento de ocupantes que coinciden en el edificio cada mes y que, por tanto, son lo que cuentan a la hora de calcular el consumo.
- Columna 2. Se ha calculado simplemente multiplicando el coeficiente de ocupación por el número total de ocupantes y por el número de  $m^3$  que una persona consume al mes (que es igual a 75 por el número de días del mes, dividido entre 1000).
- Columna 3. Temperatura del agua proveniente de la red.
- Columna 4. Diferencia entre la temperatura de uso y la de la red.
- Columna 5. Se calcula aplicando  

$$Q = mc_e \Delta t^\circ$$
Siendo  $m$  el valor en toneladas de agua calentada (que coincide con el número de  $m^3$ ),  $c_e$  el calor específico del agua (1 termia/tonelada  $^\circ\text{C}$ ) y  $\Delta t^\circ$  el salto térmico (columna 4).
- Columna 6. De la columna 5 se pasa a la 6 teniendo en cuenta que 1 termia = 4.184 MJ
- Columna 7. Se divide la columna 6 por el número de días de cada mes.
- Columna 8. Energía  $H$  en Megajulios que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes (obtenido de tablas).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	% de ocupación	Consumo mensual en m <sup>3</sup> .	Temperatura de red	Salto térmico	Necesidad energética mensual en termias.	Necesidad energética mensual en Megajoules	Necesidad energética diaria en Megajoules	H (tablas)	H (corregida)	$\alpha = 34^\circ$ $L=24^\circ$ k	E
Enero	70	113.9250	9	41.0	4,670.93	19,543.15	630.4242	12.9	13.5450	1.17	14.8968
Febrero	70	102.9000	11	39.0	4,013.10	16,790.81	599.6718	16.6	17.4300	1.12	18.3503
Marzo	70	113.9250	12	38.0	4,329.15	18,113.16	584.2956	19.2	20.1600	1.05	19.8979
Abril	80	126.0000	13	37.0	4,662.00	19,505.81	650.1936	21.4	22.4700	0.98	20.6994
Mayo	100	162.7500	13	37.0	6,021.75	25,195.00	812.7420	23.7	24.8850	0.92	21.5205
Junio	100	157.5000	11	39.0	6,142.50	25,700.22	856.6740	21.6	22.6800	0.90	19.1873
Julio	100	162.7500	11	39.0	6,347.25	26,556.89	856.6740	21.7	22.7850	0.92	19.7045
Agosto	100	162.7500	11	39.0	6,347.25	26,556.89	856.6740	20.8	21.8400	0.98	20.1190
Septiembre	100	157.5000	11	39.0	6,142.50	25,700.22	856.6740	17.4	18.2700	1.07	18.3760
Octubre	80	130.2000	12	38.0	4,947.60	20,700.76	667.7664	16.9	17.7450	1.15	19.1823
Noviembre	70	110.2500	12	38.0	4,189.50	17,528.87	584.2956	15.8	16.5900	1.21	18.8695
Diciembre	70	113.9250	10	40.0	4,557.00	19,066.49	615.0480	12.3	12.9150	1.21	14.6895

Total año. 260,958.28

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	No. de horas de sol útiles	I (W/m <sup>2</sup> )	t <sub>a</sub> (°C)	100m x (t <sub>a</sub> - t <sub>a</sub> )/I	η (%)	Aportación solar por m <sup>2</sup>	Energía neta disponible al día por m <sup>2</sup>	Energía neta disponible al mes por m <sup>2</sup>	Energía solar total	% de sustitución.	Déficit energético
Enero	9	459.7812	15.5	44.2	35.70	5.32	4.5209	140.1490	14,295.1954	73.15	5,247.9548
Febrero	10	509.7347	17.1	38.0	41.88	7.69	6.5330	182.9228	18,658.1275	100.00	0.0000
Marzo	11	502.4767	19.8	35.4	44.50	8.85	7.5263	233.3168	23,798.3085	100.00	0.0000
Abril	11	522.7154	22.2	31.3	48.57	10.05	8.5465	256.3938	26,152.1720	100.00	0.0000
Mayo	12	498.1648	23.5	31.3	48.57	10.45	8.8843	275.4128	28,092.1086	100.00	0.0000
Junio	12	444.1536	22.2	36.9	43.03	8.26	7.0185	210.5545	21,476.5582	83.57	4,223.6618
Julio	12	456.1256	20.8	37.7	42.19	8.31	7.0669	219.0752	22,345.6662	84.14	4,211.2278
Agosto	11	508.0598	20.8	33.9	46.05	9.26	7.8748	244.1174	24,899.9738	93.76	1,656.9202
Septiembre	11	464.0433	20.4	37.6	42.33	7.78	6.6117	198.3500	20,231.6956	78.72	5,468.5244
Octubre	10	532.8472	19.2	34.0	45.85	8.80	7.4765	231.7723	23,640.7778	100.00	0.0000
Noviembre	10	524.1560	17.5	36.5	43.38	8.19	6.9576	208.7292	21,290.3775	100.00	0.0000
Diciembre	9	453.3839	16.0	44.2	35.73	5.25	4.4613	138.2994	14,106.5418	73.99	4,959.9462

Total año.

2,539.0932

25,768.2352

**Tabla 6.1. Columnas de cálculo de colectores solares.**

Columna 9. Coincide con la columna 8 multiplicada por 1.05 (coeficiente de corrección por condiciones atmosféricas).

Columna 10. Valor que da la tabla del coeficiente de corrección por inclinación para una latitud de 24° y una inclinación de 25°. (La mas próxima a la real de 24°)

Columna 11.  $E = 0.94 kH$

Columna 12. Horas de sol útiles obtenidas de gráficas solares menos obstrucciones.

Columna 13. Se obtiene dividiendo la columna 11 entre la 12 pero habiendo pasado previamente E a julios y el número de horas a segundos (Basta multiplicar por 277.78 el cociente de ambas columnas).

Columna 14. Temperatura ambiente durante las horas de sol.

Columna 15. Parte de la ecuación de rendimiento:

$$100 \times 5.89(50 - t_a)/I$$

Columna 16. Rendimiento real del colector expresado en porcentaje. Se calcula partiendo del rendimiento teórico:

$$\eta = 100 [ 0.85 - 5.89 (t^\circ - t_a^\circ)/I ] = 85 - 589 (t^\circ - t_a^\circ)/I$$

Al ser un colector con cubierta, hay que multiplicar 85 por 0.94 y del valor resultante se resta la columna 15.

Columna 17. Es la energía que aporta un m<sup>2</sup> de colector (producto de las columnas 11 y 16, esta última previamente dividida entre 100).

Columna 18. Es el producto de la columna 17 por 0.85, a fin de tener en cuenta las pérdidas en el acumulador.

Columna 19. Producto de la columna anterior por el número de días del mes.

Llegados a este punto, ya se puede calcular la superficie colectora necesaria dividiendo la suma de la columna 6 entre la suma de la columna 19. El resultado es (redondeando) de 102 m<sup>2</sup>. Como el colector tiene 2 m<sup>2</sup>, harán falta 51 colectores.

Columna 20. Se obtiene multiplicando el número de metros reales de superficie colectora (102) por la energía neta disponible para el consumo que suministra cada m<sup>2</sup> (columna 19).

Columna 21. Cociente porcentual entre la columna 20 y la 6. Representa la fracción de consumo energético que es satisfecha por la energía solar. En los meses en que la aportación solar sea superior al consumo dicho porcentaje será, lógicamente, igual a 100.

Columna 22. Diferencia entre la 6 y la 20. Representa la energía auxiliar que hay que aportar en los meses en que la energía solar no basta por sí sola para cubrir el 100% de las necesidades.

La suma de la columna 22 (déficit total anual) será la energía auxiliar que necesitaríamos en un año. Dicha energía representa un 9.64 % (cociente entre la suma de la columna 22 y de la 6) del total necesario y, por lo tanto, el ahorro global en energía debido a la aportación solar será:  $100 - 9.87 = 90.13$  % del total.

### Observaciones:

Al efectuar los cálculos para hallar el valor de cada casilla de la tabla los resultados pueden ser ligeramente distintos de los obtenidos si se hacen en un programa de computadora, debido al redondeo acumulativo de cifras significativas y al número de dígitos que los programas consideren válidos. En cualquier caso las diferencias no llegan a ser mayores del 1%.

Si el rendimiento del colector en algún mes del año resulta ser menor del 10%, es una buena norma tomar como dicho valor igual a **cero**, pues en estos casos suele ser preferible desconectar la instalación y evitar que la bomba y demás elementos de la instalación trabajen, ya que el aprovechamiento sería muy bajo como suele suceder en latitudes muy elevadas en diciembre y enero. Así pues, dicha regla deberá tenerse en cuenta en los cálculos de las columnas a partir de la 16.

En algunas ocasiones, el agua fría, - que va sustituyendo a la caliente del acumulador a medida que se produce el consumo - no entra directamente de la red de distribución general, sino que se toma de un depósito

intermedio de reserva en el cual permanece el tiempo suficiente para igualar prácticamente su temperatura con la del ambiente, la cual, en regiones templadas, suele ser superior a la de la red.

En estos supuestos el salto térmico de la columna 4 es la diferencia entre la temperatura de consumo y la del ambiente, resultando una superficie colectora menor.

Si se usa este depósito intermedio siempre ha de disponerse un “bypass” o derivación, que permita, a voluntad, hacer que el agua de la red pase directamente al acumulador solar sin tener que pasar primero por dicho depósito, posibilitando el vaciado de éste, por ejemplo, en épocas en que se temen heladas.

Si la instalación va a estar más de un mes activa, anulándose totalmente (por ejemplo, cubriendo los colectores) es preciso asignar un valor a *H* igual a cero en los correspondientes meses (columna 8).

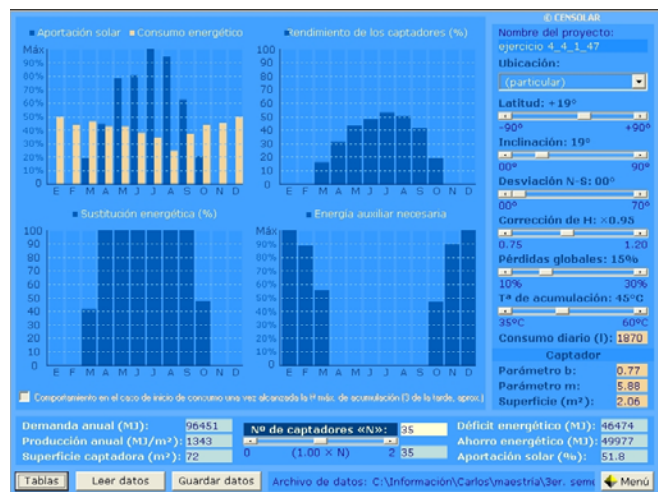


Figura 6.6. Rendimiento y aportación solar. Modelo por computadora. Software Censol 5. Centro de Estudios de Energía Solar. Sevilla España.

### Balance nacional de energía fototérmica<sup>1</sup> Calentadores solares Planos

FUENTE: RADIACIÓN SOLAR.

Características:

Total instalados en 2003: **75,304 m<sup>2</sup>**

Acumulados hasta 2003: **573,919 m<sup>2</sup>**

Eficiencia promedio: 70%

Radiación Solar promedio: 18,841 kJ/m<sup>2</sup>-día

Disponibilidad de energía solar primaria

= 3.947 Petajoules

Generación de calor útil = 2.763 Petajoules

Uso final

Calentamiento de agua de albercas, hoteles, clubes deportivos, casas habitación e industrias

<sup>1</sup> Fuente: Asociación Nacional de Energía Solar, A.C. 2003

## 7. Sistemas fotovoltaicos.

Una célula fotovoltaica suelta solo proporciona una tensión de unas décimas de voltio y una potencia máxima de uno o dos watts, por lo que se tienen que conectar entre sí un determinado número de células para producir tensiones de 6, 12 ó 24 volts; al conjunto así formado se le denomina **panel o módulo fotovoltaico**. Un panel de 12V nominales se requiere entre 30 y 40 células interconectadas.

### Características físicas de los módulos fotovoltaicos.

Los paneles adoptan siempre la forma cuadrada o rectangular con áreas des 0.1 hasta 1m<sup>2</sup> y sin considerar el marco protector tienen un espesor inferior a los 3 cm. Un panel de 0.5 m<sup>2</sup> puede pesar de 6 a 7 kg. Y son capaces de tener ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudieran verse sometidos.

Están hechos con:

- Una cubierta de vidrio templado o de materiales orgánicos especiales.
- Varias capas de material encapsulante a base de siliconas u otros productos orgánicos que tengan una alta transmisión de la radiación y de baja degradabilidad bajo la acción de la misma durante mucho tiempo.
- Una o varias cubiertas protectoras posteriores, tanto de vidrio, TEDLAR, o algún otro material análogo.
- Un marco de acero inoxidable o aluminio anodizado que sujeta al conjunto rodeándolo en todo su perímetro.
- Contactos eléctricos exteriores y una preparación de puesta a tierra

### Características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

La respuesta de un panel frente a la radiación viene determinada por las células que lo forman, pudiendo ser descritas mediante varios parámetros

- **Corriente de corto circuito ( $i_{sc}$ )** Es la intensidad máxima de la corriente que se puede obtener de un panel bajo determinadas condiciones (generalmente normalizadas). Corresponde a la medida, mediante un amperímetro (de resistencia prácticamente nula), de la corriente entre bornes del panel, sin ninguna otra resistencia adicional, esto es, provocando un cortocircuito. Al no existir resistencia alguna al paso de la corriente, la caída de potencial es cero.
- **Voltaje a circuito abierto ( $V_{oc}$ )** Es el voltaje máximo que se podría medir con un voltímetro, sin permitir que pase corriente alguna entre los bornes de un panel, es decir, en condiciones de circuito abierto (resistencia entre bornes infinita).

- **Corriente ( $i$ )** a un determinado voltaje ( $V$ ). Las dos definiciones anteriores corresponden a casos extremos. En la práctica, lo usual es que un panel produzca una determinada corriente eléctrica que fluye a través del circuito externo que une los bornes del mismo y que posee una determinada resistencia  $R$ . Si la diferencia de potencial entre los bornes es  $V$ , se dice que la corriente de intensidad  $i$  se produce a un voltaje  $V$ .
- **Potencia máxima ( $P_M$ )** en unas condiciones determinadas de intensidad  $i$  tendrá un cierto valor comprendido entre 0 e  $i_{sc}$ , correspondiéndole un voltaje  $V$  que tomará un valor entre 0 y  $V_{oc}$ . Dado que la potencia es el producto del voltaje y la intensidad, ésta será máxima únicamente para un cierto par de valores de  $i$ ,  $V$ , en principio desconocidos.

Un panel trabaja en condiciones de potencia máxima cuando la resistencia del circuito externo es tal que determina unos valores de  $i_M$  y  $V_M$  tales que su producto sea máximo. Normalmente un panel no trabaja en condiciones de potencia máxima, ya que la resistencia exterior está fijada por las características propias del circuito, y aunque existe la posibilidad de utilizar dispositivos electrónicos conocidos como “seguidores del punto de máxima potencia”, esto supone un costo adicional y no suelen emplearse en pequeñas instalaciones.

- **Eficiencia total del panel.** Es el cociente entre la potencia eléctrica producida por éste y la potencia de la radiación incidente sobre el mismo.

FUENTE: [http://solartronic.com/images/fig\\_14.jpg](http://solartronic.com/images/fig_14.jpg)

Imagen reproducida con fines académicos.

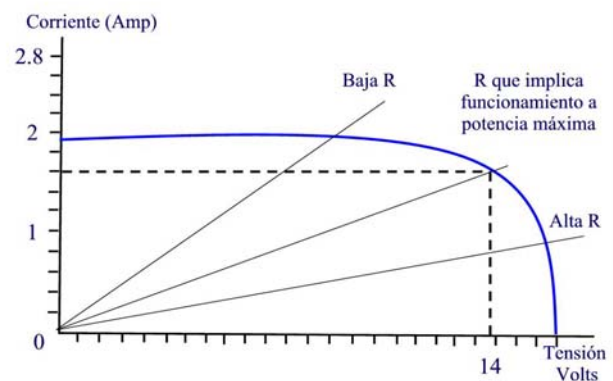


Figura 7.1  
Curva i-V de un panel fotovoltaico.

- **Factor de forma (FF)** Es un concepto teórico, útil para medir la forma de la curva definida por las variables  $i$  y  $V$

$$FF = P_M / (i_{sc}V_{oc}) = i_M V_M / (i_{sc}V_{oc})$$

Al conjunto formado por células conectadas en serie y en paralelo, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos, se le denomina panel o módulo fotovoltaico. La forma más usual no es construir un generador solar de un sólo panel, sino dividirlo en varios paneles de igual voltaje y potencia.

Para varias aplicaciones se pueden diseñar módulos estándar, cumpliendo condiciones específicas.

Corrientemente sólo se usan ciertos voltajes estándar, como 1,5 V, 6 V, 12 V, 24 V y 48 V, que son múltiplos unos de otros. Cualquier pedido específico de potencia se puede satisfacer conectando el número adecuado de módulos en serie y en paralelo. La asociación en serie de paneles permite alcanzar la tensión pedida mientras que la asociación en paralelo permite obtener la potencia deseada. Los paneles que se interconecten deberán tener la misma curva i-v a fin de evitar descompensaciones.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.2.  
**Módulo fotovoltaico de 36 celdas.**

Las células solares son elementos frágiles y se deben proteger por ambos lados. Esto se consigue colocándolas entre una capa de protección superior y otra inferior. El coeficiente de expansión térmica de los materiales protectores, tanto el superior como el inferior, debe ser similar y compatible además con el de las células. En la actualidad los plásticos y el vidrio son los materiales más empleados. El vidrio tiene la ventaja de mantener intactas sus propiedades ópticas y eléctricas durante largos periodos. Los polímeros no impiden la penetración de la humedad en las uniones y la metalización, por lo que son apropiados si el silicio subyacente y los otros materiales son resistentes a la corrosión. Los plásticos son más ligeros que el vidrio, pero se deben escoger cuidadosamente puesto que algunos tipos pueden perder

su transparencia a la luz y su solidez después de una larga exposición a la luz solar y a la atmósfera.

Los paneles adoptan casi siempre una forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde unos 0,1 m<sup>2</sup> hasta 0,5 m<sup>2</sup>. El grueso total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm. Son relativamente ligeros y, aunque rígidos en apariencia, son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a que pudiesen verse sometidos. Los contactos eléctricos exteriores deben asegurar una perfecta estanqueidad cuando se efectúe la unión con el conductor exterior o con los paneles. Algunos paneles llevan preparada una toma de tierra, que será precisa usar cuando, por acoplarse un cierto número de paneles, la potencia total vaya a ser considerable.

La respuesta del panel frente a la radiación solar viene determinada por las células que lo forman, por lo que se caracterizará por los mismos parámetros que describen a una célula:

- Corriente de cortocircuito
- Tensión de circuito abierto
- Potencia máxima
- Factor de forma
- Eficiencia total del panel

La curva característica del panel o curva de intensidad-voltaje presenta la misma forma que en el caso de las células y varía poco de unos paneles a otros. El estándar internacionalmente aceptado para medir respuestas de los paneles fotovoltaicos es una intensidad radiante de 1000 W/m<sup>2</sup>, que se conoce como una intensidad de un Sol y una temperatura de la célula de 25 grados Celsius. Así, la potencia nominal pico de un panel es la proporcionada por el mismo al recibir una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup> cuando la temperatura es de 25 grados Celsius. No obstante, las condiciones de trabajo respecto a las de referencia vendrán dadas por las variaciones de las células componentes.

#### *Inclinación y orientación de los paneles fotovoltaicos*

Frente a la opción de emplear un sistema de seguimiento, una solución estática puede resultar suficiente para determinadas aplicaciones. Naturalmente, en este caso la energía colectada no es la máxima posible pero puede resultar aceptable si se da al colector una determinada orientación, la cual se puede variar con ajustes estacionales para conseguir algunas mejoras.

#### *Inclinación*

La radiación solar que incide sobre una placa variará con el ángulo que forme la misma con la radiación. La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.3  
Panel de módulos fotovoltaicos.

La inclinación de los rayos del sol respecto a la superficie horizontal es variable a lo largo del año (máxima en verano y mínima en invierno) y por tanto, en aquellas instalaciones cuyos paneles estén fijos, existirá un ángulo de inclinación que optimizará la colección de energía sobre una base anual. Es decir, conviene buscar el ángulo de inclinación de los paneles respecto al plano horizontal que hace máxima la potencia media anual recibida. En la mayoría de los casos este ángulo coincide con la latitud del lugar de la instalación. Normalmente se suele tomar un ángulo mayor, aproximadamente  $15^\circ$ , en beneficio de una mayor captación durante el invierno, cuando la luminosidad disminuye, a costa de una peor captación en verano, cuando hay una mayor cantidad de luz.

Puede ocurrir que la instalación no vaya a usarse todo el año sino sólo en ciertas épocas. Así, si la instalación se va a usar preferentemente en verano conviene que la inclinación del colector sea menor que la latitud del lugar, aproximadamente en  $15^\circ$ .

Evidentemente, las pérdidas de las superficies horizontales con respecto a las que están inclinadas aumentan progresivamente a medida que nos acercamos al norte (en el hemisferio norte) o al sur (en el hemisferio sur). En los polos, los planos horizontales son inútiles. No obstante, es extremadamente difícil valorar las pérdidas en los climas templados ya que la proporción de luz difusa del sol es más grande debido a la presencia de polvo, vapor de agua y nubes. La orientación no ofrece ninguna ventaja en cuanto a la energía recibida desde la radiación indirecta. Por el contrario, debido a que los paneles inclinados reciben la luz de una parte del hemisferio, estos recogen menos luz difusa que los receptores horizontales.

### Orientación

La orientación preferida de los colectores es hacia el Sur, debido a que la trayectoria del Sol en movimiento Este a Oeste es simétrica respecto de la posición que ocupa al

mediodía y a que es precisamente en este momento cuando la captación de energía solar es máxima.

Las desviaciones hacia el Oeste o hacia el Este en un ángulo inferior a  $30^\circ$  hacen disminuir la radiación diaria recibida en un pequeño valor que se cifra en menos del 5%. Por el contrario, para ángulos superiores a este valor, las pérdidas en la irradiación captada son considerables.

En resumen, la orientación óptima de un colector es la que mira directamente hacia el Sur, pero si esto no es posible puede determinarse una variación aproximada de  $15^\circ$ .

### Emplazamiento de las placas solares

En cuanto a la situación de los paneles fotovoltaicos existen las siguientes posibilidades generales:

- **Suelo:** Es la forma más usual de instalación de grupos de paneles y presenta grandes ventajas en cuanto al área opuesta al viento, accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar enterrada por la nieve, se inunde o ser objeto de rotura por animales o personas.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.4  
Orientaciones e inclinación de los módulos fotovoltaicos.

- **Poste:** Es usual en instalaciones de pequeña dimensión, donde se disponga previamente de un mástil. Es el tipo de montaje típico en alimentación fotovoltaica de equipos de comunicación aislados o farolas.
- **Pared:** Presenta ventajas cuando se dispone de buenos puntos de anclaje sobre una edificación construida. Sin embargo, es obligado instalarlo en una fachada al sur y la accesibilidad puede presentar algunos problemas.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.5  
Postes y mástiles para sostener los módulos fotovoltaicos. Pueden tener incluidas las baterías y sistemas de seguimiento solar.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.6  
Uso de módulos fotovoltaicos como dispositivos de control solar. Además de generar electricidad, ofrecen el sombreado necesario en la construcción.

- **Tejado:** Como forma de instalación es una de las más usuales, al disponer de suficiente espacio. Sin embargo, presenta problemas por cubrimiento de nieve, menor facilidad de orientación al sur, e impermeabilizado de las sujeciones del techo.

Es importante evitar la fijación del panel sobre (o cerca) de una superficie metálica negra expuesta de lleno a la luz solar. Se logra normalmente una temperatura de funcionamiento no superior a los 10 °C por encima de la temperatura ambiental. La temperatura de funcionamiento es un factor a tener en cuenta al instalar un panel solar. El rechazo al calor se favorece con una aireación y convección natural.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.7  
Disposición de paneles solares en azoteas y tejados.

#### *Distancia entre paneles*

La separación entre líneas de captadores se establece de tal forma que, al mediodía solar del día más desfavorable (altura solar mínima) del período de utilización, la sombra de la arista superior de una fila ha de proyectarse, como máximo, sobre la cresta inferior de la siguiente.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.8.  
Separación de filas de módulos fotovoltaicos para evitar que se arrojen sombra en ellos.

En equipos de utilización todo el año o en invierno, el día más desfavorable corresponde al 21 de diciembre. En este día, la altura solar mínima al mediodía solar tiene el valor:

$$H_{\min} = (90^\circ - \text{Latitud del lugar}) - 23^\circ$$

Para los equipos de utilización en verano, los días más desfavorables pueden ser el 21 de marzo o de septiembre. En estos días, la altura solar mínima al mediodía solar será:

$$H_{\min} = (90^\circ - \text{Latitud del lugar})$$



En la figura siguiente:

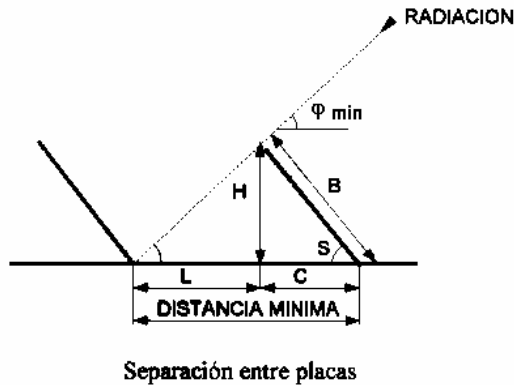


Figura 7.9.  
Determinación de la separación entre filas de módulos fotovoltaicos a partir de la altura solar.

$$C = B \times \cos(S)$$

$$H = B \times \sin(S)$$

La distancia mínima entre líneas de captadores para que la fila anterior no proyecte sombras en la posterior, se determina mediante la fórmula:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\min} = \frac{H}{L} = \frac{B \times \sin S}{\operatorname{Dist}_{\min} - B \times \cos S}$$

$$\operatorname{Dist}_{\min} = B \times \cos S + \frac{B \times \sin S}{\operatorname{tg} \varphi_{\min}}$$

Donde:

S= inclinación del panel

B= longitud del panel

j = ángulo mínimo de incidencia (un valor aproximado puede deducirse del correspondiente diagrama solar polar)

### Estructura de soporte y anclaje

El bastidor que sujeta el panel, la estructura soporte del mismo, y el sistema de sujeción son tan importantes como el propio panel, pues un fallo de estos elementos conlleva la inmediata paralización de la instalación.

El principal factor a la hora de fijar la estructura no es el peso de los paneles al ser estos ligeros sino la fuerza del viento que, dependiendo de la zona, puede llegar a ser muy considerable. La estructura deberá resistir vientos de, como mínimo, 150 Km/h.

En terrazas o suelos la estructura deberá permitir una altura mínima del panel de 30 cm, la cual, en zonas de montaña o donde se produzcan abundantes precipitaciones de nieve, deberá ser superior a fin de evitar que los

paneles queden total o parcialmente cubiertos por las sucesivas capas de nieve depositadas en invierno.

Fuente:[http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.10  
Estructuras de soporte para módulos fotovoltaicos.

Especial atención deberá presentarse a los puntos de apoyo de la estructura. En el supuesto de que esta sea de tipo mástil es conveniente arrostrarla. Si la base donde descansa es de hormigón, es conveniente reforzarlo en sus extremos mediante tirantes de acero.

En cuanto a los anclajes o empotramiento de la estructura, se utilizan bloques de hormigón y tornillos roscados. Tanto la estructura como los soportes habrán de ser preferiblemente de aluminio anodizado, acero inoxidable o hierro galvanizado y la tornillería de acero inoxidable. El aluminio anodizado es de poco peso y gran resistencia. El acero inoxidable es apropiado para ambientes muy corrosivos, siendo de mayor calidad y período de vida aunque presenta un elevado costo. Las estructuras de hierro galvanizado ofrecen una buena protección frente a los agentes corrosivos externos con la ventaja de que el zinc es compatible químicamente con el mortero de cal y de cemento, una vez que estos están secos. Las estructuras galvanizadas suelen montarse mediante tornillos.

Fuente:[http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.

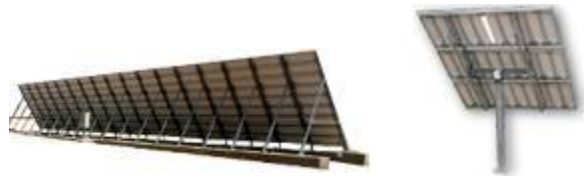


Figura 7.11  
Estructuras de soporte para módulos fotovoltaicos.

Muchas veces los fabricantes de paneles suministran los elementos necesarios, sueltos o en kits. Otras veces es

el propio proyectista o el instalador quien, haciendo uso de perfiles normalizados que se encuentran en el mercado, construye una estructura adecuada para el panel.

### Concentración

Consiste en emplear un sistema óptico que permita concentrar la energía solar correspondiente a una superficie  $S$  sobre una superficie más pequeña  $S_c$  de la célula.

El interés de la concentración reside en la obtención de una misma potencia eléctrica disminuyendo la superficie del conjunto de las células solares, Esta disminución es útil cuando los costes derivados del sistema de concentración son menores que el ahorro obtenido al disminuir la superficie de células necesaria.

En los sistemas fotovoltaicos de concentración una gran parte del costo del sistema corresponde a la estructura mecánica del panel, al subsistema óptico (lentes o espejos generalmente) y al subsistema de seguimiento del sol. El rendimiento de las células tiene un efecto más importante sobre el costo del sistema que el costo de las propias células. Esto significa que, para sistemas de concentración, pueden considerarse soluciones aceptables basadas en células caras, pero de alto rendimiento de conversión.

Fuente: [http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar\\_Fotovoltaica/componentes.htm](http://www.info-ab.uclm.es/labelec/Solar/Solar_Fotovoltaica/componentes.htm)  
Imagen reproducida con fines académicos.

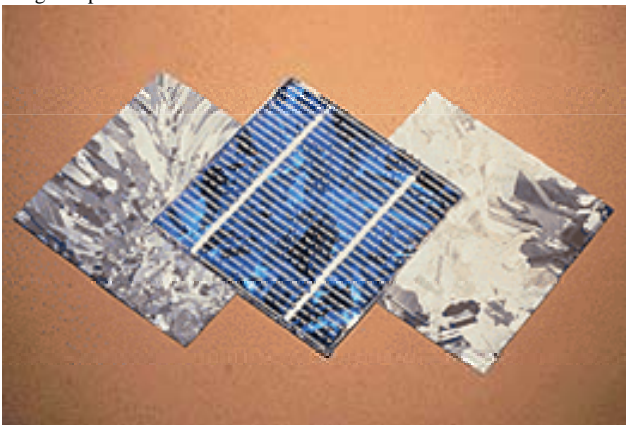


Figura 7.12.

#### Células solares de alta concentración.

Las células solares diseñadas para trabajar en alta concentración presentan fuertes pérdidas de tipo resistivo debido a las fuertes corrientes generadas en su seno. Para obviarlas es preciso un diseño más cuidadoso de la malla de la metalización. Una vez minimizadas estas pérdidas, la eficiencia de la célula en concentración puede ser superior al rendimiento sin concentración, ya que con la intensidad luminosa aumenta la corriente de modo proporcional y también la tensión aunque esta última sólo ligeramente y siempre que la célula se mantenga razonablemente refrigerada. Por este motivo es necesario un buen contacto

térmico y eléctrico, una adaptación de los coeficientes de dilatación de los diversos materiales en juego y una protección apropiada de la célula frente al ambiente.

Los inconvenientes que presenta un sistema de concentración son:

- Requiere un sistema de seguimiento del sol.
- La mayor intensidad de la luz provoca un aumento de la temperatura del módulo, lo que reduce su eficiencia.
- Las altas temperaturas del módulo y los altos niveles de intensidad pueden provocar un fallo prematuro del módulo.

Todos estos factores hacen que la concentración se emplee para aplicaciones de media y alta potencia, es decir, en sistemas en los cuales el grado de potencia demandada obligaría al uso de un gran número de paneles, con el fin de reducir los costes.

Los límites teóricos del rendimiento de conversión para células de Si son del orden del 25% a 1 sol y 32% a 1000 soles. Los límites prácticos reducen estos valores a un valor de 21-23% para el rendimiento y 10-100 soles para la concentración. Para las células de AsGaAl / AsGa los máximos teóricos son del orden de 28% a 1 sol y 34% a 1000 soles, mientras que los prácticos se encuentran en el margen comprendido entre 21 y 24% para el rendimiento y 500-1000 soles para la concentración.

### Sistemas de seguimiento.

Para aprovechar la mayor cantidad posible de energía solar que llega hasta la superficie terrestre en un determinado lugar, la superficie colectora ha de ser perpendicular a los rayos solares y, por tanto, una colección óptima sólo puede conseguirse si dicha superficie está dotada de un movimiento de seguimiento del sol.

Utilizando el seguimiento, la energía total recibida en un día puede ser del orden de un 35% mayor que para el mismo colector estático. Aunque este rendimiento se ve reducido en los casos de frecuentes nublados y en todas aquellas condiciones climatológicas en las que la relación entre la energía recibida por radiación directa y la recibida por radiación difusa tiende a disminuir, el aumento de energía así conseguido compensa sobradamente en muchos casos prácticos el consumo de energía y el coste de los propios mecanismos de seguimiento.

Los dos tipos de seguimiento que pueden llevarse a cabo son:

#### 1. Seguimiento Ecuatorial.

Este sistema de seguimiento consiste en disponer el sistema según dos ejes paralelos a los de tierra (N-S/E-O), de forma que el eje Norte-Sur proporcione el movimiento diurno y el eje Este-Oeste oriente el eje del concentrador

de manera que el ángulo que forme con el eje polar sea el complementario de la declinación. Se suele emplear este sistema en estructuras pequeñas y ligeras ya que todo el peso de la estructura gravita sobre un eje inclinado.

El seguimiento se puede realizar con los dos ejes o bien empleando únicamente el eje polar dado que la inclinación se puede ajustar de un día a otro en cada período de tiempo de acuerdo a la declinación y dependiendo de la precisión del citado seguimiento.

## 2. Seguimiento Acimutal.

Este sistema es el más empleado en seguimientos de precisión, sobre todo cuando se trata de estructuras pesadas. Uno de los ejes es vertical y proporciona el seguimiento en acimut y el otro eje es horizontal y proporciona el seguimiento de altura. El seguimiento se realiza en los dos ejes.

El seguimiento se puede realizar por distintos métodos, como son:

1. Seguimiento por sensores
2. Seguimiento por reloj solar
3. Seguimiento por coordenadas calculadas

### 1. Seguimiento por sensores

El sensor es el elemento que permite la detección y medida de la falta de puntería del panel de células solares, puntería que queda determinada por el ángulo que forma el vector Sol con la normal a la superficie colectora. El sensor suele estar constituido por pares de elementos fotosensibles montados sobre el panel y moviéndose solidariamente con él. Hay que poner especial cuidado en el posicionamiento del sensor respecto al colector y en la rigidez de la unión para evitar errores derivados de una alineación inadecuada durante el montaje o desplazamientos posteriores del sensor.

Los fotosensores se valen de la radiación solar directa para detectar la posición del sol. La imposibilidad del seguimiento cuando se producen ocultamientos del sol y la necesidad, en consecuencia, de emplear un tiempo en la recuperación de la puntería cuando el sol reaparece, son características inherentes a todos los sistemas de seguimiento basados en fotosensores.

El principio de funcionamiento es el siguiente: Para pequeños errores de puntería el sistema sensor genera una señal de error,  $e$ , proporcional al ángulo de desviación,  $d$ , diferencia entre la orientación del panel,  $P$ , y la orientación de los rayos del sol en cada instante,  $S$ . A partir de esta señal de error, convenientemente transformada, se elabora la señal de actuación,  $V_0$ , que controla el funcionamiento de los motores para conseguir un movimiento del panel en el sentido de anulación del error.

Los sistemas que utilizan fotosensores se emplean para pequeños y medianos colectores individuales puesto que proporcionan un procedimiento sencillo de localización y seguimiento del sol. En el caso de que el número de colectores a controlar sea suficientemente grande, los sistemas de coordenadas calculadas que utilicen un micro o miniordenador resultan ventajosos.

Para el movimiento de los colectores se suelen emplear motores de velocidad constante que funcionen de manera intermitente de modo que el error de puntería se mantenga en una banda de tolerancia. En el instante  $t_1$ , la posición angular del colector ha alcanzado el mayor valor tolerable del error de retraso y el motor comienza a girar para reducir el error, produciéndose un avance hasta que se alcanza un cierto error de adelanto en el instante  $t_2$ . Entonces el motor se para hasta el instante  $t_3$  en el que el panel alcanza de nuevo el error límite de retraso, momento a partir del cual se repite el proceso.

Entre la puesta del sol de un día y el amanecer del día siguiente el colector debe situarse en la posición de amanecer, pues, de lo contrario, una vez salido el sol se perdería mucho tiempo en el giro de  $180^\circ$  necesario para recuperar la puntería. Para ello se puede emplear un reloj que genere la orden apropiada.

Tanto al amanecer, como en el caso de nubes u otras circunstancias que oculten el sol, se produce una notable desorientación de los colectores guiados por sistemas de fotosensor. Entonces resulta esencial un subsistema auxiliar de búsqueda del sol, que ordene el giro de los motores hasta que se haya recuperado la puntería. En el supuesto que la luminosidad resulte insuficiente, por nublado, por ejemplo, puede ser aconsejable parar el sistema de seguimiento pues éstos dejan de actuar de manera adecuada. A partir de una célula medidora de luminosidad se puede generar una señal para que los motores paren hasta que se alcanza el nivel luminoso necesario.

Seguidamente se estudian algunos sistemas basados en el empleo de fotosensores.

#### a) Sensor Ricerca

Este tipo de Sensor utiliza, para un seguimiento en dos ejes, cuatro fotorresistencias, formando un puente Wheatstone por cada uno de los ejes X e Y del plano de la apertura del concentrador. En el caso de que el seguimiento se realice en un eje, sólo será utilizado un grupo de estas fotorresistencias.

Cuando el vector sol,  $S$ , es coincidente con el eje Z, normal al plano a orientar, todas las fotorresistencias tienen igual valor, ya que éste depende de la iluminación según la expresión:

$$R = R_0 \times I^a$$

Donde I es la intensidad de iluminación y  $R_0$  y "a" son los parámetros de la fotorresistencia.

En el supuesto de que el eje Y esté orientado según la dirección Norte-Sur, el sensor de fotorresistencias situadas en el eje X controlará el motor correspondiente al movimiento acimutal por la desviación del ángulo "dx", y el sensor de fotorresistencias situadas en el eje Y controlará el motor del movimiento cenital.

Si no hay desviación entre los vectores S y Z habrá igualdad de iluminación en las fotorresistencias y se cumplirá:

$$R_1 \times R_3 = R_2 \times R_4$$

Una variación "dx" producirá una disminución de los valores de las resistencias  $R_4$  y  $R_2$  y, como consecuencia, una señal AV dada por:

$$AV = I \times R_4 - I_2 \times R_1$$

Teniendo en cuenta que por estar cada dos resistencias igualmente iluminadas se cumple:

$$R_4 + R_3 = R_2 + R_1$$

Ha de cumplirse la igualdad de intensidades en las dos ramas  $I_1$  e  $I_2$ , y, por tanto:

$$AV = I(R_4 - R_1) = V \frac{R_4 - R_1}{R_4 + R_1}$$

La señal de error, previa ampliación por un amplificador operacional diferenciador, nos determina la polaridad de la señal para el tratamiento en el mecanismo de accionamiento del motor en ambos sentidos.

#### b) Sensor Sandía

Este sistema utiliza células fotovoltaicas especialmente dispuestas de forma que:

Las células que están parcialmente ocultas producirán la señal de error en intensidad para un seguimiento del sol. Una desviación de la radiación con respecto a la normal, originará que unas células resulten más iluminadas que otras y, en consecuencia, las fotocorrientes serán proporcionalmente diferentes.

Por otra parte, las células colocadas en las caras laterales están cubiertas por un filtro que deja pasar solamente parte de la luz directa, excepto en los casos que exista una gran desviación respecto a la trayectoria solar. En este último caso las señales de error de estas células realizan la función de ajuste grueso en la colimación de los ejes.

Finalmente, una célula colocada en la parte superior del bastidor trapezoidal desconecta el sistema en el caso

de una disminución de la luminosidad por aparición de nubosidad.

## 2. Seguimiento por reloj solar

Nuestra unidad de tiempo de 24 horas es el intervalo medio entre dos máximas elevaciones consecutivas del sol encima del horizonte. Esto ocurre al mediodía cuando el sol cruza el meridiano. Sin embargo, el tiempo actual entre los tránsitos del sol sobre el meridiano está sujeto a pequeñas variaciones llamadas "ecuación del tiempo". Esto es debido a:

- El movimiento orbital de la tierra alrededor del sol
- La inclinación del eje rotativo de la tierra a la eclíptica

En un punto determinado sobre la Tierra, en el que el Sol está en la posición del mediodía en verano, seis meses más tarde está en la posición de medianoche, después de un número de rotaciones completas de la tierra. Pero este punto sobre la Tierra debe girar  $180^\circ$  adicionales, o 12 horas más para estar de nuevo al mediodía. Por esto, en todo un año, el punto tiene que girar  $360^\circ$  adicionales, o 24 horas más. De aquí que la duración de una rotación plena de la tierra sea más corta,  $360^\circ/365$  o alrededor de  $1^\circ$ , unos 4 minutos, que el tiempo entre dos puntos culminantes de sol: una rotación plena de la tierra necesita 23 h 56 min 45 seg.

Las desviaciones de la diferencia media de tiempo de 24 h entre dos culminaciones del sol surgen del hecho de que la velocidad angular de la tierra alrededor del sol no es absolutamente regular.

Como resultado de la rotación de la tierra a velocidad constante, se recorren iguales distancias a lo largo del círculo ecuatorial por unidad de tiempo, pero las correspondientes distancias lo largo de la proyección de la eclíptica sobre el plano ecuatorial son desiguales; así, a un observador sobre el ecuador le parece que hay una modulación de la velocidad angular del sol. A menudo, cuando el reloj alcanza el mediodía, el sol puede no haber alcanzado su mediodía real o punto culminante por encima del horizonte de un día particular.

## 3. Seguimiento por coordenadas calculadas

En este sistema de seguimiento se sigue la posición del sol mediante el cálculo de sus coordenadas astronómicas y no precisa, por tanto, de la presencia física de los rayos solares. Esta circunstancia hace a los sistemas de coordenadas inmunes a los nublados y a otras circunstancias que pueden producir errores de puntería en un fotosensor, como sucede por ejemplo con los destellos.

El empleo de sistemas de equipos controladores por computador presentan las ventajas adicionales de que determinados cambios pueden hacerse a nivel de software únicamente y de poder incluir un conjunto de funciones

adicionales a la de puntería propiamente dicha, tales como la de llevar los paneles a una posición de máxima seguridad ante las inclemencias del tiempo o la del retorno nocturno.

### **Sistemas fotovoltaicos.**

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en satélites artificiales. En 1958 fueron utilizadas para energizar el transmisor de respaldo del Vaguard 1, con una potencia de cinco miliwatts. Desde entonces las celdas fotovoltaicas han proporcionado energía a prácticamente todos los satélites artificiales, incluyendo el Skylab que cuenta con un sistema de generación de más de 20 caladas.

Aun cuando fueron desarrolladas en el contexto de los programas espaciales, ya para finales de la década de los setentas las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en aplicaciones terrestres como energización de pequeñas instalaciones (varios Watts de potencia) en sistemas de telecomunicación, televisión rural, y otras.

En la actualidad las instalaciones con capacidades de uno a diez caladas están siendo lugar común alrededor del mundo para aplicaciones agroindustriales como el bombeo de agua, refrigeración, preservación de productos perecederos, o desalación de agua a. En 1982 se construyó la primera planta fotovoltaica de potencia, con una capacidad de 1MW, en el estado de California en los Estados Unidos. Esta planta genera suficiente electricidad para satisfacer las necesidades de 300 a 400 casas-habitación en su zona de servicio. Tiempo, después en el mismo estado, se instaló otra planta fotovoltaica de potencia con una capacidad de 6.5 MW, que produce cerca de 14 millones de caladas hora al año, energía eléctrica suficiente para abastecer las necesidades de más de 2,300 casas típicas en el área.

Para 1975 las ventas totales de una de las compañías más grandes del ramo ascendían a 78 kW, con un precio promedio de US \$ 45 por Watt; en 1983 las ventas de esa misma compañía fueron ya de 15,500 kW, con precio de US \$ 9 por Watt. Actualmente el mercado fotovoltaico ha sobrepasado los 50 MW anuales, y para plantas fotovoltaicas de potencia (compras al mayoreo) se cotizan precios menores de US \$5 por Watt.

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad, sin

necesidad de equipos mecánicos. Las celdas solares están hechas de delgadas capas de material semiconductor, usualmente silicio, están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o plástico.

Las celdas fotovoltaicas (FV) individuales tienen una producción eléctrica limitada, la cual puede ser utilizada para operar equipos pequeños tales como juguetes, relojes y calculadoras de bolsillo. Para incrementar la salida (voltaje y amperaje) de una fuente FV, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas. El módulo FV es el conjunto más básico de celdas FV, el cual puede incluir desde menos de una docena hasta cerca de 100 celdas. El panel FV comprende grupos de módulos, mientras que el arreglo FV es la combinación de paneles en arreglos serie y/o paralelo.

La forma más popular de arreglo FV está hecha de paneles planos y puede responder a la luz difusa de todo el cielo (esto es, puede producir electricidad aun en días nublados). Los paneles FV planos pueden estar fijos en un soporte o moverse para seguir la trayectoria del sol.

### **EL SISTEMA FOTOVOLTAICO:**

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Consta principalmente de los siguientes elementos: 1) arreglos de módulos de celdas solares, 2) estructura y cimientos del arreglo, 3) reguladores de voltaje y otros controles, típicamente un controlador de carga de batería, un inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd, 4) baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas, 5) instrumentos, 6) cables e interruptores, 7) red eléctrica circundante y 8) cercado de seguridad, sin incluir las cargas eléctricas”.

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos arriba mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y época de operación y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de instalación.

### **FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FV:**

En un sistema típico, el proceso de funcionamiento es el siguiente: la luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobredescarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas.

La energía almacenada es utilizada para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación, o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, esto puede hacerse directamente desde el arreglo fotovoltaico o desde la batería; si, en cambio, las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitada por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, el cual la convierte a corriente alterna.

## Respuestas a preguntas más frecuentes del sistema fotovoltaico

### 1 - ¿Cómo se produce energía eléctrica a partir del Sol?

La producción está basada en el fenómeno físico denominado "efecto fotovoltaico", que básicamente consiste en convertir la luz solar en energía eléctrica por medio de unos dispositivos semiconductores denominados células fotovoltaicas. Estas células están elaboradas a base de silicio puro (uno de los elementos más abundantes, componente principal de la arena) con adición de impurezas de ciertos elementos químicos (boro y fósforo), y son capaces de generar cada una corriente de 2 a 4 Amperios, a un voltaje de 0,46 a 0,48 Voltios, utilizando como fuente la radiación luminosa. Las células se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado. Parte de la radiación incidente se pierde por reflexión (rebota) y otra parte por transmisión (atraviesa la célula). El resto es capaz de hacer saltar electrones de una capa a la otra creando una corriente proporcional a la radiación incidente. La capa antirreflejo aumenta la eficacia de la célula.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

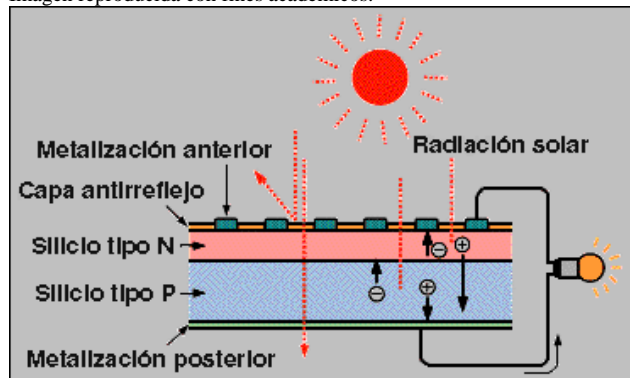


Figura 7.13

Efecto fotovoltaico en una célula solar

### 2 - ¿Cuál es el consumo mundial de energía? ¿Que cantidad de energía solar incide sobre la tierra?

El Sol produce una enorme cantidad de energía: aproximadamente  $1,1 \times 10^{20}$  KiloWattios hora cada segundo (1 KiloWatio hora es la energía necesaria para iluminar una bombilla de 100 Wattios durante 10 horas).

La atmósfera exterior intercepta aproximadamente la mitad de una billonésima parte de la energía generada por el sol, o aproximadamente 1.5 trillones (1.500.000.000.000.000.000) de KiloWattios hora al año. Sin embargo, debido a la reflexión, dispersión y absorción producida por los gases de la atmósfera, sólo un 47% de esta energía, o aproximadamente 0.7 trillones (700.000.000.000.000.000) de KiloWattios hora alcanzan la superficie de la tierra.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.14

La Tierra vista desde el espacio

Esta energía es la que pone en marcha la "maquinaria" de la Tierra. Calienta la atmósfera, los océanos y los continentes, genera los vientos, mueve el ciclo del agua, hace crecer las plantas, proporciona alimento a los animales, e incluso (en un largo período de tiempo) produce los combustibles fósiles. Nosotros dependemos de la energía de las plantas, el agua, el viento y los combustibles fósiles para hacer funcionar nuestras industrias, calentar y refrigerar nuestras viviendas y para mover nuestros sistemas de transporte.

La cantidad de energía que se consume en el mundo anualmente es aproximadamente 85 billones (85.000.000.000.000) de KiloWattios hora. Esto es lo que se puede medir, es decir la energía que se compra, vende o comercializa. No hay forma de saber exactamente qué cantidad de energía no comercial consume cada persona (por ejemplo cuanta madera se quema, o que cantidad de agua se utiliza en pequeños saltos de agua para producir energía eléctrica). Según algunos expertos esta energía no comercial puede constituir como mucho una quinta parte del total de energía consumida. Aunque fuera este el caso, la energía total consumida por el mundo significaría sólo

1/7.000 de la energía solar que incide sobre la superficie de la tierra cada año.

### 3 - ¿Qué es y cómo funciona un sistema fotovoltaico o eólico?

Un sistema fotovoltaico es un dispositivo que, a partir de la radiación solar, produce energía eléctrica en condiciones de ser aprovechada por el hombre. El sistema consta de los siguientes elementos (ver esquema):

- Un generador solar, compuesto por un conjunto de paneles fotovoltaicos, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua a baja tensión (12 ó 24 V).
- Un acumulador, que almacena la energía producida por el generador y permite disponer de corriente eléctrica fuera de las horas de luz o días nublados.
- Un regulador de carga, cuya misión es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, que le produciría daños irreversibles; y asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficiencia.
- Un inversor (opcional), que transforma la corriente continua de 12 ó 24 V almacenada en el acumulador, en corriente alterna de 230 V.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.15

Una instalación solar fotovoltaica sin inversor, utilización a 12Vcc

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

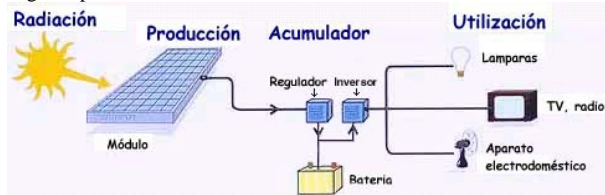


Figura 7.16

Una instalación solar fotovoltaica con inversor, utilización a 230Vca

Una vez almacenada la energía eléctrica en el acumulador hay dos opciones: sacar una línea directamente de éste para la instalación y utilizar lámparas y elementos de consumo de 12 ó 24 Vcc (primer esquema) o bien transformar la corriente continua en alterna de 230 V a través de un inversor (segundo esquema).

Si en vez de un panel solar se instala un aerogenerador el sistema se denomina eólico. Si se instalan ambos será un sistema mixto. En este caso cada uno debe llevar su propio regulador.

### 4 - ¿Qué aplicaciones tiene la energía solar fotovoltaica?

Prácticamente cualquier aplicación que necesite electricidad para funcionar se puede alimentar con un sistema fotovoltaico adecuadamente dimensionado. La única limitación es el coste del equipo y, en algunas ocasiones, el tamaño del campo de paneles. No obstante, en lugares remotos alejados de la red de distribución eléctrica, lo más rentable suele ser instalar energía solar fotovoltaica antes que realizar el enganche a la red.

Entre las principales aplicaciones se incluyen: electrificación de viviendas, sistemas de bombeo y riego, iluminación de carreteras, repetidores de radio y televisión, depuradoras de aguas residuales, etc.

### 5 - ¿Es rentable la energía solar fotovoltaica?

La respuesta a esta pregunta depende del lugar del mundo donde nos encontremos. Una gran parte de la humanidad, en los países en desarrollo, no tiene acceso a la electricidad por carecer de una infraestructura eléctrica básica. En estos países la energía solar fotovoltaica resulta ser la fuente más rentable para obtener electricidad, y en algunos lugares, la única.

En los países desarrollados, en los que existe una amplia infraestructura eléctrica, la cuestión es diferente. En este caso, en términos puramente económicos, los sistemas fotovoltaicos sólo resultan rentables en lugares alejados de la red convencional. No obstante, la cuestión cambiaría bastante si, además de la rentabilidad económica, tuviéramos en cuenta también el coste ambiental de cada fuente de energía.

### 6 - ¿Se puede utilizar la energía solar fotovoltaica para la calefacción ó para calentar agua de piscina o de uso doméstico?

Aunque técnicamente sería posible, desde un punto de vista económico no tiene sentido. Para producir agua caliente lo mejor es emplear un sistema solar térmico, que utiliza colectores que se llenan de agua y absorben calor. En cuanto a la calefacción, la única posibilidad para aplicar la energía solar, es utilizar un sistema solar térmico con suelo radiante.

### 7 - ¿Cuál es la vida útil de un panel solar fotovoltaico?

Teniendo en cuenta que el panel carece de partes móviles y que las células y los contactos van encapsulados en una robusta resina sintética, se consigue una muy buena fiabilidad junto con una larga vida útil, del orden de 30 años o más. Además si una de las células falla, esto no

afecta al funcionamiento de las demás, y la intensidad y voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo células.

### 8 - ¿Pueden romperse fácilmente los módulos solares?

Los paneles van protegidos en su cara exterior con vidrio templado, que permite aguantar condiciones meteorológicas muy duras tales como el hielo, la abrasión, cambios bruscos de temperatura, o los impactos producidos por el granizo. Una prueba estándar para su homologación consiste en lanzar (con un cañón neumático) una bola de hielo de dimensiones y consistencia preestablecidas al centro del cristal.

### 9 - ¿Qué mantenimiento requiere un sistema fotovoltaico?

Las instalaciones fotovoltaicas requieren un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones:

- Paneles: requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las células y sus conexiones internas están encapsuladas en varias capas de material protector. Es conveniente hacer una inspección general 1 ó 2 veces al año: asegurarse de que las conexiones entre paneles y al regulador están bien ajustadas y libres de corrosión. En la mayoría de los casos, la acción de la lluvia elimina la necesidad de limpieza de los paneles; en caso de ser necesario, simplemente utilizar agua y algún detergente no abrasivo.
- Regulador: la simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas. Las operaciones que se pueden realizar son las siguientes: observación visual del estado y funcionamiento del regulador; comprobación del conexionado y cableado del equipo; observación de los valores instantáneos del voltímetro y amperímetro: dan un índice del comportamiento de la instalación.
- Acumulador: es el elemento de la instalación que requiere una mayor atención; de su uso correcto y buen mantenimiento dependerá en gran medida su duración. Las operaciones usuales que deben realizarse son las siguientes:
- Comprobación del nivel del electrolito (cada 6 meses aproximadamente): debe mantenerse dentro del margen comprendido entre las marcas de "Máximo" y "Mínimo". Si no existen estas marcas, el nivel correcto del electrolito es de 20 mm por encima del protector de separadores. Si se observa un nivel inferior en alguno de los elementos, se deben rellenar con agua destilada o desmineralizada. No debe rellenarse nunca con ácido sulfúrico.

- Al realizar la operación anterior debe comprobarse también el estado de los terminales de la batería; debe limpiarse de posibles depósitos de sulfato y cubrir con vaselina neutra todas las conexiones.

- Medida de la densidad del electrolito (si se dispone de un densímetro): con el acumulador totalmente cargado, debe ser de 1,240 +/- 0,01 a 20 grados Celsius. Las densidades deben ser similares en todos los vasos. Diferencias importantes en un elemento es señal de posible avería.

### 10 - ¿Qué impacto ambiental tiene la energía solar fotovoltaica?

La energía solar fotovoltaica, al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc) y los derivados de su generación (excavaciones, minas, canteras, etc).

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

**Clima:** La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezcan el efecto invernadero.

**Geología:** Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

**Suelo:** Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad es nula. Aguas superficiales y subterráneas: No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

**Flora y fauna:** La repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

**Paisaje:** Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de



sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

**Ruidos:** El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

**Medio social:** El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

Por otra parte, la energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

### 11 - ¿Qué se entiende por potencia pico de un panel?

Es la potencia de salida, en Watios, que produce un panel fotovoltaico en condiciones de máxima iluminación solar, con una radiación de aproximadamente 1 kW/m<sup>2</sup> (la que se produce en un día soleado al mediodía solar).

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

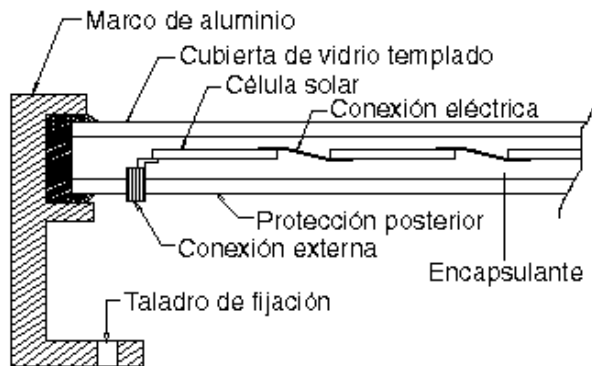


Figura 7.17  
Corte de un módulo fotovoltaico.

### 12 - ¿Qué diferencia existe entre los paneles policristalinos y los monocristalinos?

Los paneles fotovoltaicos están compuestos por células fotovoltaicas de silicio monocristalino o policristalino. La diferencia entre una y otra radica en el procedimiento de fabricación. Las células de silicio monocristalino se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que se va haciendo crecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal. De esta forma se obtiene una

monocristal dopado, que luego se corta en obleas de aproximadamente 3 décimas de milímetro de grosor.

Estas obleas se introducen después en hornos especiales, dentro de los cuales se difunden átomos de fósforo que se depositan sobre una cara y alcanzan una cierta profundidad en su superficie. Posteriormente, y antes de realizar la serigrafía para las interconexiones superficiales, se recubren con un tratamiento antireflexivo de bióxido de titanio o zirconio.

En las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas.

### 14 - ¿Pueden funcionar los paneles fotovoltaicos en días nublados?

Los paneles fotovoltaicos generan electricidad incluso en días nublados, aunque su rendimiento disminuye. La producción de electricidad varía linealmente a la luz que incide sobre el panel; un día totalmente nublado equivale aproximadamente a un 10% de la intensidad total del sol, y el rendimiento del panel disminuye proporcionalmente a este valor.

### 15 - ¿De que factores depende el rendimiento de un panel fotovoltaico?

Fundamentalmente de la intensidad de la radiación luminosa y de la temperatura de las células solares.

La intensidad de corriente que genera el panel aumenta con la radiación, permaneciendo el voltaje aproximadamente constante. En este sentido tiene mucha importancia la colocación de los paneles (su orientación e inclinación respecto a la horizontal), ya que los valores de la radiación varían a lo largo del día en función de la inclinación del sol respecto al horizonte.

El aumento de temperatura en las células supone un incremento en la corriente, pero al mismo tiempo una disminución mucho mayor, en proporción, de la tensión. El efecto global es que la potencia del panel disminuye al aumentar la temperatura de trabajo del mismo. Una radiación de 1.000 W/m<sup>2</sup> es capaz de calentar un panel unos 30 grados por encima de la temperatura del aire circundante, lo que reduce la tensión en  $2 \text{ mV}/(\text{célula} \cdot \text{grado}) \cdot 36 \text{ células} \cdot 30 \text{ grados} = 2,16$  Voltios y por tanto la potencia en un 15%. Por ello es importante colocar los paneles en un lugar en el que estén bien aireados.

### 16 - La incorporación de un sistema con seguimiento solar ¿mejora el rendimiento de captación fotovoltaica?

Depende del clima y del tipo de aplicación. En condiciones ideales el rendimiento del sistema puede mejorar hasta un 40%, pero el mayor coste que supone no compensa el aumento que se consigue. Su aplicación se limita a aquellos casos en que el mayor rendimiento coincide con la mayor demanda (es el caso de sistemas de bombeo para el ganado en regiones muy secas).

Fuente: <http://www.solener.com>  
 Imagen reproducida con fines académicos.

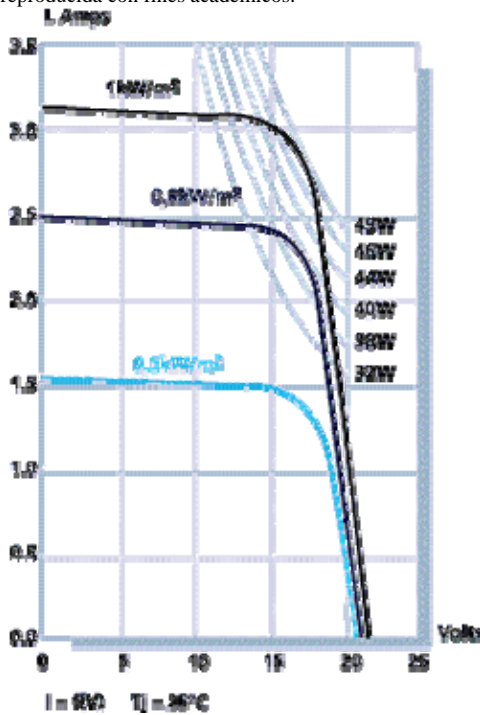


Figura 7.18  
 Variación de intensidad y tensión con la radiación y la temperatura según potencia nominal

17 - ¿Cuál es la función de los diodos en una instalación fotovoltaica?

Los diodos son componentes electrónicos que permiten el flujo de corriente en una única dirección. En los sistemas fotovoltaicos generalmente se utilizan de dos formas: como diodos de bloqueo y como diodos de bypass.

Los diodos de bloqueo impiden que la batería se descargue a través de los paneles fotovoltaicos en ausencia de luz solar. Evitan también que el flujo de corriente se invierta entre bloques de paneles conectados en paralelo, cuando en uno o más de ellos se produce una sombra.

Los diodos de bypass protegen individualmente a cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales. Deben ser utilizados en disposiciones en las que los módulos están conectados en serie. Generalmente no son necesarios en sistemas que funcionan a 24 V o menos. Mientras que los diodos de bloqueo evitan que un grupo de paneles en serie absorba flujo de corriente de otro grupo conectado a él en paralelo, los diodos de bypass

impiden que cada módulo individualmente absorba corriente de otro de los módulos del grupo, si en uno o más módulos del mismo se produce una sombra.

Fuente: <http://www.solener.com>  
 Imagen reproducida con fines académicos.

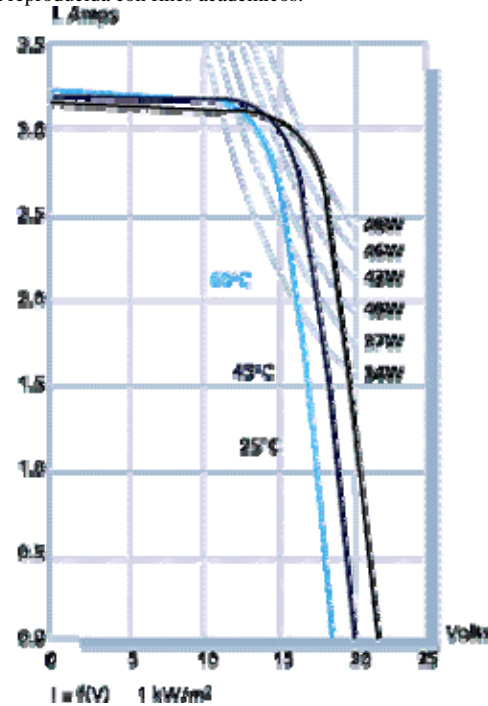


Figura 7.19  
 Variación de intensidad y tensión con la radiación y la temperatura según potencia nominal

18 - ¿Qué características definen el comportamiento de una batería?

Son fundamentalmente dos: la capacidad en Amperios hora y la profundidad de la descarga.

Capacidad en Amperios hora:

Los Amperes – hora de una batería son simplemente el número de Amperes que proporciona multiplicado por el número de horas durante las que circula esa corriente.

Sirve para determinar, en una instalación fotovoltaica, cuanto tiempo puede funcionar el sistema sin radiación luminosa que recargue las baterías. Esta medida de los días de autonomía es una de las partes importantes en el diseño de la instalación.

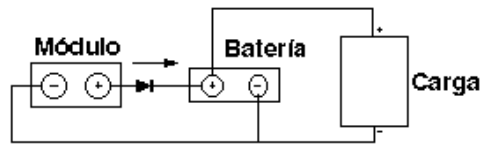
Teóricamente, por ejemplo, una batería de 200 Ah puede suministrar 200 A durante una hora, ó 50 A durante 4 horas, ó 4 A durante 50 horas, o 1 A durante 200 horas.

No obstante esto no es exactamente así, puesto que algunas baterías, como las de automoción, están diseñadas para producir descargas rápidas en cortos períodos de tiempo sin dañarse. Sin embargo, no están diseñadas para

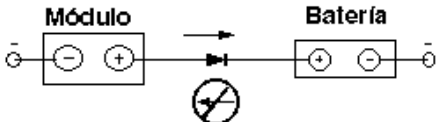
largos períodos de tiempo de baja descarga. Es por ello que las baterías de automoción no son las más adecuadas para los sistemas fotovoltaicos.

Fuente: <http://www.solener.com>

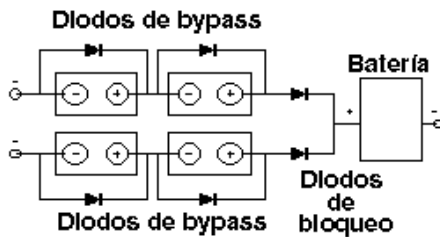
Imagen reproducida con fines académicos.



Esquema de conexión simplificado



Diodo entre el panel y la batería



Diodos de bypass y diodos de bloqueo

Figura 7.20  
Esquemas de conexión con diodos

Existen factores que pueden hacer variar la capacidad de una batería:

- Ratios de carga y descarga. Si la batería es cargada o descargada a un ritmo diferente al especificado, la capacidad disponible puede aumentar o disminuir. Generalmente, si la batería se descarga a un ritmo más lento, su capacidad aumentará ligeramente. Si el ritmo es más rápido, la capacidad se reducirá.
- Temperatura. Otro factor que influye en la capacidad es la temperatura de la batería y la de su ambiente. El comportamiento de una batería se cataloga a una temperatura de 27 grados. Temperaturas más bajas reducen su capacidad significativamente. Temperaturas más altas producen un ligero aumento de su capacidad, pero esto puede incrementar la pérdida de agua y disminuir el número de ciclos de vida de la batería.
- Profundidad de descarga: La profundidad de descarga es el porcentaje de la capacidad total de la batería que es utilizada durante un ciclo de carga/descarga. Las baterías de "ciclo poco profundo" se diseñan para

descargas del 10 al 25% de su capacidad total en cada ciclo. La mayoría de las baterías de "ciclo profundo" fabricadas para aplicaciones fotovoltaicas se diseñan para descargas de hasta un 80% de su capacidad, sin dañarse. Los fabricantes de baterías de Níquel-Cadmio aseguran que pueden ser totalmente descargadas sin daño alguno. La profundidad de la descarga, no obstante, afecta incluso a las baterías de ciclo profundo. Cuanto mayor es la descarga, menor es el número de ciclos de carga que la batería puede tener.

### 19 - ¿Cuál es la composición de una batería solar de Plomo-ácido?

Estas baterías se componen de varias placas de plomo en una solución de ácido sulfúrico. La placa consiste en una rejilla de aleación de Plomo con una pasta de óxido de Plomo incrustada sobre la rejilla. La solución de ácido sulfúrico y agua se denomina electrolito.

El material de la rejilla es una aleación de Plomo porque el Plomo puro es un material físicamente débil, y podría quebrarse durante el transporte y servicio de la batería.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

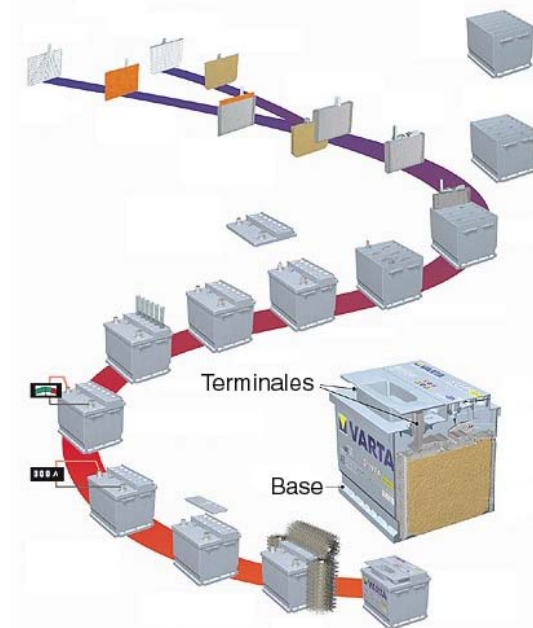


Figura 7.21  
Construcción de una batería monoblock

Normalmente la aleación es de Plomo con un 2-6% de Antimonio. Cuanto menor es el contenido en Antimonio, menos resistente será la batería durante el proceso de carga. La menor cantidad de Antimonio reduce la producción de Hidrógeno y Oxígeno durante la carga, y por tanto el consumo de agua. Por otra parte, una mayor proporción de Antimonio permite descargas más profundas sin dañarse las placas, lo que implica una

mayor duración de vida de las baterías. Estas baterías de Plomo-Antimonio son del tipo de "ciclo profundo".

El Cadmio y el Estroncio se utilizan en lugar del Antimonio para fortalecer la rejilla. Estos ofrecen las mismas ventajas e inconvenientes que el Antimonio, pero además reducen el porcentaje de autodescarga que sufre la batería cuando no está en uso.

El Calcio fortalece también la rejilla y reduce la autodescarga. Sin embargo, el Calcio reduce la profundidad de descarga recomendada en no más del 25%. Por otra parte, las baterías de Plomo-Calcio son del tipo de "ciclo poco profundo".

Las placas positiva y negativa están inmersas en una solución de ácido sulfúrico y son sometidas a una carga de "formación" por parte del fabricante. La dirección de esta carga da lugar a que la pasta sobre la rejilla de las placas positivas se transforme en dióxido de Plomo. La pasta de las placas negativas se transforman en Plomo esponjoso.

Ambos materiales son altamente porosos, permitiendo que la solución de ácido sulfúrico penetre libremente en las placas.

Las placas se alternan en la batería, con separadores entre ellas, que están fabricados de un material poroso que permite el flujo del electrolito.

Son eléctricamente no conductores. Pueden ser mezclas de silicona y plásticos o gomas. Los separadores pueden ser hojas individuales o "sobres". Los sobres son manguitos, abiertos por arriba, que se colocan únicamente sobre las placas positivas.

Un grupo de placas positivas y negativas, con separadores, constituyen un "elemento". Un elemento en un contenedor inmerso en un electrolito constituye una "celda" de batería.

Placas más grandes, o mayor número de ellas, suponen una mayor cantidad de Amperios hora que la batería puede suministrar.

Independientemente del tamaño de las placas, una celda suministrará sólo una tensión nominal de 2 voltios (para Plomo-ácido). Una batería está constituida por varias celdas o elementos conectados en serie, interna o externamente, para incrementar el voltaje a unos valores normales a las aplicaciones eléctricas. Por ello, una batería de 6 V se compone de tres celdas, y una de 12 V de 6. Las placas positivas por un lado, y las negativas por otro, se interconectan mediante terminales externos en la parte superior de la batería.

## 20 - ¿Qué diferencias hay entre las baterías de Plomo-ácido y las de Níquel-Cadmio?

Las baterías de Níquel-Cadmio tienen una estructura física similar a las de Plomo-ácido. En lugar de Plomo, se utiliza hidróxido de Níquel para las placas positivas y óxido de Cadmio para las negativas. El electrolito es hidróxido de Potasio.

El voltaje nominal de un elemento de batería de Ni-Cd es de 1,2 V, en lugar de los 2 V de los elementos de batería de Plomo-ácido.

Las baterías de Ni-Cd aguantan procesos de congelación y descongelación sin ningún efecto sobre su comportamiento. Las altas temperaturas tienen menos incidencia que en las de Plomo-ácido. Los valores de autodescarga oscilan entre 3 y 6% al mes.

Les afectan menos las sobrecargas. Pueden descargarse totalmente sin sufrir daños. No tienen peligro de sulfatación. Su capacidad para aceptar un ciclo de carga es independiente de la temperatura.

El coste de una batería de Ni-Cd es mucho más elevado que el de una de Plomo-ácido; no obstante tiene un mantenimiento más bajo y una vida más larga. Esto las hace aconsejables para lugares aislados o de acceso peligroso.

Las baterías de Ni-Cd no pueden probarse con la misma fiabilidad que las de Plomo-ácido. Por tanto, si es necesario controlar el estado de carga, las baterías de Ni-Cd no son la mejor opción.

El Ni-Cd presenta el llamado "efecto memoria": la batería "recuerda" la profundidad de descarga y reduce su capacidad efectiva. Esto se debe a que el compuesto químico que se forma en una placa cargada tiende a cristalizar, por lo que si se le deja el tiempo suficiente queda inutilizada, perdiéndose capacidad. Este proceso no es irreversible pero si de difícil reversión.

## 21 - ¿En que consiste la sulfatación de una batería de Plomo-ácido?

Si una batería de Plomo-ácido se deja en un estado de descarga profunda durante un período prolongado de tiempo, se producirá su sulfatación. Parte del sulfuro del ácido se combinará con plomo procedente de las placas para formar sulfato de plomo. Si la batería no se rellena con agua periódicamente, parte de las placas quedarán expuestas al aire, y el proceso se verá acelerado.

El sulfato de plomo recubre las placas de forma que el electrolito no puede penetrar en ellas. Esto supone una pérdida irreversible de capacidad en la batería que, incluso con la adición de agua, no se puede recuperar.

## 22 - ¿Cómo se puede averiguar el estado de carga de una batería?

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

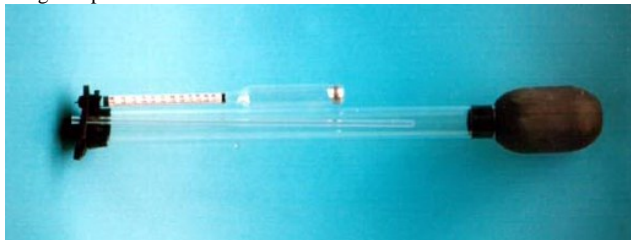


Figura 7.22

Un densímetro (sin ensamblar) de los usados en acumuladores estacionarios

La forma más sencilla es a través de la medida de la densidad o gravedad específica del líquido contenido en el acumulador (electrolito). La densidad expresa cuanto pesa el electrolito en comparación con la misma cantidad de agua, y se mide con un densímetro o hidrómetro. El densímetro más común es el utilizado para automoción, que indica la carga en porcentaje. Presenta el inconveniente de que está calibrado para el electrolito utilizado en acumuladores de arranque y no estacionarios, por lo que marcará siempre menos de lo real (50% para un acumulador estacionario completamente cargado).

Cuanto mayor es la gravedad específica del electrolito, mayor es el estado de carga. El voltaje de cada vaso, y por tanto el de la batería, es también mayor. La medida de la densidad durante el proceso de descarga nos dará una buena indicación del estado de carga. Durante el proceso de carga, la densidad retrasará la medida del estado de carga debido a que la mezcla completa del electrolito no se producirá hasta el comienzo de la gasificación, cerca del final del período de carga (ver fig. III). En todo caso, esto no debe ser considerado como una medida absoluta de la capacidad de la batería y debe ser combinado con otras técnicas.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

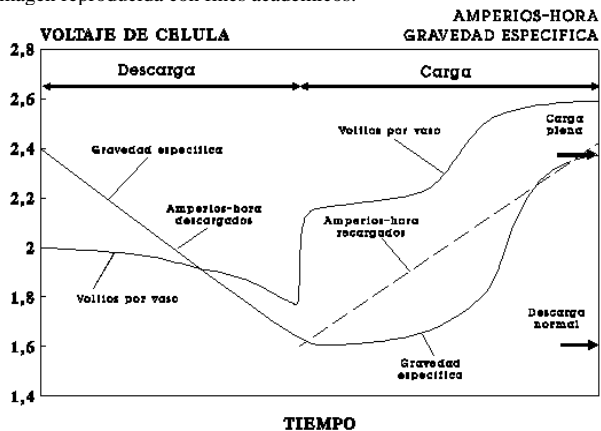


Figura 7.23

Densidad y voltaje típicos por vaso en un acumulador de plomo-ácido

## 23 - ¿Se pueden llegar a congelar los acumuladores? ¿A qué temperatura?

Puesto que los acumuladores de Plomo-ácido utilizan un electrolito que lleva agua, pueden llegar a congelarse. Sin embargo, el ácido sulfúrico que lleva actúa como un anticongelante. Cuanto mayor es el porcentaje de ácido en el agua, más baja es la temperatura de congelación. No obstante, incluso un acumulador plenamente cargado a una temperatura extremadamente baja se congelará.

Según se muestra en la tabla adjunta, un acumulador de plomo-ácido, al 50% de carga, se congelará a una temperatura de unos -25 grados.

Como se puede observar, el acumulador debe mantenerse por encima de -10 grados, si va a estar totalmente descargado. Si no se va a poder mantener a una temperatura más elevada, deberá mantenerse el estado de carga a un nivel lo suficientemente alto para evitar la congelación. Esto se puede conseguir de forma automática con un regulador de carga capaz de desconectar el consumo cuando la tensión de la batería cae por debajo de un nivel preestablecido.

Estado	Densidad	Voltios /vaso	Voltios /conjunto	Congelación
Cargada	1,265	2,12	12,70	-57°C
Cargada 75%	1,225	2,10	12,60	-38°C
Cargada 50%	1,190	2,08	12,45	-25°C
Cargada 25%	1,155	2,03	12,20	-16°C
Descargada	1,120	1,95	11,70	-10°C

Tabla 7.1

Estado de carga, densidad, voltaje y punto de congelación de un acumulador de Plomo-ácido

## 24 - ¿Qué efectos tienen sobre la capacidad y el voltaje la conexión en serie o en paralelo de varias baterías?

Las baterías pueden conectarse en serie para incrementar el voltaje, o en paralelo para incrementar la capacidad en Amperes - hora del sistema de acumulación.

Al conectar en serie/paralelo se incrementan tanto el voltaje como la capacidad.

## 25 - ¿Cuál es el efecto de descargar rápidamente una batería?

En primer lugar, no se obtiene toda la energía que es capaz de proporcionar la batería. Por ejemplo una batería descargada en 72 horas produce unas dos veces la energía que produciría si se descargase en sólo 8 horas.

Además las descargas rápidas producen deformaciones y la prematura desintegración de las placas de los elementos, que se depositan en el fondo de los recipientes en forma pulverulenta hasta llegar a cortocircuitar ambas placas, inutilizando la batería.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

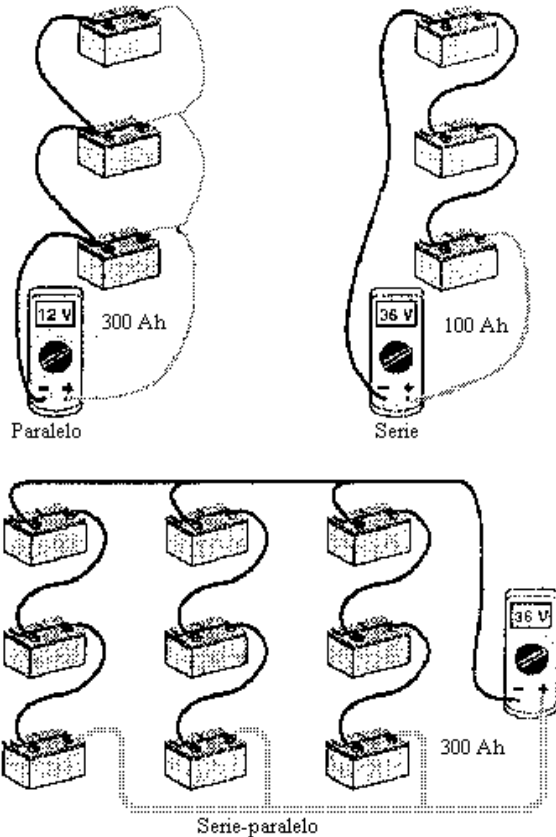


Figura 7.24  
Baterías conectadas en paralelo, en serie y en serie paralelo

### 26 - ¿Qué efectos produce el calor en las baterías?

La elevación de temperatura es sumamente perjudicial para las baterías. Si la temperatura de los recipientes es superior a unos 40 grados, es necesario disminuir el régimen de carga.

### 27 - ¿Dónde deben instalarse las baterías?

Debe buscarse un sitio donde la temperatura sea templada, evitando los lugares fríos o expuestos a las temperaturas bajas. Es preciso también evitar temperaturas inferiores a 0 grados ya que entonces la resistencia interna de las baterías aumenta mucho.

### 28 - ¿Cuál es el peligro de dejar descargada una batería durante mucho tiempo?

El sulfato de plomo que cubre las placas se endurece cuando la batería se encuentra descargada; los poros, obstruidos, no dejan penetrar el electrolito y por lo tanto

no pueden actuar en los elementos activos de las placas, reduciéndose la capacidad efectiva. Esto hace además que sea muy difícil recargar una batería que se ha dejado sulfatar.

### 29 - ¿Cuáles son las causas más habituales de que se sulfata una batería?

Las causas más habituales de sulfatación de una batería son:

- Dejarla descargada durante mucho tiempo.
- Añadir ácido puro al electrolito.
- Sobrecargas demasiado frecuentes.
- Falta de haber añadido agua destilada en el momento oportuno.
- El trasvase de electrolito de unos vasos a otros.

### 30 - ¿Cuáles son los síntomas de que un elemento de batería se ha sulfatado?

Los síntomas más evidentes son:

- El densímetro registra siempre una densidad baja del electrolito, a pesar de que el elemento siempre se somete a la misma carga que los otros elementos. - La tensión siempre es inferior a la de los elementos normales.
- Es imposible cargar la batería a toda su capacidad.
- El elemento sulfatado no permite el paso de la intensidad normal de la corriente debido a su gran aumento de resistencia eléctrica.
- Las dos placas, positiva y negativa, tienen un color claro.

### 31 - ¿Qué clase de agua se debe añadir a las baterías?

Únicamente agua destilada, o agua de lluvia. Debe guardarse en recipientes de vidrio bien limpios. El agua de lluvia, aunque es la mejor, debe recogerse sin que se ponga en contacto con metales (techos de zinc, etc), porque entonces adquiere impurezas. La recogida por un techo de tejas cerámicas o por una lona impermeable, por ejemplo, reúne buenas condiciones.

### 32 - ¿Es imprescindible el empleo de un regulador de carga en una instalación fotovoltaica? ¿En qué casos se puede prescindir del regulador?

La función primaria de un regulador de carga en un sistema fotovoltaico es proteger a la batería de sobrecargas o descargas excesivas. Cualquier instalación que utilice cargas impredecibles, intervención del usuario, sistema de acumulación optimizado o infradimensionado (para minimizar inversión inicial), o cualquier otra característica que pueda sobrecargar o descargar

excesivamente la batería, requiere un regulador de carga. La falta del mismo puede ocasionar una reducción de la vida útil de la batería y una reducción de la disponibilidad de carga.

Los sistemas con cargas pequeñas, predecibles y continuas pueden diseñarse para funcionar sin necesidad de regulador. Si el sistema lleva un acumulador sobredimensionado y el régimen de descarga nunca va a superar la profundidad de descarga crítica de la batería, se puede prescindir del regulador.

### 33 - ¿Que diferencia existe entre los distintos tipos de inversores? ¿Cual es el que hay que utilizar en cada caso?

Los inversores transforman la corriente continua en corriente alterna. La corriente continua produce un flujo de corriente en una sola dirección, mientras que la corriente alterna cambia rápidamente la dirección del flujo de corriente de una parte a otra. La frecuencia de la corriente alterna en España es de 50 ciclos normalmente. Cada ciclo incluye el movimiento de la corriente primero en una dirección y luego en otra. Esto significa que la dirección de la corriente cambia 100 veces por segundo.

Fuente: <http://www.solener.com>

Imagen reproducida con fines académicos.

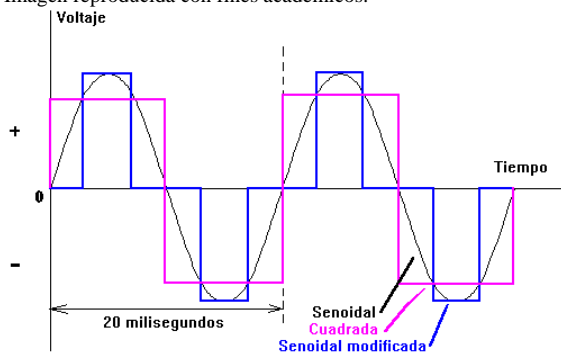


Figura 7.25  
Diferentes formas de onda en corriente alterna (50Hz)

La corriente alterna suministrada por una compañía eléctrica o por un generador diesel o gasolina es (o debería ser) como la que se muestra en la figura en color negro. Los cambios en la magnitud de la tensión siguen una ley senoidal, de forma que la corriente también es una onda senoidal.

La conversión de corriente continua en alterna puede realizarse de diversas formas. La mejor manera depende de cuanto ha de parecerse a la onda senoidal ideal para realizar un funcionamiento adecuado de la carga de corriente alterna: Inversores de onda cuadrada: la mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en otra. El dispositivo de conmutación que cambia la dirección de la corriente debe actuar con rapidez. A medida que la corriente pasa a través de la cara primaria del transformador, la polaridad cambia 100 veces

cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale del secundario del transformador va alternándose, en una frecuencia de 50 ciclos completos por segundo. La dirección del flujo de corriente a través de la cara primaria del transformador se cambia muy bruscamente, de manera que la forma de onda del secundario es "cuadrada", representada en la figura mediante color morado.

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias (ruidos). No son aptos para motores de inducción.

Si se desea corriente alterna únicamente para alimentar un televisor, un ordenador o un aparato eléctrico pequeño, se puede utilizar este tipo de inversor. La potencia de éste dependerá de la potencia nominal del aparato en cuestión (para un TV de 19" es suficiente un inversor de 200 W).

Inversores de onda senoidal modificada: son más sofisticados y caros, y utilizan técnicas de modulación de ancho de impulso. El ancho de la onda es modificada para acercarla lo más posible a una onda senoidal. La salida no es todavía una auténtica onda senoidal, pero está bastante próxima. El contenido de armónicos es menor que en la onda cuadrada. En el gráfico se representa en color azul. Son los que mejor relación calidad/precio ofrecen para la conexión de iluminación, televisión o variadores de frecuencia.

Inversores de onda senoidal: con una electrónica más elaborada se puede conseguir una onda senoidal pura. Hasta hace poco tiempo estos inversores eran grandes y caros, además de ser poco eficientes (a veces sólo un 40% de eficiencia). Últimamente se han desarrollado nuevos inversores senoidales con una eficiencia del 90% o más, dependiendo de la potencia, como por ejemplo el S-1200.

La incorporación de microprocesadores de última generación permite aumentar las prestaciones de los inversores con servicios de valor añadido como telecontrol, conteo de energía consumida, selección de batería... Sin embargo su coste es mayor que el de los inversores menos sofisticados.

Puesto que sólo los motores de inducción y los más sofisticados aparatos o cargas requieren una forma de onda senoidal pura, normalmente es preferible utilizar inversores menos caros y más eficientes. Dentro de poco tiempo el coste de los inversores senoidales se acercará al de los otros, popularizándose su instalación.

### 34 - ¿Cómo se dimensiona un inversor?

Los inversores deben dimensionarse de dos formas. La primera es considerando los Watios de potencia eléctrica que el inversor puede suministrar durante su funcionamiento normal de forma continua. Los inversores son menos eficientes cuando se utilizan a un porcentaje

bajo de su capacidad. Por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de la carga de consumo.

La segunda forma de dimensionar el inversor es mediante la potencia de arranque. Algunos inversores pueden suministrar más de su capacidad nominal durante períodos cortos de tiempo. Esta capacidad es importante cuando se utilizan motores u otras cargas que requieren de 2 a 7 veces más potencia para arrancar que para permanecer en marcha una vez que han arrancado (motores de inducción, lámparas de gran potencia).

### 35 - ¿Qué diferencia hay entre cargas resistivas y cargas inductivas?

Una carga es cualquier dispositivo que absorbe energía en un sistema eléctrico. Los electrodomésticos, y aparatos eléctricos en general, se dividen en dos grandes grupos de cargas: resistivas e inductivas. Las cargas resistivas son simplemente aquellas en las que la electricidad produce calor y no movimiento. Típicas cargas de este tipo son las lámparas incandescentes o los radiadores eléctricos.

Las cargas inductivas generalmente son aquellas en las que la electricidad circula a través de bobinas. Normalmente son motores, tales como ventiladores o frigoríficos; o transformadores, que se encuentran en la mayoría de los aparatos electrónicos, tales como televisores, ordenadores o lámparas fluorescentes.

### 36 - ¿Qué tipos de elementos de iluminación son los más adecuados para instalar con los sistemas solares fotovoltaicos?

Dadas las características de los sistemas fotovoltaicos, en los que la capacidad de acumulación de energía es limitada, los equipos de iluminación han de ser de elevado rendimiento y bajo consumo para aprovechar al máximo esa energía. Las más idóneas son las lámparas electrónicas, que dan las mismas prestaciones luminosas que las bombillas convencionales pero ahorran aproximadamente un 80% de energía y tienen una duración 8 veces superior. Esto se debe a que el 95% de la energía que consumen las lámparas incandescentes se transforma en calor y no en luz, mientras que las electrónicas irradian mucho menos calor y transforman un 30% de la energía que consumen en luz. También pueden utilizarse apliques fluorescentes convencionales pero siempre con reactancia electrónica.

### 37 - ¿Cuáles son las diferencias entre un bombeo solar directo y un bombeo convencional?

Un bombeo solar convencional se compone de paneles, regulador, baterías, inversor (si es de alterna) y la bomba. En un bombeo solar directo se eliminan el regulador y las baterías, sustituyéndose el inversor por otro más barato. Esto reduce el precio de la instalación y su

mantenimiento. A cambio solo se puede bombear durante el día, por lo que en algunas instalaciones es necesario almacenar el agua en un depósito, que haría la función de la batería. Si además el sistema de bombeo directo utiliza una bomba de desplazamiento positivo el rendimiento energético es casi el doble que el de un bombeo convencional, reduciéndose los paneles necesarios y el precio de la instalación, a pesar de que la bomba es más cara.

### 38 - ¿Qué es y como funciona una célula de combustible?

Una célula de combustible es un dispositivo electroquímico que genera electricidad directamente a partir de energía química. Su construcción es muy similar a la de los acumuladores: constan de un electrolito (que puede ser alcalino, de ácido fosfórico, de carbonatos fundidos o de óxido sólido) y de dos electrodos. El ánodo se alimenta con el combustible (normalmente hidrógeno) y el cátodo con el comburente (normalmente oxígeno). Para aumentar la superficie efectiva de los electrodos estos se construyen con materiales porosos. Además, se utilizan presiones altas y temperaturas elevadas para favorecer la reacción. El subproducto de la reacción química es vapor de agua. Las pilas de combustible de ácido fosfórico tienen un rendimiento aproximado del 40% y una temperatura de trabajo de 200°C. Actualmente se fabrican en unidades de unos 200kW.

### Cálculo de módulos fotovoltaicos.

Esquema del proceso de cálculo:

1. Partir de la potencia en watts de cada aparato de consumo (con o sin convertidor) y estimar el número medio de horas de funcionamiento de cada uno en el día medio del mes mas desfavorable.
2. Calcular en Wh el consumo diario  $E_T$  en el mas desfavorable (En su caso, se calcularán también los consumos semanales, mensuales o anuales, así como los de periodicidad distinta a los citados).
3. Elegir el número  $N$  de días de autonomía y averiguar la profundidad de descarga máxima  $p_d$  admitida para el acumulador (normalmente un 0.8 para los de Ni-Cd o los estacionarios de Pb-Sb y 0.4 para los de Pb-Ca). Determinése también el valor de autodescarga diaria, si se tienen datos suficientes.
4. Calcular la energía necesaria  $E = E_T / R$

$$R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a N / p_d] - k_b - k_c - k_v$$

Los valores más usuales (a tomar en defecto de otros más precisos) son:

$$k_b \ 0.05$$

$$k_a \ 0.005$$



$k_c$  0 Si no existe convertidor, o si el rendimiento de éste ya se ha tenido en cuenta al calcular la potencia real consumida por los aparatos a los que afecte.

0.2 Cuando existe un convertidor senoidal que afecta a todo el circuito de consumo.

0.1 En el caso de que el convertidor sea de onda cuadrada.

$k_v$  0.15 Si las potencias de partida utilizadas en el punto 1 son las teóricas de cada aparato.

0.1 Caso general, si no se dispone de información en detalle de los rendimientos.

0.05 Si las potencias de partida del punto No. 1 son las realmente consumidas por cada aparato, habiendo tenido ya en cuenta sus pérdidas.

5. Calcular la capacidad útil de la batería.  $C_u = EN$

6. Calcular la capacidad nominal de la batería  $C = C_u / p_d$

7. Buscar la energía H para el mes mas desfavorable y la localidad en cuestión y, si procede, corregir dicho valor según las condiciones atmosféricas u otros factores climatológicos.

8. Hallar el número de horas del sol pico.

$$H.S.P. = 0.2778 kH$$

K Es el coeficiente de corrección por inclinación de los paneles ( $15^\circ$  mas que la latitud para instalaciones que deben funcionar durante todo el año) En caso de montarse los paneles sobre un seguidor o "tracker", multiplicar H.S.P. por 1.2 ó 1.3.

9. Si los paneles son bifaciales y se montan con un fondo reflectante apropiado, multiplicar su potencia nominal P por el factor 1.2 (a menos que en la potencia nominal de dichos paneles ya se incluya la potencia absorbida por la cara dorsal).

10. La potencia  $E_p$  que deben producir los paneles es mayor que E, debido principalmente a las pérdidas por usar regulador. Se estima:

$$E_p = E / 0.9$$

11. Calcular el número de paneles necesarios de potencia nominal P.

$$\text{No. de paneles} = E_p / (0.9 P \text{ (H.S.P)}) \quad \text{El factor 0.9 es opcional.}$$

Ejemplo:

Calcular el número de paneles fotovoltaicos de 85 W para una instalación localizada en la Ciudad de México de acuerdo con el consumo de:

No.	Descripción	Cantidad	Potencia en W	Tiempo en h.	Consumo en Wh
1.	Computador a PC (CPU)	1	150	4	600
2.	Monitor.	1	100	4	400
3.	Escaner.	1	18	1	18
4.	Impresora.	1	87	1	87
5.	Televisión.	1	95	5	475
6.	Luminaria.	1	25	5	125
				<b>Total</b>	<b>1,705 Wh</b>

1. La instalación deberá funcionar todo el año, por lo tanto el mes más desfavorable es enero.

La energía disponible en promedio es de  $14.7 \text{ MJ/m}^2$

2. Se conocen las intensidades de corriente que requieren los equipos y los tiempos de funcionamiento, por lo que resulta sencillo calcular el consumo diario en Wh.

$$\text{Consumo medio diario } E_T = 1,705 \text{ Wh}$$

3. El número de días de autonomía se considera para la ciudad de México igual a 5 días y la profundidad de descarga máxima admisible, al tratarse de baterías de Ni-Cd, se toma igual a 80% (0.8) y la autodescarga mensual es del 4.5% según el fabricante, el valor diario será:

$$k_a = 0.045 / 31 = 0.001451612903$$

$$4. R = 1 - [(1 - k_b - k_c - k_v)k_a N / p_d] - k_b - k_c - k_v$$

Se toma:

$$k_b = 0.05 \quad k_a = 0.0015 \quad k_c = 0.2 \quad k_v = 0.1$$

Sustituyendo:

$$R = 1 - [(1 - 0.05 - 0.2 - 0.1)(0.0015)(5)/(0.8)] - 0.05 -$$

$$0.2 - 0.1 \cong 0.64$$

Por tanto:

$$E = E_T / R = 1,705 \text{ Wh} / 0.64 = 2,648 \text{ Wh}$$

5. Capacidad utilizable de la batería  $C_u = EN = (2,648)(5) = 13,240 \text{ Wh}$   
Para expresarla en Ah  
 $C_u = 13,240 \text{ Wh} / 12 = 1,103 \text{ Ah}$

6.- Capacidad nominal

$$C = C_u / p_d = 1,103 / 0.8 = 1,379 \text{ Ah}$$

**Se instalan 3 baterías de 512 Ah = 1,536 Ah  
R**

Fuente: <http://saecsaenergiasolar.com/catalogo1/plantas/>  
Imagen reproducida con fines académicos



Figura 7.26  
**Baterías solares de ciclo profundo.**

7. Como la instalación está en el núcleo urbano se corrige el valor de  $H$  multiplicándolo por 0.95.

$$H \text{ (corregido)} = 14.7 \text{ MJ/m}^2 \times 0.95 = 13.9 \text{ MJ.}$$

8. La latitud de la Ciudad de México es de  $19.175^\circ \text{ N}$ , y por fines de diseño se considera la inclinación de las fotoceldas igual al de la latitud, se busca el factor de corrección por inclinación que es para el mes de enero igual a 1.13; entonces:

$$\text{H.S.P.} = (0.2778)(1.13)(13.9) = 4.36$$

9. Los paneles no son bifaciales, por lo tanto no se hacen correcciones por este motivo.

10. Puesto que existe regulador:

$$E_p = E / 0.9 = 2,648 \text{ Wh} / 0.9 = 2,943 \text{ Wh}$$

11. La potencia nominal  $P$  de los paneles de 85 W. Se supone que ésta es la potencia neta que suministran a la tensión de carga de la batería (y no la potencia máxima teórica) por lo que la fórmula a emplear será:

$$\text{No. de paneles} = E_p / (P \text{ (H.S.P)}) \text{ (No se usa el factor 0.9)}$$

Sustituyendo:

$$\text{No. de paneles} = 2,943 \text{ Wh} / ((85) (4.36)) = 7.94$$

**Se necesitarán 8 paneles de 85 W cada uno con una potencia total instalada de 680 W  
R**

Fuente: SoListo\_security6\_06.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.27  
**Módulos fotovoltaicos para uso en alumbrado público.**

Fuente: <http://saecsaenergiasolar.com/catalogo1/Modulos.htm>  
Imágenes reproducidas con fines académicos.

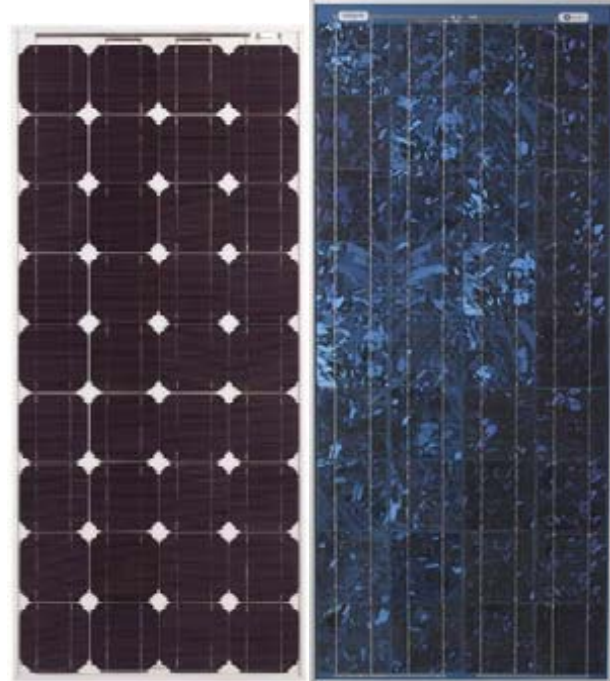


Figura 7.28  
Módulos solares de silicio monocristalino y policristalino

Fuente: [http://www.construnario.com/notiweb/titulares\\_resultado.asp?regi=9915](http://www.construnario.com/notiweb/titulares_resultado.asp?regi=9915)  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.29  
**Módulos fotovoltaicos flexibles, los cuales se pueden adaptar a cualquier superficie.**

Fuente: solisto\_VAScatalog\_06. Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 7.30  
**Fuente de potencia DC con respaldo de baterías en alojamiento para exteriores para aplicaciones con admisión AC.**

## 8. Refrigeración solar.

Una forma de refrigeración que tiene un atractivo económico cuando hay una fuente de energía térmica barata a una temperatura de 100° a 200° C es la **refrigeración por absorción**. Algunos ejemplos de fuentes de energía térmica barata incluyen la energía geotérmica, la solar, el calor de desecho de la cogeneración o de plantas de vapor de proceso; es decir, energía térmica que de otra manera se desearía.

Como el nombre lo indica, los sistemas de refrigeración por absorción implican la absorción de un *refrigerante* por un *medio de transporte*. El sistema de refrigeración por absorción más utilizado es el sistema de amoniaco-agua, donde el amoniaco (NH<sub>3</sub>) sirve como refrigerante y el agua (H<sub>2</sub>O) como medio de transporte. Otros sistemas de refrigeración por absorción son los de agua-bromuro de litio y de agua-cloruro de litio, en los que el agua sirve como refrigerante. Los últimos dos sistemas se limitan a aplicaciones como el acondicionamiento de aire en los que la temperatura mínima está por arriba del punto de congelación del agua (0° C).

Para comprender los principios básicos en la refrigeración por absorción, se examina el sistema NH<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O mostrado en la figura 1. La máquina de refrigeración de amoniaco – agua fue patentada por el francés Ferdinand Carre en 1859. En unos cuantos años, las máquinas basadas en este principio se empezaron a construir en Estados Unidos, principalmente para fabricar hielo y almacenar alimentos. Se ve claro en la figura que este sistema se asemeja mucho al sistema por compresión de vapor, salvo en que el compresor ha sido sustituido por un complicado mecanismo de absorción compuesto por un absorbedor, una bomba, un generador, un regenerador, una válvula y un rectificador. Una vez que la presión del NH<sub>3</sub> es elevada por los componentes en la caja (esto es lo único que tienen que hacer), éste se enfría y se condensa en el condensador rechazando calor hacia los alrededores, se estrangula hasta la presión del evaporador y toma calor del espacio refrigerado cuando fluye a través del evaporador. Así que, no hay nada nuevo. A continuación se indica lo que sucede en la caja:

El vapor de amoniaco sale del evaporador y entra al absorbedor, donde se disuelve y tiene una reacción química con el agua para formar NH<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>O. Ésta es una reacción exotérmica; por ello el calor se libera durante este proceso. La cantidad de NH<sub>3</sub> que puede disolverse en H<sub>2</sub>O es inversamente proporcional a la temperatura. Por consiguiente es necesario enfriar el absorbedor para mantener su temperatura lo mas baja posible y, por tanto, para maximizar la cantidad de NH<sub>3</sub> disuelto en el agua. La solución líquida NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O, rica en NH<sub>3</sub>, se bombea luego al generador. El calor se transfiere a la solución de una fuente para evaporar algo de la solución. El vapor que

es rico en NH<sub>3</sub> pasa por un rectificador, que separa el agua y la regresa al generador. El vapor de NH<sub>3</sub> puro de alta presión continúa luego su trayecto por el resto del ciclo. La solución caliente NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O, pobre en NH<sub>3</sub>, pasa después por un regenerador, donde transfiere algo de calor a la solución rica que sale de la bomba, y se estrangula hasta la presión del absorbedor.

FUENTE: Cengel, Yunus A. Termodinámica. Imagen reproducida con fines académicos.

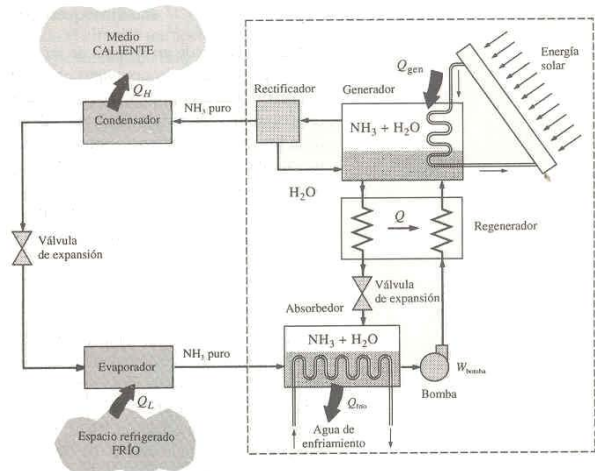


Figura 8.1. Ciclo de refrigeración por absorción.

Comparados con los sistemas de compresión de vapor, los sistemas de refrigeración por absorción tienen una ventaja principal: se comprime un líquido en lugar de un vapor. El trabajo del flujo permanente es proporcional al volumen específico, por lo que la entrada de trabajo en los sistemas de refrigeración por absorción es muy pequeña (del orden del 1% del calor suministrado al generador) y se ignora a menudo en el análisis del ciclo, la operación de estos sistemas se basa en la transferencia de calor de una fuente externa. Por consiguiente, los sistemas de refrigeración por absorción suelen clasificarse como *sistemas accionados por calor*. Estos sistemas, sin embargo, también tienen desventajas: son voluminosos, complejos y, desde luego, costosos. Resultan económicamente competitivos sólo cuando hay una fuente de energía disponible, que de otro modo se desearía. Por lo general, se utilizan en trabajos industriales.

El COP<sup>1</sup> de sistemas de refrigeración por absorción se define como:

$$\text{COP}_R = \frac{\text{salida\_deseada}}{\text{entrada\_requerida}} = \frac{QL}{Q_{gen} + W_{bomba, en}}$$

$$\approx \frac{QL}{Q_{gen}} \quad 1$$

<sup>1</sup> Coeficiente de desempeño (Coefficient of performance)

El COP máximo de un sistema de refrigeración por absorción se determina suponiendo que el ciclo completo es totalmente reversible (el ciclo no incluye reversibilidades ni ninguna transferencia de calor debido a una diferencia de temperatura diferencial). El sistema de refrigeración sería reversible si el calor de la fuente ( $Q_{gen}$ ) se transfiriera a una máquina térmica de Carnot, y la salida de trabajo de esta máquina térmica ( $W = \eta_{t,C} Q_{gen}$ ) se suministra a un refrigerador de Carnot para extraer calor de un espacio refrigerado.

Observar que

$Q_L = W * COP_{R,C} = \eta_{t,C} Q_{gen} COP_{R,C}$ . Así, el COP total de un sistema de refrigeración por absorción en condiciones reversibles es:

$$COP_{R,rev} = \frac{Q_L}{Q_{gen}} = \eta_{t,C} COP_{R,C} =$$

$$COP_{R,rev} = \left(1 - \frac{T_0}{T_f}\right) \left(\frac{T_L}{T_0 - T_L}\right) \quad 2$$

Donde  $T_L$ ,  $T_0$  y  $T_f$  son las temperaturas del espacio refrigerado, el ambiente y la fuente térmica, respectivamente. Cualquier sistema de refrigeración por absorción que reciba calor de una fuente a  $T_f$  y extraiga calor del espacio refrigerado a  $T_L$ , mientras opera en un ambiente a  $T_0$ , tendrá un COP menor que el determinado a partir de la ecuación 2. Por ejemplo, cuando la fuente está a 120° C, el espacio refrigerado está a -10° C y el ambiente se encuentra a 25° C, el máximo COP que un sistema de refrigeración por absorción puede tener es de 1.8. El COP de sistemas de refrigeración por absorción reales por lo común es menor a 1.

Cómo se muestra en la figura 2, el sistema de refrigeración por absorción difiere del de compresión de vapor únicamente en la parte cuyo gradiente de presión es positivo. En los sistemas de absorción se logra la “presurización” disolviendo en primer lugar el refrigerante en un líquido (el absorbente) dentro del *absorbedor*. La solución se transfiere posteriormente a la sección de alta presión mediante una bomba ordinaria, y el refrigerante de bajo punto de ebullición se separa de la solución mediante la adición de calor en el *generador*, mediante este proceso se logra comprimir el refrigerante sin el empleo de un compresor. Recordar que el trabajo requerido para “presurizar” un líquido es mucho menor que el trabajo requerido para “presurizar” un vapor, el cual experimenta grandes cambios en su volumen específico.

Suponiendo que el trabajo de la bomba es despreciable, el coeficiente de funcionamiento queda determinado por la relación:

$$\beta = Q_E / Q_G$$

De los dos sistemas de absorción mencionados, el que emplea bromuro de litio – agua es el más simple porque el refrigerante (agua) se separa de la solución sin requerir una columna de rectificación. Por otra parte, el sistema amoniaco – agua si requiere de un rectificador para asegurar que el refrigerante (amoniaco) no contenga vapor de agua al entrar al evaporador, y experimente así una congelación indebida.

El sistema de bromuro de litio – agua opera satisfactoriamente cuando la temperatura en el generador es del orden de 100° C, la cual puede lograrse con colectores solares planos. Por otra parte, el sistema amoniaco – agua requiere mayores niveles de temperatura en el generador: del orden de 120° C a 150° C para lo cual ya se requiere se sistemas solares a concentración de media temperatura.

La desventaja principal del sistema de absorción de bromuro de litio – agua está en el hecho de que la temperatura mínima de operación en el evaporador no puede estar por debajo de los 5° C, por ser agua el refrigerante.

La tabla 8.1 muestra algunos datos técnicos para un sistema de absorción de 3 T operando con una solución de bromuro de litio – agua.

Capacidad.	10,550 W
Suministro de calor en el generador.	16,120 W
Temperatura del agua caliente a la entrada	99° C
Flujo del agua.	42 l/minuto
Temperatura del agua a la entrada del condensador.	29° C
Flujo del agua en el condensador.	38 l / minuto
Calor disipado.	26,670 W

**Tabla 8.1. Sistema de absorción bromuro de litio – agua.**

En caso de que la temperatura del agua en el sistema de almacenamiento de energía no sea lo suficientemente alta para operar los sistemas de enfriamiento o calefacción, la energía necesaria se obtiene con un calentador auxiliar de tipo común.

El diseño de los colectores se lleva a cabo haciendo uso de las técnicas anteriormente presentadas. El área de los mismos depende fundamentalmente de la carga térmica que tenga la habitación.

La energía del tanque de almacenamiento pasa a través de un intercambiador de calor hacia un tanque de precalentamiento para el agua caliente de uso doméstico.

Otra de las aplicaciones de la conversión fototérmica de la energía solar es la refrigeración solar.

El acondicionamiento de aire en climas cálidos y húmedos es un problema de consumo energético al que se enfrentan tanto las empresas como los grupos familiares y

centros comerciales establecidos en una zona de comportamiento climático como el descrito. Es muy común que los conceptos de refrigeración y/o acondicionamiento de aire ocupen un gran porcentaje del total de la energía consumida en un medio cualquiera, lo cual tiene implicaciones de costo, desperdicio de energía de alta calidad y contaminación ambiental (Berbari, 1998). La energía solar es una fuente potencial de aprovechamiento energético en el campo de acondicionamiento de aire. Existen muchas formas de aprovechar el calor solar para acondicionar térmicamente un recinto, de las cuales la más viable en términos de costo de operación y ahorro de energía es la constituida por el sistema de refrigeración por absorción. La diferencia fundamental existente entre un sistema de refrigeración por absorción y uno de compresión mecánica, que es el encontrado en la mayoría de los hogares como equipo de aire acondicionado de ventana, radica en la fuente de energía que ambos requieren para operar. En el caso del refrigerador de absorción, la energía eléctrica requerida en el sistema de compresión se ha suplantado por una adición de calor, el cual puede provenir de cualquier fuente, posibilitando el uso de energía solar para ello. En el sistema de refrigeración por absorción solar, los tubos de calor son los encargados de captar la energía proveniente del sol, operando como colectores al vacío (Dumais, 1999).

Fuente:  
Manrique, José A. **Energía solar**. Fundamentos y aplicaciones fototérmicas. 1ª. Edición. Editorial Harla. México. 1984. 255 pp. ills.  
Imagen reproducida con fines académicos.

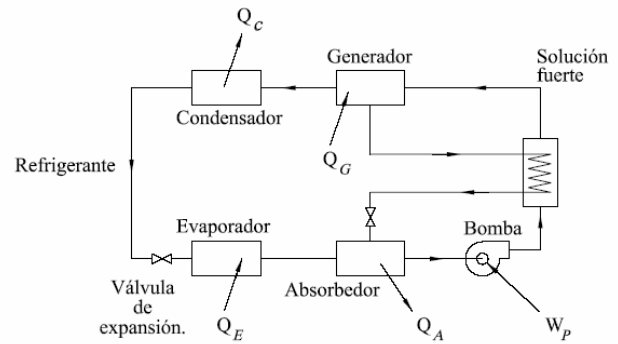


Figura 8.2  
**Sistema de refrigeración por absorción.**

La conservación y el uso de la energía ha dado origen a distintos métodos alternos para lograr el aire acondicionado en edificios y la refrigeración en algunos recintos o equipos.

Los sistemas de refrigeración mediante la compresión de un vapor (R22, R134a, R717, etc.) constituyen un método tradicional para lograr el enfriamiento de un

Fuente:  
Manrique, José A. **Energía solar**. Fundamentos y aplicaciones fototérmicas. 1ª. Edición. Editorial Harla. México. 1984. 255 pp. ills.  
Imagen reproducida con fines académicos.

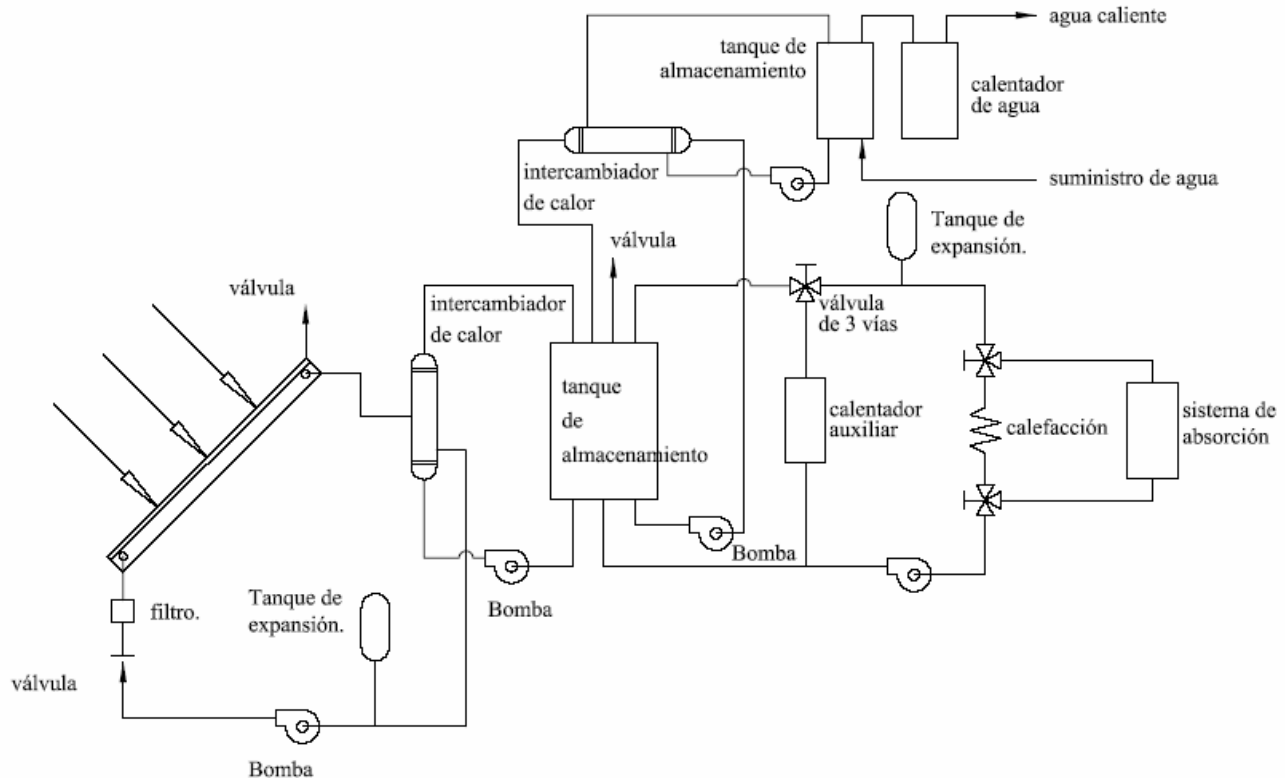


Figura 8.3  
**Sistema de enfriamiento, calefacción y agua caliente para una casa solar.**

edificio o la refrigeración de un espacio dado. Sin embargo, al requerirse en su operación cantidades relativamente grandes de energía eléctrica--que es una forma valiosa de energía--estos sistemas pueden llegar a ser muy costosos en su operación. Las cantidades requeridas de energía son grandes, fundamentalmente porque el vapor refrigerante en el compresor experimenta cambios muy significativos en su volumen específico, desde la presión del evaporador hasta la del condensador. En comparación, el consumo de energía eléctrica que se requiere para incrementar la presión en un líquido es sustancialmente menor, dado que su volumen específico es muy pequeño con respecto al de un vapor, y prácticamente no varía con la presión. Así, por ejemplo, para comprimir 0.1 kg/s de amoníaco (R717) desde un estado de vapor saturado seco a 0 °C (4.3 bar) hasta vapor sobrecalentado a 20 bar se requiere un mínimo de aproximadamente 21.7 kW de potencia, mientras que para incrementar la presión de 0.1 kg/s de solución amoníaco-agua con una fracción másica de amoníaco igual a 0.4, entre los mismos límites de presión, se requieren sólo 0.2 kW aproximadamente. Es decir, menos del 1 por ciento. Este ejemplo sencillo demuestra la ventaja de incrementar la presión a un líquido en lugar de a un vapor.

### Cómo funciona

La figura 8.4 ilustra esquemáticamente los principales componentes de un sistema de refrigeración mediante la compresión de un vapor y los de uno por absorción. Como se apuntó más arriba, el compresor en la figura 1(a) toma una cantidad sustancial de energía para comprimir el

Fuente: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/Transferencia44/eli-04.htm>.

Imagen reproducida con fines académicos.

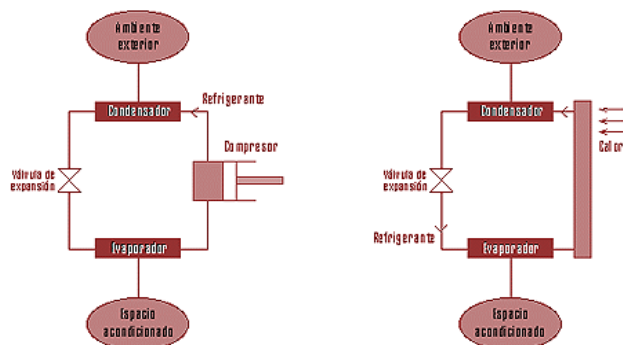


Figura 8.4 Refrigeración mediante la compresión de un vapor y por absorción

refrigerante. Por otra parte, en la figura 8.4 b se muestra un sistema de refrigeración por absorción en donde se ha eliminado el compresor. Este ha sido sustituido por una bomba para incrementar la presión de una solución líquida y otros componentes de intercambio de calor. Como puede observarse, el sistema de refrigeración por absorción requiere solamente una fracción muy pequeña

de energía eléctrica para su operación, pero requiere adicionalmente una cantidad de calor muy superior al trabajo mecánico o eléctrico que necesita el sistema de compresión de vapor. En consecuencia, si el calor que requiere el sistema de refrigeración por absorción tiene un costo bajo, el ciclo de absorción se hace muy atractivo.

Generalmente, este calor proviene en unidades comerciales de la combustión de gas natural u otro combustible, vapor de agua, agua caliente, etcétera.

Los medios de trabajo más empleados en la refrigeración por absorción son las soluciones bromuro de litio-agua y amoníaco-agua. En el primero el agua es el refrigerante y el bromuro de litio es el absorbente, mientras que en el segundo el amoníaco es el refrigerante y el agua es el absorbente. Las unidades que emplean bromuro de litio-agua requieren que el calor se les suministre a temperaturas relativamente bajas (del orden de los 100 °C) mientras que las segundas requieren de mayores temperaturas para su operación. Por otra parte, los sistemas con bromuro de litio-agua requieren generalmente de una torre de enfriamiento para disipar calor, mientras que los sistemas con amoníaco-agua no la requieren. Esta característica puede ser muy importante en regiones donde la disponibilidad y calidad del agua es limitada. Por otra parte, los sistemas con amoníaco-agua pueden operar el evaporador a temperaturas muy por debajo de 0°C, mientras que los sistemas con bromuro de litio-agua requieren que las temperaturas de operación más bajas estén por encima de 0 °C. Esta característica limita los sistemas con bromuro de litio-agua a ciertas aplicaciones (vgr., enfriamiento de ambientes) mientras que los que emplean amoníaco-agua pueden adicionalmente encontrar aplicaciones en refrigeración industrial y doméstica.

Fuente: <http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferencia/Transferencia44/eli-04.htm>.

Imagen reproducida con fines académicos.

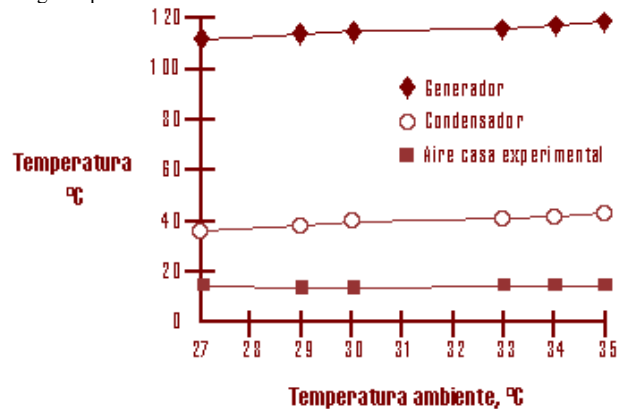


Figura 8.5. Algunos resultados experimentales obtenidos durante la operación del sistema de 3 toneladas de refrigeración

## Diseño de un sistema de absorción en el Tecnológico de Monterrey

A la luz de estas consideraciones se ha desarrollado en el Centro de Energía Solar del Campus Monterrey del ITESM un sistema de refrigeración amoníaco-agua que opera con energía solar o calor de desecho.

Aun cuando es menos difícil implementar la operación de un sistema de absorción con bromuro de litio y agua operando con energía solar, dadas las temperaturas requeridas, en el Centro de Energía Solar nos propusimos diseñar un sistema de tres toneladas de refrigeración usando una solución amoníaco-agua, dado que éste no requiere de una torre de enfriamiento para disipar calor a la atmósfera y permite, además, refrigerar a temperaturas muy por debajo de 0 °C. Esto es fundamental en aplicaciones que involucren la conservación de alimentos o medicinas.

La sustitución del calor de la combustión del gas natural por energía solar se observa simple a primera vista, aunque muchas y muy diversas dificultades técnicas tuvieron que resolverse. Entre estas dificultades a sortear destacan tres por su importancia: i) la temperatura de operación del sistema amoníaco-agua debe ser del orden de 150 °C o más; ii) el calor que requiere el sistema de absorción debe suministrarse a través de una superficie relativamente pequeña para que el equipo sea compacto; y iii) la naturaleza de la energía solar es difusa e intermitente. Para captar y aprovechar la energía solar a estos niveles de temperatura se hace uso en el Laboratorio de Energía Solar de un conjunto de tubos de calor al vacío, los cuales fueron fabricados por la empresa británica Thermomax, Ltd. para este proyecto. Cada uno de ellos consiste en un tubo adherido a una placa de absorción con superficie selectiva. El ensamble tubo de calor-placa de absorción se encuentra dentro de un tubo de vidrio al vacío. Estos tubos de calor calientan agua a presión a una temperatura de trabajo de aproximadamente 150 °C, y tienen una temperatura máxima de operación del orden de 300°C operando con energía solar. Por otra parte, el proceso de transferencia de calor del agua caliente a la solución amoníaco-agua tuvo que optimizarse para lograr la operación adecuada del sistema de refrigeración empleando un equipo de tamaño compacto. Finalmente, la intermitencia natural de la energía solar fue resuelta a través del diseño y construcción de un tanque de almacenamiento con agua helada.

La figura 8.5 muestra un conjunto de datos experimentales tomados al sistema de aire acondicionado solar. En la figura citada se observa la temperatura máxima de la solución en el sistema de absorción, la temperatura del amoníaco a la salida del condensador, y la temperatura del aire ambiente en el interior de la casa experimental del Laboratorio de Energía Solar del Instituto.

De lo anterior se desprende que sí es factible operar un sistema de aire acondicionado y/o refrigeración mediante el empleo de la energía solar o calor de desecho. Un factor importante a considerar es, evidentemente, el costo de la inversión inicial del equipo, el cual depende fundamentalmente, en el caso de la energía solar, de las condiciones climatológicas y del nivel de asoleamiento del lugar. Algunos estudios preliminares indican que la recuperación económica de la inversión es inferior a los cinco años en el caso de la ciudad de Monterrey.

La Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos otorgó al ITESM la Patente No. 5;666,818 el 16 de septiembre de 1997 para este sistema de absorción amoníaco-agua que opera con energía solar o con calor de desecho.

Los métodos utilizados generalmente para aprovechar el efecto solar en la refrigeración, se pueden clasificar:

- Equipos convencionales con captación mediante paneles fotovoltaicos.
- Equipos de absorción, con captación mediante colectores solares.
- Equipos de enfriamiento natural.

### Refrigeración mediante equipos convencionales.

Uno de los sistemas más simples de producir refrigeración, es utilizar equipos convencionales de aire acondicionado, originando electricidad mediante paneles fotovoltaicos, o eventualmente mediante energía eólica.

Este método es el más sencillo, pero como se necesita bastante potencia se requieren equipos de captación de dimensiones elevadas, lo que incrementa los costos de instalación.

El principio de los sistemas de aire acondicionado convencionales consiste en la realización de un proceso cíclico de transferencia de calor del interior de un edificio al exterior, mediante la evaporación de una sustancia que se denomina *refrigerante*. (Freón 22 ó 12).

Esta sustancia se encuentra en estado líquido a baja presión y temperatura, en un serpentín ubicado en contacto con el aire del interior del local, extrayendo calor al mismo.

De esa manera, por efecto del calor del aire interior el refrigerante se evapora, pasando del estado líquido al vapor, por lo que a dicho serpentín se le denomina *evaporador*. (Figura 8.6)

Al refrigerante en estado de vapor se le succiona y comprime mediante un *compresor*, aumentando de esa manera la presión y temperatura del mismo y en ese estado se le introduce en un serpentín exterior del local.

Fuente:  
 Quadri, Nestor. “**Energía Solar**” 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

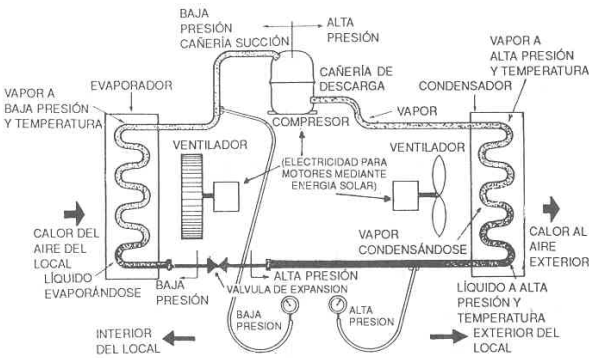


Figura 8.6  
**Esquema de funcionamiento de un sistema de refrigeración mecánica por compresión.**

La temperatura del vapor debe de ser superior al del aire exterior para permitir ceder el calor al mismo y de esa manera pasar del estado de vapor al líquido, es decir condensar. Por ello al serpentín exterior se le denomina *condensador*.

Luego el refrigerante en estado líquido a alta presión y temperatura vuelve al serpentín interior mediante un tubo capilar en equipos chicos o una válvula de expansión en equipos mayores, lo que provoca una brusca reducción de presión, originando cierta vaporización que reduce también la temperatura del líquido, reiniciándose de esa manera el ciclo.

En equipos de cierta envergadura se utiliza para el enfriamiento agua en del aire exterior, la cual es enfriada mediante una torre de enfriamiento.

**Refrigeración mediante equipos de absorción.**

La máquina de absorción consta de un evaporador y un condensador como los sistemas de refrigeración mecánica. Difiere en la manera de transformar el vapor refrigerante a baja presión y temperatura procedente del evaporador en vapor a alta presión y temperatura, apto para pasar al condensador.

En la máquina de refrigeración mecánica por compresión, para lograr tal efecto se utiliza un compresor, mientras que en la de absorción se emplean un conjunto de elementos que consisten (figura 8.7) en:

- Depósito de absorción o *absorbedor*.
- Depósito de separación o *separador*.
- Fuente de calor (energía solar)

La diferencia básica de este sistema consiste en que el vapor refrigerante no es aspirado mecánicamente por un

compresor, sino que es *absorbido* por una sustancia *absorbente*, de ahí el nombre de este sistema.

Fuente:  
 Quadri, Nestor. “**Energía Solar**” 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

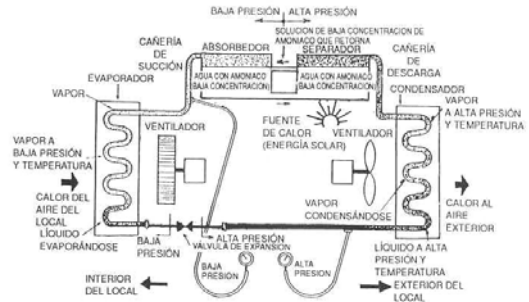


Figura 8.7  
**Esquema de funcionamiento de un sistema de refrigeración por absorción.**

En efecto, hay ciertas sustancias que tienen avidez entre sí, es decir, que tienen la propiedad de absorber a otras. Por ejemplo el agua tiene avidez por el amoníaco, en estado de vapor, utilizándose entonces el agua como absorbente y el amoníaco como refrigerante.

De esta manera una vez producida la vaporización del refrigerante en el evaporador, es absorbido por el agua que se encuentra en el depósito de absorción o *absorbedor*.

La mezcla agua – amoníaco es enviada entonces a otro deposito destinado a su separación para regenerar el ciclo, denominado *separador*, mediante la aplicación de una fuente de calor, que puede provenir de la energía solar.

Así, el vapor de amoníaco que se desprende en el separador, en condensado y posteriormente evaporado.

Como el amoníaco tiene el inconveniente de ser tóxico y corrosivo, se suelen utilizar equipos que emplean otras sustancias. Es muy común en equipos de cierta envergadura aplicar *bromuro de litio* como absorbente y el *agua* como refrigerante.

La separación del refrigerante del absorbente, puede efectuarse aplicando los sistemas de captación solar, mediante dos formas:

- Directa.
- Indirecta.

**Sistemas de separación directa.**

El funcionamiento de un equipo de refrigeración solar doméstico en donde la separación por calentamiento de la solución amoníaco – agua, se efectúa directamente en el colector solar, actuando el mismo como *separador* (Figura 8.8).



Fuente:  
 Quadri, Nestor. "**Energía Solar**" 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

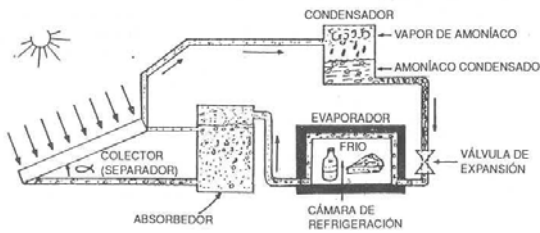


Figura 8.8  
**Sistema de separación directa en equipos de refrigeración domésticos.**

La orientación del colector debe de ser hacia el sur, con una inclinación igual al de la latitud  $\pm 15^\circ$  en función de la temporada de uso de la instalación.

Los colectores planos requieren un tratamiento especial para aumentar su eficiencia, dado que se opera con temperaturas de  $80^\circ$  a  $90^\circ$  C.

En los sistemas que se requieren potencias mayores, se sustituye el colector plano por *colectores de vacío* o del tipo de *concentración*, a fin de obtener un mayor rendimiento en los equipos, en virtud de lograrse mayores temperaturas.

El funcionamiento de un equipo de refrigeración de tipo industrial donde se emplear colectores de concentración se permite la separación de mayor cantidad de amoníaco en el tiempo, comparado con el caso anterior. (Figura 8.9)

Fuente:  
 Quadri, Nestor. "**Energía Solar**" 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

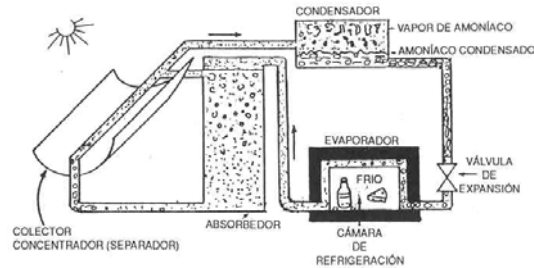


Figura 8.9.  
**Sistemas de separación directa en refrigeración industrial.**

**Sistemas de separación indirecta.**

Estos sistemas se emplean generalmente para instalaciones de aire acondicionado, en los que para mantener los requisitos de enfriamiento en los periodos que no se cuenta con la suficiente energía solar, se calienta agua en el colector y se acumula en un tanque de almacenamiento.

Fuente:  
 Quadri, Nestor. "**Energía Solar**" 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina. Imagen reproducida con fines académicos.

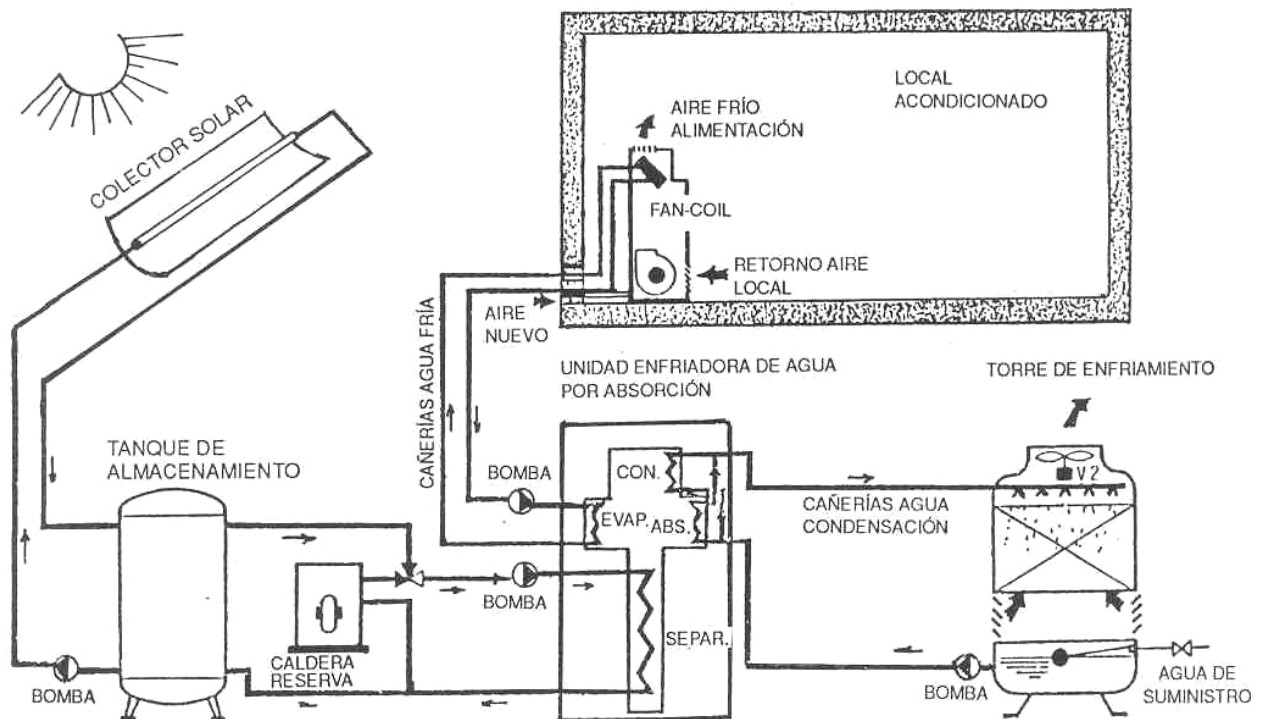


Figura 8.10  
**Sistema de separación indirecta con enfriadora de agua por absorción, para acondicionamiento de aire.**

Dicho tanque actúa como compensador en los casos de días nublados, u horas de la noche, pero si la captación solar es deficiente en períodos prolongados, debe de utilizarse una caldera de reserva accionada eléctricamente o como es general con gas natural o combustible líquido. También puede emplearse una fuente no convencional como el biogás.

Por lo tanto el equipo de absorción cuando se requiere enfriamiento en el local, recibe agua caliente alimentada por una bomba circuladota, produciendo entonces la separación del refrigerante. Es decir que el calor solar se entrega en forma *indirecta* al equipo de absorción.

La condensación del refrigerante se efectúa mediante la utilización del agua, la cual es enfriada en una *torre de enfriamiento*. El amoníaco líquido es evaporado produciendo una absorción de calor. De un tanque de agua, que se enfría hasta 7° C, aprovechándose para enviarla a un equipo refrigerador local denominado *fan coil* (ventilador – serpentín), el que mediante un ventilador recircula el aire en el local (figura 8.10).

Para el funcionamiento de las bombas circuladotas y ventiladores que se requieren en el sistema, puede utilizarse energía eléctrica convencional o producida eventualmente por paneles fotovoltaicos o generadores eólicos.

### Refrigeración natural.

El enfriamiento natural del aire interior de un local, puede lograrse mediante la utilización del aire fresco nocturno.

De esta manera el calor que se produce en el local, se acumula en un tanque de almacenamiento con agua y se disipa al exterior durante la noche.

Este sistema de acondicionamiento natural es interesante cuando se presentan diferencias de temperaturas muy acentuadas entre el día y la noche, como en el caso de climas de tipo continental. El principio de funcionamiento de este sistema se basa en la diferencia de pesos específicos del agua a diferentes temperaturas (Figura 8.11).

El agua mas caliente es más liviana que la fría, originándose un proceso de convección natural, en la que el agua caliente tiende a subir ocupando las zonas más altas en el medio de almacenamiento y las frías las zonas más bajas. A este efecto se le denomina *termosifón*.

Así, el agua está fresca durante el día en el serpentín interior, lo que provoca el enfriamiento del aire del local, el que circula también por convección natural a través del mismo.

El agua fresca del serpentín al calentarse asciende a la parte superior del depósito de almacenamiento,

renovándose con agua fría que proviene de la parte inferior.

Fuente:  
Quadri, Nestor. “Energía Solar” 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
Imagen reproducida con fines académicos.

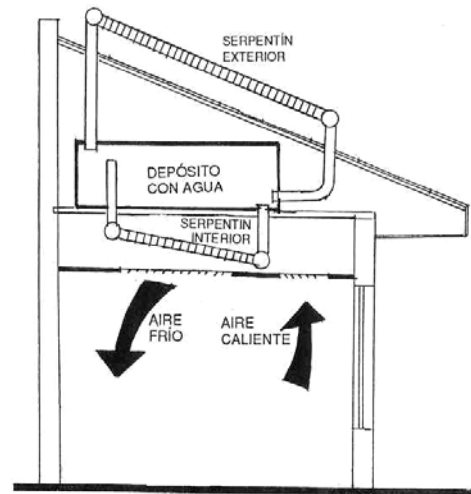


Figura 8.11  
Funcionamiento de un sistema de acondicionamiento natural.

La capacidad de agua del depósito debe permitir absorber la cantidad de calor que se disipa durante el día en el local.

El agua del depósito no puede ascender durante el día al serpentín exterior, dado que la temperatura externa es más elevada, y por lo tanto contiene agua cuyo peso es menor, quedando prácticamente estática en el serpentín exterior superior.

Durante la noche, como la temperatura exterior decrece, el agua del serpentín ubicado allí se hace más pesada y desciende al fondo del tanque de almacenamiento, produciendo su enfriamiento. A su vez el agua del tanque que se ha calentado durante el día, al ser más liviana tiende a elevarse reemplazando de esa forma el agua del serpentín exterior, produciéndose su enfriamiento.

De esta manera, se origina un proceso permanente y cíclico, llevándose el agua del depósito a las mismas condiciones de frescura cuando vuelve a comenzar el calentamiento solar durante las horas del día.

En realidad, el sistema descrito constituye un sistema de *acondicionamiento pasivo*, en la que no se requieren partes móviles.

El equipo sin embargo puede incrementar su transferencia de calor, por ejemplo, colocando en el local un ventilador de techo.

En climas muy fríos debe preverse el congelamiento del agua, incorporando sustancias anticongelantes a la misma.

Existen equipos de enfriamiento natural mas sofisticados, en la que el medio de almacenamiento se *solidifica* durante la noche cuando la temperatura exterior es bajar y se *funde* durante el día en la que la misma es alta. Es decir, se aprovechan los calores latentes de fusión de las sustancias, empleándose para ello sustancias refrigerantes como hidrocarburos hidrogenados (freón), logrando una mayor eficiencia térmica.

### Instalaciones de calefacción con bomba de calor por captación de la energía solar.

Una instalación de refrigeración de acuerdo a lo visto anteriormente consiste en un sistema que absorbe calor de un medio de baja temperatura para bombearlo a otro de temperatura superior, por ello a las instalaciones frigoríficas se les denomina sistemas de *bomba de calor*.

Dicho sistema puede emplearse en la temporada de invierno, cambiando las funciones del equipo mediante el empleo de una *válvula inversora del ciclo*, que invierta las funciones de los serpentines de los equipos.

Así el serpentín exterior se transforma en evaporador extrayendo calor del aire exterior (la temperatura del evaporador debe encontrarse más baja que el aire exterior para que esto suceda) y el serpentín interior se convierte en condensador, donde se descarga el calor absorbido en el local.

En una válvula del tipo *corredera* hermética y el control lo realiza una *válvula solenoide* piloto que forma parte integrante del conjunto (Figura 8.12).

En el ciclo de enfriamiento, el solenoide no está energizado. De esta manera el refrigerante cumple el ciclo normal de refrigeración. Al pasar el ciclo de bomba de calor, el solenoide se energiza cambiando entonces de posición, en donde el refrigerante circula según un nuevo recorrido, invirtiendo las funciones de los serpentines del condensador y del evaporador (figura 8.13).

La ventaja de la bomba de calor, es que se obtiene un rendimiento de 2 a 2.5 veces del calor que se lograría con una resistencia eléctrica, dado que la energía eléctrica sola se consume en el funcionamiento del compresor y del ventilador, para producir el *transporte* de calor de la fuente baja a la de alta temperatura.

El problema de estos equipos en los casos de aplicarse para el ciclo de calefacción, reside en que los días muy fríos baja notablemente el rendimiento, dado que disminuye la diferencia de temperatura con el serpentín exterior o evaporador, a la vez que aumentan las necesidades de calor de los ambientes.

Fuente:

Quadri, Nestor. "Energía Solar" 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina. Imagen reproducida con fines académicos.

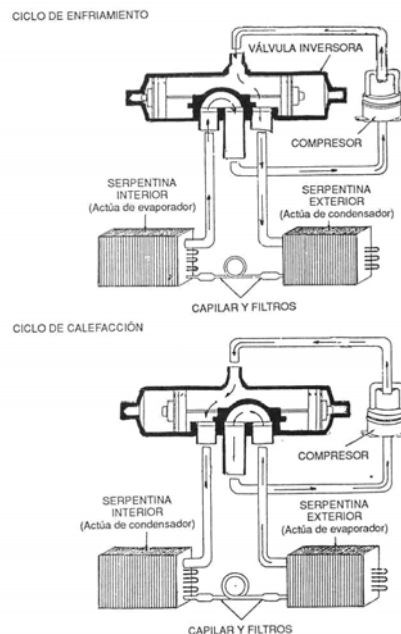


Figura 8.12  
Funcionamiento de una válvula inversora.

Por otra parte aparece el problema de la formación de hielo sobre el serpentín exterior pudiendo quedar bloqueado impidiendo el paso del aire.

Dichos inconvenientes se solucionan utilizando un sistema de captación solar con el cual se calienta el agua que cede su calor al evaporador del equipo de refrigeración (figura 8.14).

El tanque de acumulación de agua caliente se diseña con la capacidad necesaria para suministrar calor durante las horas de la noche y en aquellos casos en que no se dispone de energía solar, como por ejemplo los días nublados.

De esa manera, se logra además de un mayor rendimiento, una gran estabilidad o constancia de funcionamiento, sin el inconveniente de congelamiento del serpentín exterior.

Por supuesto que este equipo se utiliza para la refrigeración en la época de verano invirtiendo el ciclo refrigerante, produciendo el enfriamiento del agua del tanque, por ejemplo, utilizando una torre de enfriamiento.

### Tipos de bombas de calor.

Según las formas de captación del calor los sistemas se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Aire – aire.
- Agua – aire.
- Aire – agua.
- Agua – agua.
- Tierra – agua.

Fuente:  
 Quadri, Nestor. “Energía Solar” 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

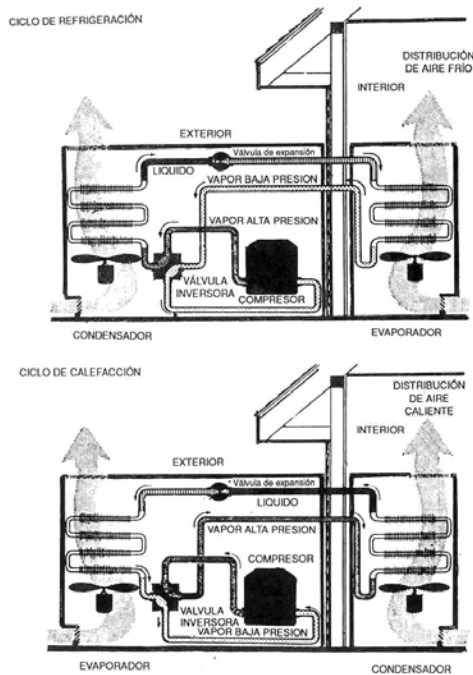


Figura 8.13  
**Esquema de funcionamiento de la bomba de calor.**

**Aire – aire.**

Es el tipo más difundido. El evaporador toma calor del aire exterior. El condensador cede calor al aire del local a calentar. Adecuada para la calefacción, se aplica en acondicionadores individuales y compactos.

**Agua – aire.**

El evaporador toma calor del agua, que a su vez puede ser de un tanque de almacenamiento, una capa subterránea, un lago. El condensador cede el calor al aire ambiente. Es adecuada para calefacción y puede complementarse con energía solar.

**Aire – agua.**

El evaporador toma calor del aire exterior y el condensador lo cede a una masa de agua, destinada a calefacción o agua caliente doméstica.

**Agua – agua.**

El calor se toma de una masa de agua y se cede a otra. Aplicable en procesos de transferencia de calor en la industria.

**Tierra – agua.**

El evaporador, enterrado, toma calor de la tierra. El condensador cede el calor a una masa de agua.

Fuente:  
 Quadri, Nestor. “Energía Solar” 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

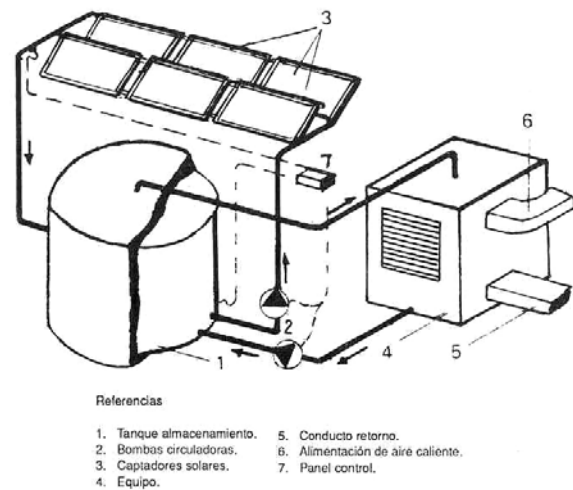


Figura 8.14.  
**Sistema de bomba de calor con energía solar para refrigeración y calefacción.**

**Aplicaciones.**

Las técnicas de bomba de calor están introducidas en el sector industrial y comercial.

De esta manera, la industria trata de *recuperar el calor* que produce en sus diferentes procesos, ya que ello le supone un considerable ahorro de energía.

En los hoteles, comercios, oficinas, hospitales, el acondicionamiento de aire se ha convertido en una instalación natural, por lo que se le aprovecha para la calefacción revirtiendo el ciclo frigorífico.

En el sector doméstico, la instalación de una bomba de calor para producción de agua caliente y calefacción resulta cada vez más rentable, ante el hecho irreversible del creciente incremento de los combustibles fósiles.

Fuente:  
<http://www.aiguasol.coop/files/file146-3.pdf>  
 Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 8.15  
**Unidad de enfriamiento. Máquina de absorción Guetermann-Polygal – Cuernavaca -México**

## 9. Acondicionamiento solar de aire.

La posibilidad de satisfacer la necesidad de calefacción de edificios por medio de la energía solar constituye siempre un potencial atractivo, dado el elevado costo que aún en climas no demasiado duros, supone mantener una temperatura agradable durante todo el invierno.

Por ello, desde la aparición de los colectores de placa plana se han hecho intentos para aprovecharlos para conseguir calentar las viviendas. La forma más habitual de calefacción por agua es la de los radiadores alimentados desde calderas individuales o caldera única centralizada. Estos radiadores necesitan para funcionar eficazmente una temperatura relativamente alta, entre 70 y 90° C. Esta temperatura puede ser fácilmente alcanzada y mantenida por cualquier caldera de combustible convencional pero no por los clásicos colectores de placa plana (c.p.p.), ya que si bien podrían alcanzarse temperaturas de más de 70° C conectándose en serie, el rendimiento, en época invernal es tan bajo que la cantidad de superficie colectora que habría de instalar sería prohibitiva.

Si se combina un sistema de c.p.p. con radiadores convencionales, la temperatura media de éstos no suele sobrepasar los 50° C, resultando totalmente ineficiente. De esta forma, la energía auxiliar ha de soportar casi toda la carga térmica y la instalación es antieconómica.

Quizá la única posibilidad de obtener una buena calefacción utilizando c.p.p. del mismo tipo que los empleados en obtener agua caliente sanitaria (ACS) sería combinándolos con un sistema de suelo radiante, el cual es capaz de funcionar eficazmente a mucha menor temperatura que los radiadores –típicamente entre 30 y 40° C – es decir, en el rango idóneo para que los c.p.p. trabajen con un alto rendimiento.

Las instalaciones de calefacción por suelo radiante, por otra parte, están alcanzando una creciente popularidad y no sería extraño que se conviertan en el sistema de calefacción más utilizado.

Una calefacción por suelo radiante consiste en una red de tuberías empotradas en una capa de mortero que se encuentra bajo el suelo de una construcción. Por dicha red de tuberías circula agua calentada en una caldera. El calor del agua se transmite al suelo a través de las tuberías, y el suelo a su vez, cede el calor al ambiente de la habitación. Una de las principales características que distingue al suelo radiante es que la temperatura del agua que se necesita para mantener caldeados los edificios, es bastante menor que los otros sistemas de calefacción. (de 30 a 40°C)

### Características físicas:

El sistema consiste en una serie de circuitos de manguera flexible, alimentados a partir de un gabinete de control (manifold), el cuál a su vez de un equipo central.

El sistema se coloca sobre el firme o losa de apoyo, lo que subirá el nivel de piso terminado aproximadamente 7cm, consta de circuitos de manguera flexible que se repartirá de acuerdo a la necesidad térmica calculada, la cuál se fijará por medio de soportería especial, si es directamente sobre la losa, o si es sobre malla electrosoldada solo fijará con amarres flexibles.

### Características del acondicionamiento

Una vez encendido se tarda aproximadamente 24 horas en alcanzar la temperatura deseada, por lo que generalmente se programa su uso para temporadas largas (todo el invierno). Cabe mencionar que al apagar el sistema el calor no desaparece automáticamente, sino que requiere de un tiempo proporcional al de encendido. Se coloca un termostato por cada zona que se desee acondicionar.

El tipo de calor que se genera es con un grado de humedad confort; pero no se podrá regular de acuerdo a las necesidades que generalmente presentan acabados especiales, muebles, pinturas, tapetes, marfil, etc.

Fuente: <http://www.hergom.com.mx/piso.htm>

Imagen reproducida para fines académicos.



Figura 9.1  
Montaje de tuberías y mangueras para calefacción por piso radiante.

La calefacción hidrónica emplea el coeficiente de conductividad térmica del agua para calentar los espacios.

El agua es calentada por medio de una caldera o un sistema de aprovechamiento de energía solar a una temperatura de 30 a 40°C

Pueden emplearse diferentes modalidades de instalación: radiadores, toalleros, zoclos y piso radiante.

El piso radiante consta de una serie de tuberías ahogadas en una capa de mortero por debajo del acabado del piso de la habitación.

Genera una temperatura uniforme en toda la habitación.

Se pueden controlar las temperaturas diferentes para las distintas habitaciones.

Reduce costos en un 30%

Requiere un proceso de instalación cuidadoso para evitar fugas en las mangueras una vez colocado el acabado en el piso.

Existe una posibilidad de obtener temperaturas superiores a los 70° C con un rendimiento aceptable sin recurrir a complicados colectores de concentración y es la de usar **colectores de vacío**, así llamados por haberse hecho en fábrica un vacío entre los elementos transparentes y los absorbentes, suprimiendo así una importante fuente de pérdidas por convección.

Por razones de resistencia mecánica – la presión atmosférica rompería la cubierta plana – este tipo de colectores de colectores no se construyen planos, sino que están formados por elementos tubulares que se acoplan entre sí para formar un conjunto rectangular.

La tecnología de los elementos absorbentes en los colectores de tubos de vacío es diferente a la de los c.p.p. normales, utilizándose un fluido especial que se evapora al calentarse y se condensa en la parte superior del tubo, transfiriendo el calor al fluido caloportador del primario. Existen varios modelos patentados por unas pocas compañías en todo el mundo y, aunque son más caros que los c.p.p. normales, pueden ser imprescindibles para los casos en que sea precisas altas temperaturas.

Si se usan para calefacción de edificios, la distribución del calor puede hacerse mediante agua, y en cada habitación instalar un sistema “Fan & Coil”, consistente en un tubo aletado por donde circula el agua caliente sobre el que se impulsa, por medio de un ventilador, una corriente de aire que, al lamer el tubo y sus aletas, se calienta y se esparce por la habitación.

También existen, y se han experimentado con éxito, **colectores planos de aire** en los que el fluido caloportador es aire en lugar de líquido, que funcionan en circuito abierto con la atmósfera, siendo al aire recalentado el utilizado, convenientemente distribuido, para calentar los locales.

Los colectores de aire presentan algunas ventajas, como la de no tener que preocuparse por fugas o por posibles problemas de congelación. Su rendimiento es bueno siempre que se utilice un caudal suficiente (de 30 a

60 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>) y pueden ser acopladas varias unidades en serie a fin de obtener la temperatura que se desea.

Sin embargo, la necesidad de instalar un elevado número de colectores, así como el elevado costo de los conductos de aire de distribución hacen que en general se prefiera adoptar para la calefacción de las viviendas una solución de tipo directo o pasivo.

Si, a pesar de las dificultades que conlleva, se decide acometer el proyecto de una instalación de calefacción solar por medio de colectores planos (que deberán inclinarse con un ángulo de 20° mayor que la latitud del lugar), para calcular la superficie necesaria de los mismos puede procederse de manera análoga al cálculo de los sistemas de agua caliente, con las siguientes observaciones:

1. En un sistema de calefacción no se consume líquido sino que, simplemente, se extrae energía del mismo, la cual pasa en forma de calor al recinto que se desea calefactor. Se deberá hablar de consumos energéticos.
2. Las necesidades energéticas deberán compensar exactamente las pérdidas térmicas del edificio para que éste se mantenga con una temperatura media en torno a la considerada ideal.

El paso previo es evaluar dichas pérdidas, las cuales dependerán de las características térmicas de los distintos materiales que compongan las fachadas, tejados y cerramientos del edificio y de las características climatológicas de la zona. Existen métodos más o menos normalizados para el cálculo de dichas pérdidas térmicas. Es fundamental minimizar las pérdidas dotando a la vivienda o local de un aislamiento adecuado que, aunque suponga una inversión adicional, evitará la necesidad de aportar grandes cantidades de energía que siempre resulta a la larga más caro.

En general la superficie colectora necesaria para asegurar un porcentaje de calefacción solar razonable es mucho mayor que para el caso del A.C.S. y desde luego, siempre exigirá un sistema convencional auxiliar para los días nublados.

Respecto a la calefacción solar, parece ser que, salvo en casos particulares, si el edificio o vivienda está todavía en fase de proyecto, es más interesante estudiar una posible solución de arquitectura bioclimática integral, con un buen aislamiento, aprovechando al máximo la incidencia solar natural.

Un método inmediato, previo a cualquier estudio detallado para el cálculo de calefacción con c.p.p es el siguiente:

Una casa habitación requiere 200,000 cal/m<sup>2</sup> de construcción si es un buen diseño arquitectónico con

buena orientación, muros gruesos al exterior, poca altura y mínimas ventanas al norte; si tiene varias orientaciones y hay mucho cristal entonces es un diseño regular y se requerirán 300,000 cal/m<sup>2</sup>, pero si tiene mucha altura interior, orientación norte, muchos ventanales y tragaluces entonces en un mal diseño y requerirán hasta 400,000 cal/m<sup>2</sup>.

Se calcula la demanda total de energía con la fórmula:

$$Q = S * r$$

En donde:

Q = demanda de energía total.

S = superficie en metros cuadrados de la construcción.

r = requerimiento paramétrico de acuerdo al diseño

Fuente

Sánchez Quintana , Fernándo. **“Instalaciones de calefacción por suelo radiante”**. 2ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 1992 .182 pp. ill. Imagen reproducida con fines académicos

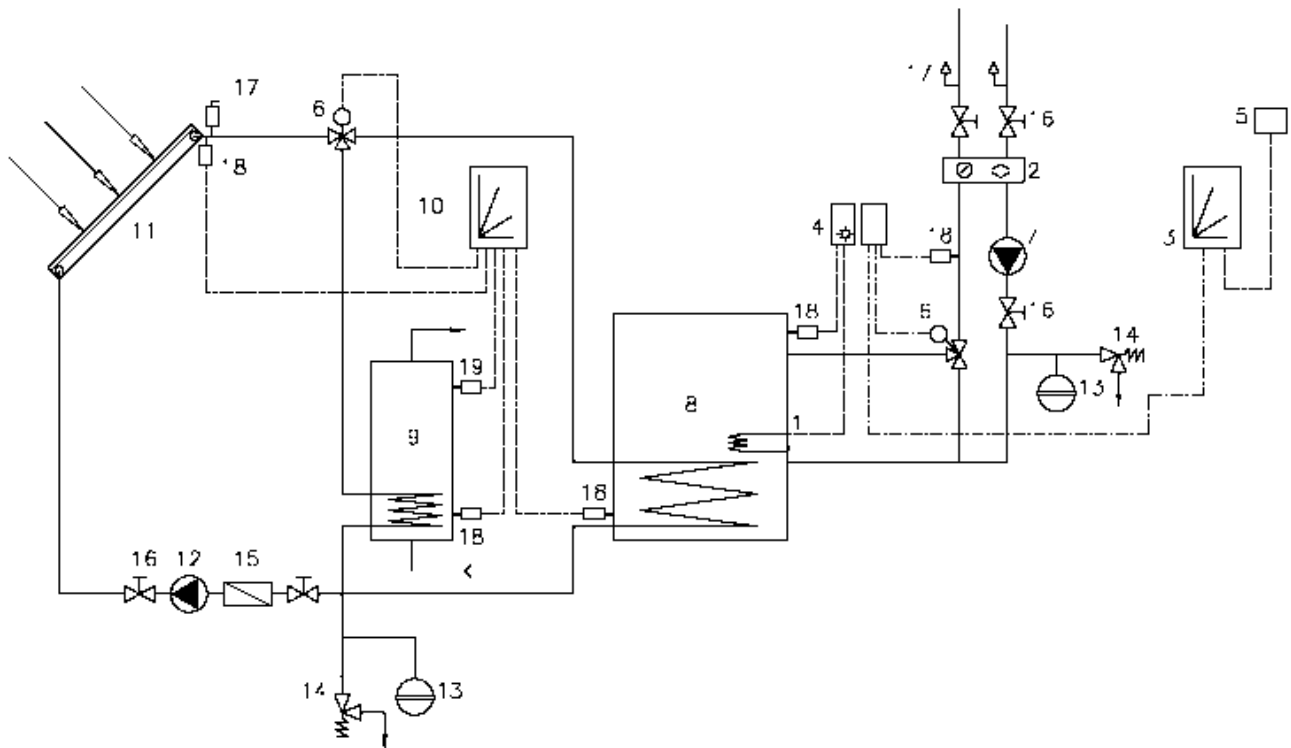


Figura 9.2

Esquema de una instalación solar para calefacción con piso radiante.

- |  |   |
|--|---|
| 1. Resistencia.                                    | 10. control de automatización del circuito solar. |
| 2. dispositivo de inversión de flujo.              | 11. batería de colectores solares.                |
| 3. control de automatización de calefacción.       | 12. bomba de circulación del circuito solar.      |
| 4. control de válvula de tres vías.                | 13. vaso de expansión.                            |
| 5. termosensor exterior.                           | 14. válvula de seguridad.                         |
| 6. válvula de 3 vías “todo o nada”                 | 15. válvula antirretorno.                         |
| 7. bomba de circulación de calefacción.            | 16. válvula de paso.                              |
| 8. depósito acumulador de agua para calefacción.   | 17. purgador de aire.                             |
| 9. depósito acumulador de agua caliente sanitaria. | 18. sensor.                                       |
|  | 19. termostato.                                   |

arquitectónico.

Y el área de colectores se estima con la fórmula:

$$A := \frac{Q}{I_s \cdot e}$$

En donde:

A = área de colectores.

I<sub>s</sub> = Radiación solar en cal / m<sup>2</sup> / día

e = eficiencia del colector.

## 10. Colectores de media y alta temperatura

El representante más característico de este grupo es el colector cilíndrico – parabólico.

Las aplicaciones fundamentales con este tipo de colector son las de producción de calor en procesos industriales (vapor desde 160° C) y la generación de electricidad conectando el fluido calentado por los colectores (hasta unos 400° C) a un sistema convencional de producción de electricidad a partir de un ciclo térmico.

Esta última aplicación es la que está más extendida. Los más de 350 MWe actualmente en funcionamiento en California con colectores de este tipo, representan más del 95° de la electricidad solar existente en el mundo.

### Constitución de un colector cilíndrico – parabólico. (CPP)

En la figura 13.1 se puede observar un colector cilíndrico – parabólico. Su función consiste en recoger la energía solar utilizando un reflector en forma de disco. El

Fuente: [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_630\\_terminosolar](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_630_terminosolar)  
Imagen reproducida con fines académicos



Figura 10.1

### Campo de colectores cilíndrico – parabólicos.

reflector, que frecuentemente es de espejo, concentra la radiación sobre el tubo receptor, produciendo elevadas temperaturas al fluido que por él circula.

Desde el punto de vista óptico, un colector cilíndrico – parabólico está constituido por una superficie especular cilíndrica cuya sección recta es una parábola y por un receptor situado en el foco de ésta última. Normalmente, para aplicaciones térmicas el receptor está constituido por una tubería metálica cilíndrica absorbente protegida por una cubierta tubular simple de vidrio concéntrico y separado del primero por un espacio interanular. (Figura 13.2.)

La parábola es la única forma posible que puede tener un reflector a la hora de concentrar un haz colimado de radiación en un punto. La focalización perfecta sólo se conseguirá si el haz incidente es paralelo al eje de simetría de la parábola. Un haz colimado procedente de otras

direcciones no sólo focaliza en el foco, sino que debido a las aberraciones ópticas no convergerá en un punto. Esta consideración es la que obliga a que un colector de este tipo tenga que moverse para seguir el movimiento aparente del Sol en el firmamento.

Un espejo cuya sección recta sea una parábola tiene la propiedad de dirigir todos los rayos incidentes paralelos al eje de simetría de la misma hacia su foco, con lo que si el Sol fuera una fuente puntual y la parábola perfecta se

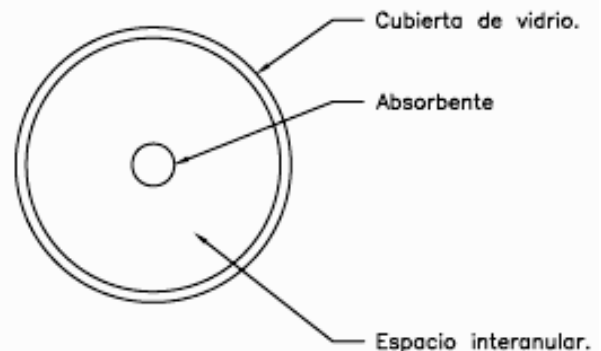


Figura 10.2. Esquema simple de un receptor de un colector cilíndrico – parabólico. CRZ

conseguirán en el foco densidades energéticas infinitas. En la práctica, debido al tamaño finito del sol y a los errores del espejo cilíndrico – parabólico, la máxima densidad energética media alcanzable en el absorbedor es de unas 200 veces mayor que la incidente. Cuando la radiación incidente no proviene de una dirección paralela al eje de simetría de la parábola, las densidades energéticas alcanzables disminuyen considerablemente, con lo que normalmente se precisa que el colector pueda moverse siguiendo al Sol de tal manera que se garantice, en la medida de lo posible, el paralelismo de la radiación solar incidente con el eje de simetría.

A diferencia de lo que ocurre, por ejemplo, con las lentes de Fresnel lineales, la distancia focal de un reflector cilíndrico – parabólico es independiente del ángulo de elevación del rayo incidente. Hay, sin embargo, dos aspectos en los reflectores cilíndrico – parabólicos en los que sí influye el ángulo de elevación; uno es el hecho de que la imagen del Sol proyectada por el espejo en el absorbedor aumenta como el inverso del coseno del ángulo de elevación, disminuyendo con ello el factor de intercepción; y el otro son las pérdidas producidas en los extremos del colector de la radiación concentrada como consecuencia de su longitud finita.

### Configuración de una planta de colectores cilíndrico – parabólicos para la producción de calor.

La producción de vapor es la aplicación más normal de los colectores cilíndricos – parabólicos. El vapor se utiliza



para alimentar algún proceso industrial o para alimentar una turbina y producir electricidad. En el primer caso se suele trabajar con vapor saturado a una temperatura en el entorno de 200° C, mientras que en la producción de electricidad, la aplicación más extendida, se requiere vapor sobrecalentado a unos 400° C y unos 100 bares de presión.

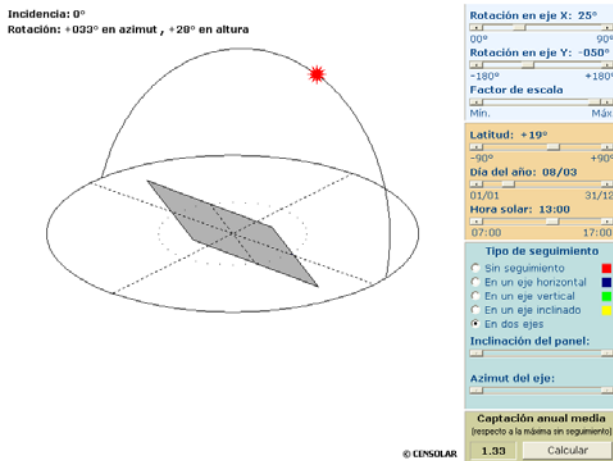


Figura 10.3  
Diagrama de un dispositivo de seguimiento solar para sistemas de colectores de canal parabólico. Censol V5. Censolar.

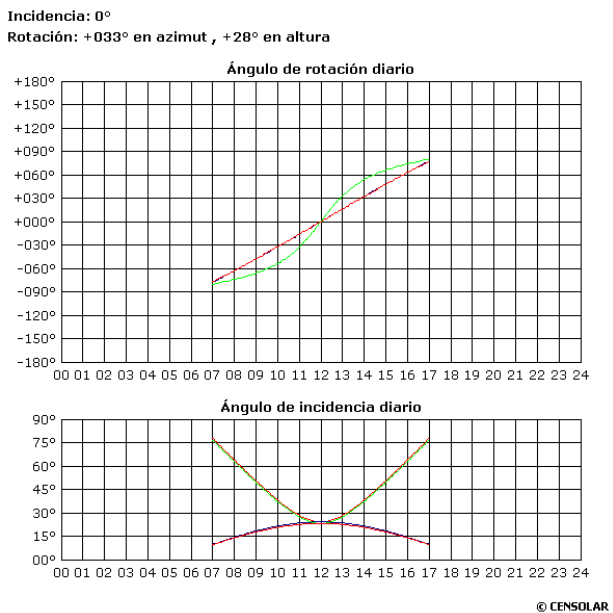


Figura 10.4.  
Gráficos de seguimiento solar. Programa Censol Versión 5. Censolar. España.

De cara a producir vapor mediante un sistema solar, hay dos alternativas básicas:

- Calentar un fluido en fase líquida y luego producir vapor en un dispositivo adicional.
- Producir el vapor directamente en los colectores.

Hasta ahora, el primer procedimiento, el indirecto, es el único que se ha aplicado comercialmente. Las opciones indirectas que se tienen son fundamentalmente dos:

- Evaporación súbita o por flash.
- Hervidor con intercambiador.

A continuación se describen las características de los procedimientos indirectos y el directo.

### Sistema por flash.

En la figura 13.5 se muestra un esquema típico de producción de vapor por flash. A través del campo de colectores, se hace circular agua a una presión suficiente para evitar su ebullición, produciéndose el vapor por flash al atravesar una válvula de estrangulamiento en el separador, donde en un proceso a entalpía constante se transforma el calor sensible en calor de cambio de fase de la mezcla de dos fases (líquido – vapor) en las condiciones impuestas en el separador.

La calidad del vapor producido (proporción del flujo másico total que está en forma de calor) es normalmente inferior al 10%. Éste se introduce en el sistema de distribución de la central o se envía a la turbina, y el agua líquida se recircula por el campo de colectores.

Para mantener el nivel de agua en el separador se introduce agua líquida en la succión de la bomba de circulación. La utilización de agua como fluido transmisor del calor simplifica la construcción del sistema de flash, ya que es un sistema de lazo abierto y el agua es un espléndido medio de transporte de calor. No obstante, hay que tener la precaución de contar con un sistema que evite los problemas de congelamiento con un gasto de energía pequeño.

Fuente:  
Castro Gil, M. et. al. “Energía solar térmica de media y alta temperatura” 1ª. Edición. Editorial ProgenSA. Sevilla, España. 2000. 69 pp.ills. Imagen reproducida con fines académicos.

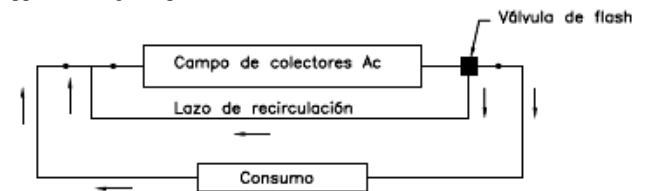


Figura 10.5  
Producción de vapor por flash.

Los problemas asociados con la producción de vapor por flash se deben al mecanismo de generación de vapor empleado. Las temperaturas de trabajo de los colectores han de ser muy superiores que la del vapor que se requiere obtener. Una buena calidad del mismo exige un nivel de recirculación del agua pequeño, lo que reduce el rendimiento de los colectores. Por otra parte, la válvula del flash produce una gran caída de presión, con el consiguiente consumo eléctrico y aumento del precio de la bomba. Otro punto a tener en cuenta es que debido a la

presión del vapor de agua aumenta muy rápidamente con la temperatura ( $100^{\circ}\text{C} - 1\text{ kg/cm}^2$ ,  $180^{\circ}\text{C} - 10.2\text{ kg/cm}^2$ ), el sistema del flash nada más se puede utilizar, con consumos razonables, para producir vapor a una presión inferior a  $20\text{ kg/cm}^2$ .

### Hervidor con intercambiador.

En la figura 6 se presenta un esquema del sistema de producción de vapor mediante un evaporador, en cuyo interior a través de un intercambiador circula el fluido transmisor de calor que se calienta en el campo de colectores.

El fluido que circula por el campo de colectores puede ser agua, si la presión del circuito es mayor que la correspondiente a la del vapor a la temperatura de trabajo, pero normalmente se utilizan aceites térmicos naturales o sintéticos de baja presión de vapor, con el fin de evitar los problemas de congelación y ebullición. Como principales exponentes de la problemática asociada con este tipo de fluidos transmisores de calor, conviene resaltar que su fuga puede ocasionar un incendio, además de ser más caros, con peores características de transferencia y producir mayores pérdidas de carga, especialmente a bajas temperaturas (viscosidad elevada).

Entre las ventajas de este tipo de generador de vapor destaca su precio y entre sus desventajas, el que supone una resistencia al flujo adicional (aunque no muy grande) y que obliga a trabajar en campos de colectores a una temperatura mayor ( $30^{\circ}\text{C}$ ) que la de suministro de vapor saturado. En la mayor parte de las aplicaciones de estos colectores para vapor de procesos industriales, el tipo de generador instalado es de esta clase.

Cuando la aplicación es de producción de electricidad, la mayor eficiencia del ciclo térmico de conversión exige que el vapor sea recalentado en un intercambiador

Fuente:

Castro Gil, M. et. al. “**Energía solar térmica de media y alta temperatura**” 1ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 2000. 69 pp.ills. Imagen reproducida con fines académicos.

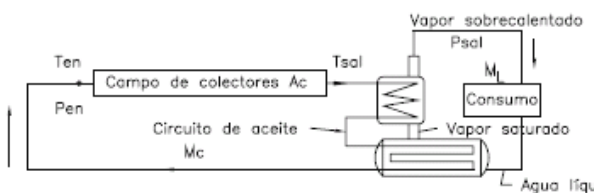


Figura 10.6.

### Sistema de generación de vapor con un hervidor e intercambiador.

aceite/vapor para turbinas de vapor de dos presiones con recalentamiento intermedio, donde el vapor que sale del cuerpo de alta presión se introduce en el de baja presión después de ser recalentado, existen dos intercambiadores

Aceite/vapor.

Los campos SEGS (*Solar Electricity Generating Systems*) utilizan diversas variantes sobre el esquema de la figura 6. actualmente existen en California más de 350 MWe instalados para producción de electricidad con sistemas solares térmicos cilíndrico – parabólicos.

### Sistema de generación directa.

La generación de vapor en el propio absorbedor del colector resulta especialmente interesante debido a que se produce la temperatura de trabajo requerida para producir un vapor con unas determinadas características y se reduce la potencia consumida por la bomba de circulación. El esquema de una instalación operada con este concepto sería equivalente al del flash, pero sin la válvula del mismo (Figura 7.). Sus principales problemas se deben al desconocimiento del proceso de ebullición en los absorbedores y a las posibles inestabilidades que se pudieran desarrollar, pero desde el punto de vista energético se esperan aumentos del orden del 6% en la energía suministrada anualmente por la instalación solar y ahorros próximos al 10%

Fuente:

Castro Gil, M. et. al. “**Energía solar térmica de media y alta temperatura**” 1ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 2000. 69 pp.ills.

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 10.7

### Sistemas de generación directa del vapor.

### Configuración del campo de colectores.

Dependiendo de la manera en que se alimente de fluido térmico el campo de colectores, existen tres tipos fundamentales de configuración (figura 8):

- De retorno directo.
- De retorno indirecto.
- De alimentación central.

En todos los casos la tubería de salida (la más caliente) es la más corta de cara a minimizar las pérdidas térmicas.

La configuración de *retorno directo* es la más simple y la que más se ha utilizado. El principal inconveniente que presenta es el desequilibrio entre las presiones a la entrada y a la salida de cada línea (distinta longitud de tuberías), y por lo tanto, en el flujo que circula por cada una de ellas, a

no ser que se instalen válvulas que equiparen las diferencias de presión en todas las líneas con el consiguiente aumento de la caída de presión total en el circuito y del consumo de la bomba. Otra posibilidad de compensar el flujo es aumentar el tamaño de las tuberías de distribución y recogida del fluido transmisor del calor a las líneas, pero eso implica un costo superior.

Fuente:

Castro Gil, M. et. al. “**Energía solar térmica de media y alta temperatura**” 1ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 2000. 69 pp.ills. Imagen reproducida con fines académicos.

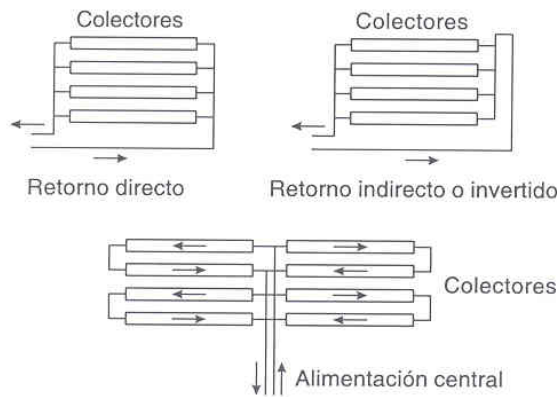


Figura 10.8. Posibles configuraciones en la alimentación del campo de colectores.

Con la configuración de *retorno invertido* se consigue balancear el flujo con un menor consumo de la bomba, pero con un costo mayor y un incremento de las pérdidas térmicas debido al aumento de la longitud de las tuberías.

La configuración con *alimentación centrada* necesita válvulas de homogeneización del flujo en las líneas, pero reduce la cantidad de conducciones necesarias al eliminar una tubería que recorre la longitud total del campo de colectores, con lo que el balance total no es muy próximo al de retorno invertido. Dado que esta configuración es la que presenta más ventajas en la operación de la planta, al permitir el paso con los vehículos al espacio entre filas de colectores sin necesidad de enterrar las tuberías, es probablemente la mejor opción.

Conviene señalar que una alternativa a las válvulas de compensación del flujo es disminuir el diámetro de la tubería de alimentación de los colectores y aumentarlo en la de salida, a fin de mantener una velocidad constante en los distribuidores y compensar, por tanto, el caudal por las diferentes líneas en su instalación.

Además de determinar la configuración general del campo de colectores es necesario determinar el caudal óptimo y el número de colectores que se han de colocar en serie y en paralelo. Si la temperatura de salida de colectores está impuesta por el proceso, como en el caso de la producción de electricidad, el caudal tiene que variar en función de la radiación.

Si la temperatura de salida puede fluctuar dentro de unos amplios márgenes y el caudal se mantiene constante, el flujo óptimo se calcula teniendo en cuenta la variación de la eficiencia del colector y del generador de vapor con el caudal (mayor a grandes caudales) y la potencia consumida por la bomba. Si se reduce el flujo másico  $M_c$ , la eficiencia del intercambiador cae ligeramente debido a la disminución del coeficiente de intercambio de calor del fluido, por lo que teniendo en cuenta que el calor transferido en el intercambiador es  $M_c \Delta T$ , si se divide por  $2M_c$ , la temperatura en el intercambiador será ligeramente inferior al doble de la temperatura inicial. Como la eficiencia del intercambiador suele ser bastante alta, se tiene que la temperatura a la entrada de los colectores prácticamente no variará al reducir el caudal a la mitad, mientras que la temperatura de salida aumentará considerablemente, lo que implica unas mayores pérdidas térmicas y por tanto una disminución en la energía colectada.

A partir de lo que se acaba de exponer, se deduce que se necesita un caudal lo suficientemente grande para mantener una temperatura de salida lo más pequeña posible, pero no tan grande que origine un consumo parásito excesivo. Por otra parte, se necesita un intercambiador que disminuya al máximo la temperatura de entrada y que a la vez no provoque demasiadas pérdidas de carga.

Actualmente se ha introducido el ciclo combinado para mejorar la eficiencia termodinámica de estos sistemas y se estudia en varios países, entre ellos México, la posibilidad de generar directamente el vapor en el campo de concentradores. Con esto se espera lograr llevar los precios de generación a niveles competitivos con las plantas termoeléctricas convencionales.

Existen otros sistemas, no comerciales aún, como los de torre central que usan helióstatos (espejos altamente reflejantes) para enfocar la luz solar, con la ayuda de una computadora y un servo mecanismo, en un receptor central. Los sistemas parabólicos de plato usan estos reflectores para concentrar la luz del sol en un receptor montado arriba del plato, en su punto focal.

### Producción de electricidad.

La producción de electricidad a partir de los sistemas de colectores solares cilíndrico –parabólicos representa una de las aplicaciones más exitosas de los últimos años, aunque actualmente no es una línea en claro auge debido a diversos problemas políticos.

La producción eléctrica con sistemas solares térmicos es bastante convencional (figura 9), realizándose a partir de la conversión termodinámica (ciclos *Rnakin* o *Brayton*) y electromecánica (turbina – generador). Los ciclos Rankine de vapor son los más usuales cuando la temperatura del foco caliente está entre los 300 y los 550°

C, mientras que el ciclo Brayton presenta sus mayores ventajas para temperaturas entre los 600 y los 1,200° C.

La producción de electricidad con colectores cilíndrico – parabólicos se suele hacer utilizando el ciclo Rankine de las turbinas de vapor. Se está planteando la integración de colectores solares como sistema de producción de electricidad mediante el denominado *ciclo combinado* (CC). El CC utiliza dos turbinas, una de vapor en ciclo Rankine y otra de gas en el ciclo Brayton, de tal forma que el calor residual producido en esta última, a temperatura en el orden de los 500° C, se utiliza para alimentar la turbina de vapor.

Fuente: <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo6.html>

Imagen reproducida con fines académicos.

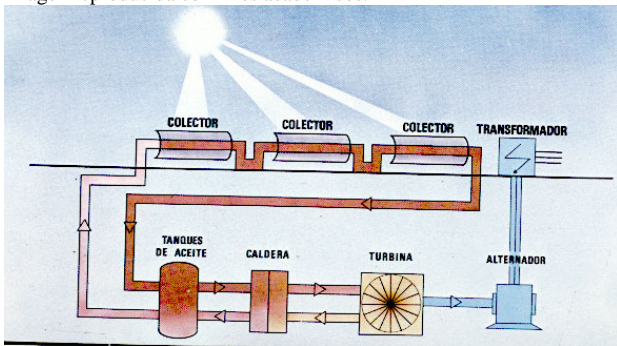


Figura 10.9.

Esquema de una central eléctrica solar con colectores cilíndrico parabólicos.

En la figura 13.10 se muestra un esquema tipo de la conexión de un campo de colectores cilíndrico –

Fuente:

Castro Gil, M. et. al. “**Energía solar térmica de media y alta temperatura**” 1ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 2000. 69 pp.ills.

Imagen reproducida con fines académicos.

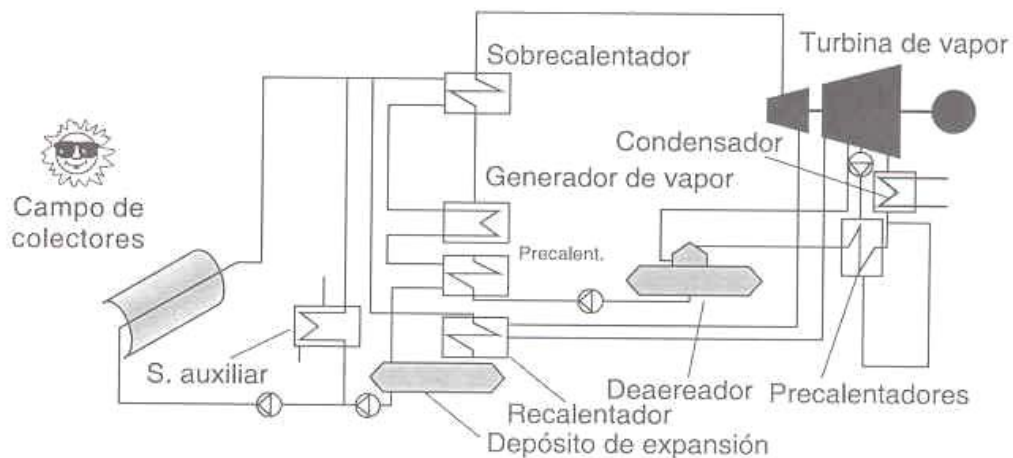


Figura 10.10. Esquema tipo de la conexión de un campo de CCP

parabólicos a una turbina de vapor. El fluido calentado por los colectores se utiliza para alimentar un generador de vapor con cuerpos (precalentador, generador de vapor y sobrecalentador) y a un recalentador que eleva la temperatura del vapor que sale del cuerpo de alta presión de la turbina, antes de introducirlo en el cuerpo de baja presión de la misma. El vapor producido en el generador pasa al cuerpo de alta presión, de donde, después de expandirse y transformar su energía en energía mecánica, sale al recalentador y se reintroduce en el cuerpo de baja presión una vez calentado, volviendo a expandirse y generar energía mecánica adicional. Desde ahí el vapor pasa al condensador, de donde el agua vuelve al generador después de ser precalentada mediante extracciones de vapor introducido en la turbina.

El ciclo descrito es una de las muchas variantes existentes en el ciclo Rankine y se denomina regenerativo con recalentamiento, existiendo muchas otras alternativas que hay que considerar cuando se pretende encontrar el mejor equilibrio entre los componentes solares y un ciclo convencional de generación de electricidad. En cualquier caso, tanto el utilizar una turbina con dos cuerpos, como el recalentamiento y precalentamiento a partir del sangrado del vapor de la turbina, son practicas encaminadas a la mejora del rendimiento termodinámico del ciclo Rankine, y en último término, el costo de generación de electricidad producida es el que marca la conveniencia de una selección u otra.

## COLECTORES Y CONCENTRADORES

Con ayuda de los colectores se pueden transformar los rayos solares en calor y utilizarlos en la calefacción, calentar agua o para lograr una ventilación térmica. Otro aspecto del uso eficiente de la energía es el empleo racional de generadores que transforman el calor en energía eléctrica. El aprovechamiento eficiente y creativo del calor es un objetivo importante para la arquitectura del futuro.

Las líneas parabólicas de los concentradores solares de la central solar cercana a Kramer Junction en el desierto californiano de Mojave (fig. 13.11 – 13.15). Cinco sistemas de producción de energía solar, erigidos entre 1984 y 1999, producen el 90% de la electricidad comercial del mundo entero conseguida con energía solar y cubren la demanda de aproximadamente 50,000 hogares norteamericanos. Cada campo consta de baterías de colectores con espejos en forma de arcos parabólicos que captan los rayos solares. Mediante espejos se concentran y focalizan los rayos solares en unos tubos de vidrio que contienen un fluido transmisor del calor. Este fluido pasa por un intercambiador de calor que produce el vapor para accionar la turbina de un generador que, finalmente, genera la electricidad.

Fuente:

Behling Sophia; “Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible”. 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp. Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 10.1.

**Perfil de un colector concentrador de canal parabólico.**  
**Imagen reproducida con fines académicos.**

Fuente:

Behling Sophia; “Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible”. 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp. Imagen reproducida con fines académicos.

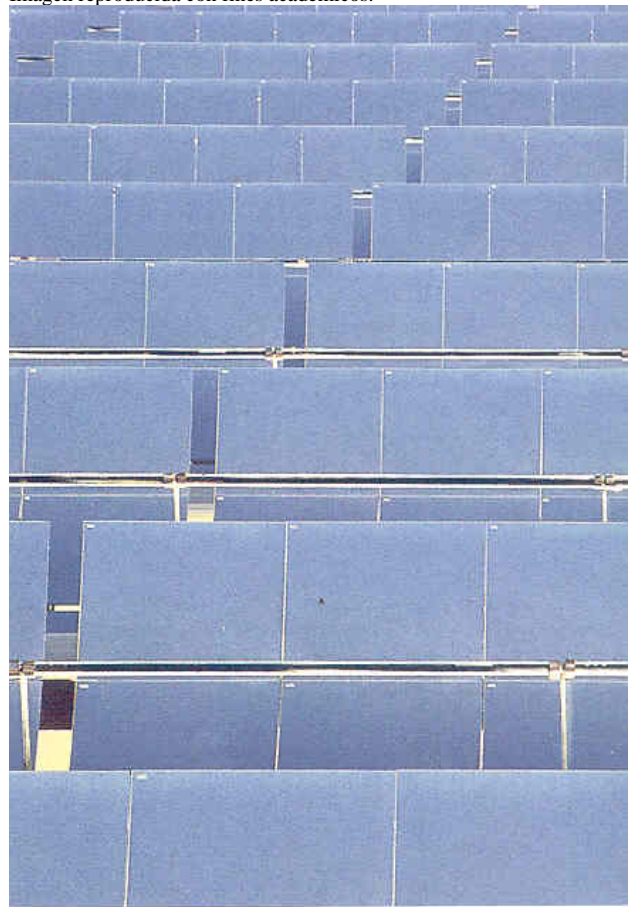


Figura 10.12.

**Campo de concentradores solares de canal parabólico.**

Fuente:

Behling Sophia; “Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible”. 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp. Imagen reproducida con fines académicos.

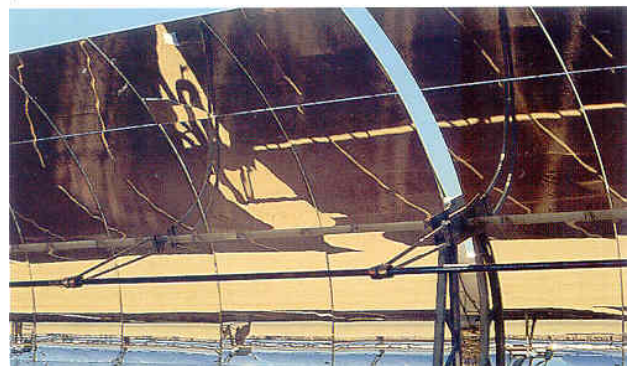


Fig. 10.13

Fuente:  
Behling Sophia; "Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible". 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura. 10.14.

Fuente:  
Behling Sophia; "Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible". 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp.  
Imagen reproducida con fines académicos.

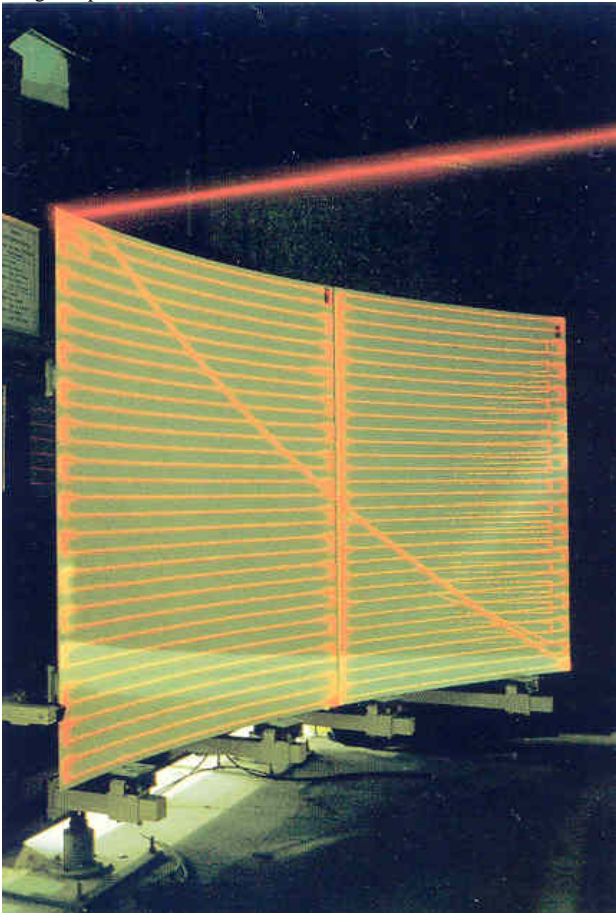


Figura 10.15.

Los colectores de plato parabólico son el resultado de la colaboración entre Jörg Schlaich, uno de los más destacados ingenieros alemanes, y el productor de elementos de fachada Fischer. Los colectores cóncavos (fig. 6) están contruidos con una lámina de aluminio que consigue su forma geométrica mediante el vacío

producido en la parte trasera. Esto permite enfocar los rayos de sol en un solo punto y, con ello, impulsar el motor que genera la electricidad.

Fuente:  
Behling Sophia; "Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible". 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 10.16.

Solar One es un campo de reflectores computarizados, se encuentra también en el desierto de Mojave (figuras 13.17 y 13.18). Estos reflectores enfocan todos sus rayos solares hacia un único punto situado en el centro, produciendo calor e impulsando turbinas. En la figura 8 se puede ver la fuerza solar pura: los reflectores están enfocados en dos puntos fuera del generador y crean haces virtuales de luz.

Fuente:  
Behling Sophia; "Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible". 1ª. Edición. Editorial Gustavo Pili. Barcelona 2002. 240 pp.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura. 10.17.

Fuente:

Behling Sophia; "Sol Power. La evolución de la arquitectura sostenible". 1ª. Edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 2002. 240 pp. Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 10.1 8

### Aplicaciones domésticas e industriales.

Cuando se requiere calentar grandes volúmenes de agua, o debido a la imposibilidad de instalar un sistema operado por termosifón, se emplea una bomba para la circulación del fluido (circulación forzada). Esto sucede generalmente en edificios, hoteles, industrias, hospitales, baños y piscinas, así como en equipos de aire acondicionado o refrigeración. En estos casos se debe de considerar un sistema a circulación forzada (ver figura 9)

Fuente: Ferreiro León, Héctor; et. al. "Manual de Arquitectura Solar." 1ª. Edición. Editorial Trillas. México 1991. 292 pp. ills. Imagen reproducida con fines académicos.

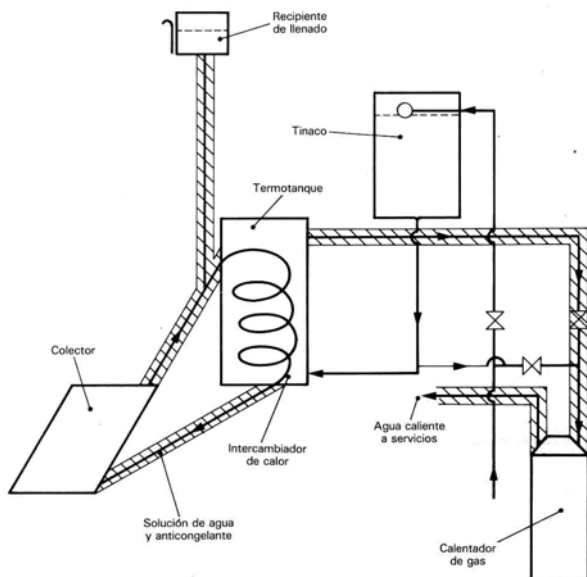


Figura 10.19.

**Diagrama de la instalación de un calentador solar de agua con anticongelante para uso doméstico en sitios con temperatura ambiente baja.**

en donde se deben de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Orientación e inclinación de los colectores.
- Arreglo óptimo en el banco de colectores.
- Potencia de la bomba.
- Diámetro óptimo de las tuberías.
- Controles.

Es muy importante señalar que cuando se instalan múltiples paneles solares se debe de buscar una distribución homogénea del fluido y una mínima caída de presión en el arreglo. Experimentalmente, se ha determinado que cuando se instalan los colectores solares en paralelo, el flujo de agua tiende a ser mayor en los extremos que en el centro. En este último sitio se alcanzan temperaturas superiores, de modo que se generan mayores pérdidas de calor y, en consecuencia, se reduce la eficacia global del arreglo.

En arreglos en serie, la temperatura del agua se incrementa sucesivamente conforme circula por cada colector, con lo cual se logran diferencias de temperaturas del agua cada vez menores, debido a que la eficiencia térmica de un colector solar disminuye con la temperatura de operación.

En conclusión, para lograr una distribución más uniforme del fluido circulante, los bancos de colectores solares se deben de instalar en arreglos en serie – paralelo. Por otra parte, la bomba del circuito debe de funcionar cuando el agua contenida en el colector esté más caliente que la del termotanque (por ejemplo, 10° C). En este caso, el control proviene de la comparación hecha a cada instante entre las dos temperaturas mediante un termostato diferencial.

### Aplicaciones recreativas.

La forma tradicional de calentamiento de piscinas se lleva a cabo mediante el uso de una caldera, que para su operación consume gas licuado de petróleo (LP) o natural, diesel o combustóleo.

La gama de temperaturas de una piscina fluctúa entre los 22° C para albercas de competencia y de 26 a 30° C para uso recreativo. En el caso de tinas de hidroterapia, las temperaturas recomendables varían de 34 a 38° C.

La temperatura de una piscina depende del equilibrio alcanzado entre las ganancias y las pérdidas caloríficas. Del 75 al 85% de la energía solar incidente es absorbido y se convierte en calor útil; además, aproximadamente el 5% de la radiación solar se refleja en la bóveda celeste.

Las pérdidas caloríficas se presentan por diversos mecanismos; las pérdidas por conducción a través del piso y muros normalmente son despreciables; las pérdidas por convección se presentan tanto de forma natural como forzada, ésta última generada por el viento, y también existen pérdidas radiativas en el infrarrojo que están en función del gradiente de temperaturas ambiente y efectiva de la bóveda celeste. Sin embargo, las pérdidas

más significativas se presentan por enfriamiento evaporativo, cuando la presión del vapor de agua en el aire es menor que la del vapor de agua de la alberca. El calor requerido para la evaporación es extraído de la alberca.

En una piscina de 60 m<sup>2</sup> de superficie expuesta a la intemperie, con una profundidad promedio de 1.50 m, una temperatura del agua de 25° C, un 80% de humedad relativa, una temperatura ambiente de 20° C y una velocidad del viento de 10 km/h, se presentan las siguientes pérdidas caloríficas:

Radiación	5.97 kW
Convección	2.19 kW
Enfriamiento evaporativo	9.17 kW

[Total = 17.33 kW

Como se aprecia, las pérdidas por enfriamiento evaporativo representan el 53% del calor total disipado. Por esta razón, es conveniente usar una cubierta de plástico transparente, para reducir las pérdidas evaporativas y convectivas e incrementar la temperatura de la alberca.

El uso de una caldera permite calentar el agua de la piscina en períodos relativamente cortos (de 12 a 48 horas), lo cual depende de la temperatura inicial y de las condiciones climatológicas; sin embargo, los costos de operación (consumo de combustible, salario del operador, entre otros) y los de mantenimiento resultan cada vez más significativos, además del efecto contaminante provocado por los gases producidos por la combustión.

Desde luego, el uso de la energía solar para calentamiento de albercas resulta muy atractivo, debido a las bajas temperaturas de operación y, en consecuencia, a mayor eficiencia térmica del equipo solar (de 60 a 80%).

### Tipos de colectores para piscinas.

Resulta bastante económico conseguir una temperatura estable y placentera para el baño en las pequeñas piscinas unifamiliares o comunitarias, que permita un uso más extensivo de las mismas, pues no es necesario utilizar ningún tipo de intercambiador de calor ni acumulador, circulando el agua de la piscina directamente por los colectores. Estos son de materiales adecuados para los fines a que están destinados, casi siempre de caucho o de plástico (polipropileno o polietileno) sin ningún tipo de cubierta, carcasa o material aislante, es decir, constituidos por una placa colectora desnuda<sup>1</sup>. Esto es posible porque la temperatura de trabajo no supera los 40° C, y a esta baja temperatura las pérdidas por radiación y conducción son muy pequeñas, permitiendo prescindir de cubiertas y

<sup>1</sup> Si se utilizan colectores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del agua en contacto con él está comprendido entre 7.2 y 7.6. la chapa de hierro y el aluminio son aptos en absoluto.

aislamientos. Así se consigue reducir el precio por m<sup>2</sup> de colector sin perjuicio del rendimiento del mismo, el cual, cuando se trabaja a temperaturas inferiores a 30° C, es incluso superior al de los colectores con cubierta, ya que no existen pérdidas por reflexión y transmisión en la misma.

El requisito de economía en colectores es fundamental para que este tipo de instalaciones sea rentable, pues suelen necesitarse bastantes metros cuadrados, incluso en casos extremos más que la propia superficie de la piscina.

Este tipo de colectores incorporan en el proceso de fabricación sustancias que los protegen de la tendencia natural de los plásticos a degradarse bajo la acción de los rayos ultravioleta del sol. Se trata de aditivos como los empleados en los cables telefónicos a la intemperie, que hace al polímero opaco a la luz ultravioleta, evitando su penetración bajo la superficie, donde se produce la degradación. También llevan otros aditivos para preservarlos contra los agentes químicos empleados en la purificación del agua de las piscinas.

Estos colectores, al no ser rígidos, necesitan de un

Fuente: <http://www.aquatica.com.mx/solar/>.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 10.20  
Colectores de polipropileno negro para calentamiento de agua de albercas.

bastidor, aunque también pueden colocarse directamente sobre un tejado o cubierta de cualquier tipo, o incluso sobre el suelo, pues al ser flexibles, absorben las pequeñas irregularidades de la superficie en la cual descansan.



Una ventaja adicional de este tipo de colectores es su posible resistencia a las posibles heladas nocturnas.

Al tratarse colectores sin cubierta, es importante averiguar bajo qué condiciones de velocidad del viento se han efectuado los ensayos para determinar su ecuación de rendimiento

Fuente: [www.heliocol.com](http://www.heliocol.com)

Imagen reproducida con fines académicos.

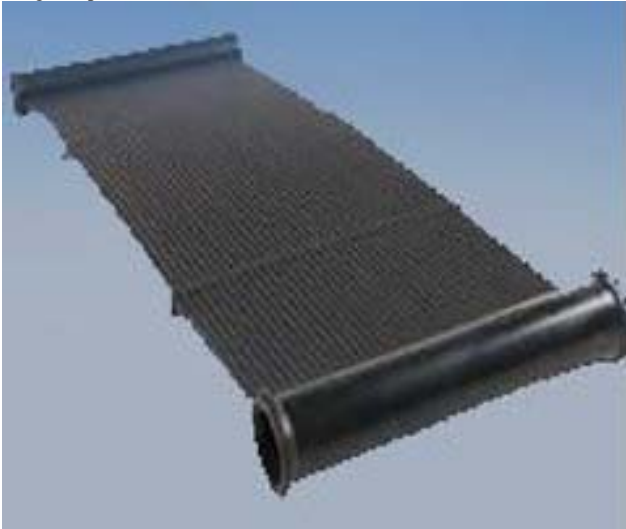


Figura 10.21

Colectores de polipropileno negro para calentamiento de agua de albercas.

### Características de la instalación.

Para mantener el rendimiento alto hay que evitar que la temperatura en los colectores sobrepase los 30° C, temperatura por otra parte totalmente innecesaria, ya que las condiciones de confortabilidad del agua alcanzan temperaturas inferiores. Es pues importante que el salto térmico en el colector sea muy pequeño y, para ello, el caudal circulante por el mismo ha de ser alto, del orden de los 300 litros/hora por cada m<sup>2</sup> de colector para el caso de piscinas pequeñas, pudiendo ser algo menor (aunque siempre superior a 150 litros/hora) para instalaciones grandes.

Si se utiliza la propia bomba de depuración de la piscina para impulsar el agua a través de los colectores, es preciso asegurarse que tiene la suficiente potencia para suministrar el caudal mínimo necesario, de acuerdo con los datos de pérdida de carga e instrucciones suministrados por el fabricante. A falta de datos, puede suponerse una pérdida de carga por m<sup>2</sup> de colector de 20 cm. de columna de agua cuando el caudal sea de 150 litros/hora y de 60 cm. cuando el caudal sea de 300 litros/hora.

El filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los colectores y el sentido de la corriente ha de ser: bomba – filtro – colectores, para evitar que la resistencia de éste origine una sobrepresión perjudicial para los colectores.

La instalación suele efectuarse de acuerdo con el esquema de la figura 1, en el que destaca el **control automático** que impide al agua pasar por los colectores en el caso de que la temperatura de la piscina alcance los 28° C, o bien la temperatura de la misma sea superior a la medida en el propio colector (caso frecuente en intervalos nubosos). Otros sistemas accionan la válvula de control cuando la intensidad de la radiación sobre los colectores baja de un mínimo prefijado.

Todas las tuberías suelen ser de PVC y de gran diámetro, a fin de conseguir un buen caudal con la menor pérdida de carga posible, no necesitando éstas, por lo general, ningún tipo especial de aislamiento térmico.

Los problemas y averías inherentes a las instalaciones solares para calentamiento de piscinas más frecuentes tienen su origen en alguna de estas causas:

- Purgado insuficiente, con la consiguiente formación de bolsas de aire que dificultan la circulación.
- Presencia de impurezas y suciedades, o limos, que

Fuente: <http://www.aquasun.com.mx/COLECTORES.htm>

Imagen reproducida con fines académicos

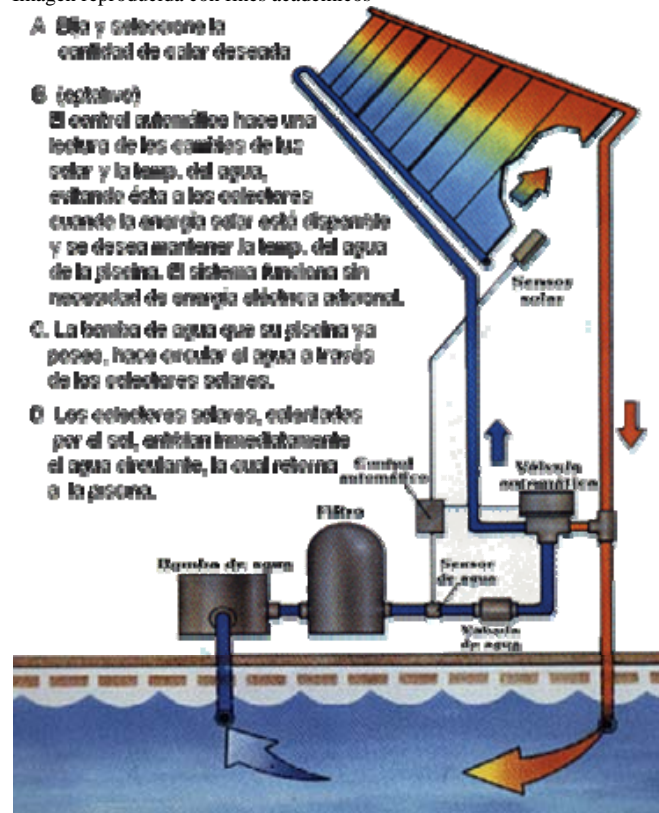


Figura 10.22

Esquema de una instalación para calentamiento de agua de una piscina.

- pueden bloquear los conductos.
- Escaso diámetro de las conducciones empleadas.
- Escaso caudal, por utilizar una bomba de poca potencia.

Con una mínima atención a los puntos anteriores y un adecuado mantenimiento la instalación funcionará perfectamente durante muchos años.

Imagen reproducida con fines académicos.

### Cálculo de la superficie colectora.

El fin que se pretende al instalar un sistema de colectores solares en una piscina es doble. Por una parte, lograr que el agua alcance una temperatura que haga el baño lo más agradable posible y, por otra parte, extender la temporada de utilización de las piscinas al aire libre, que por lo general está estrictamente restringida al verano.

Aunque la temperatura ideal del agua depende de las preferencias o condiciones particulares del usuario, ésta se sitúa generalmente en el intervalo de los 26° C a los 39 °C, dependiendo del uso de la piscina:

Uso <sup>2</sup>	Temperatura final
Competencia	26
Recreativa	29
Terapéutica	39

Una temperatura superior a las indicadas resulta muy elevada y, a los pocos minutos de permanecer en el agua, puede ser molesta, sobre todo para los bañistas más activos.

A efectos de cálculo se puede elegir una **temperatura objetivo** de 27° C, bien entendido que una temperatura algo inferior también puede resultar idónea para el baño.

Una piscina al aire libre, aún en zonas desfavorables, únicamente alcanzaría los 27° C en unos pocos días de verano. Si se desea disfrutar el baño a finales de la primavera, o incluso al principio del otoño, será preciso el uso de un sistema solar que ayude a conservar la temperatura establecida como ideal.

El requisito será el de conseguir que la temperatura del agua **durante el mes de septiembre sea de 27° C**. por supuesto, en casos particulares en los que el uso de la piscina se extienda a otras épocas del año menos favorables, puede tomarse otro mes extremo del período de uso. Por ejemplo, si la bondad del clima permite que la piscina se utilice desde abril a octubre, se considerará uno u otro mes (el más desfavorable climatológicamente) para dimensionar la superficie colectora. Por el contrario, en otros supuestos es normal que la piscina este en servicio únicamente durante julio y agosto, caso de zonas de climas más duros, por lo que el objetivo será conseguir los 27° C únicamente en ambos meses.

Un dimensionado que asegure una temperatura de 7° C en septiembre hará que, si se mantienen los colectores solares en pleno servicio durante julio y agosto, la temperatura del agua suba por encima de este valor, que no es deseable. Para evitar esto, se deberá anular la

circulación a través del circuito de los colectores siempre que sea necesario e incluso, en aquellos días de mayor irradiación y temperatura, esta medida puede no ser suficiente. Se deberá entonces hacer funcionar el sistema solar durante la noche para que, forzando la circulación del agua recalentada de la piscina a través de los colectores, lograr un cierto enfriamiento de la misma, al producirse una pérdida neta de calor en los colectores por radiación hacia el espacio, sin que simultáneamente reciban energía del Sol, como sucedería durante el día.

En los meses de mayo, junio e incluso octubre, se obtiene una temperatura media del agua inferior a 27° C, pero todavía aceptable para disfrutar la piscina, consiguiendo así el objetivo de extender lo más posible la temporada de utilización de la piscina.

Se comprende fácilmente que si se desea mantener una temperatura del agua estabilizada<sup>3</sup> en torno a los 27° C durante el mes de Septiembre, las pérdidas de calor que, por diversos efectos, ha de sufrir el agua de la piscina a lo largo de 24 horas, han de ser exactamente compensadas por las aportaciones energéticas, tanto directas de los rayos solares al incidir sobre la superficie del agua como las debidas a los colectores solares. Por tanto, se comenzará detallando las diferentes formas por las que una piscina al aire libre pierde calor, haciendo que la temperatura del agua tienda a disminuir.

En primer lugar, el agua pierde energía por radiación hacia la atmósfera. Estas pérdidas son más acentuadas por la noche, al ser la temperatura media de la atmósfera sensiblemente inferior a la del día.

También existen unas pérdidas por evaporación, ya que para pasar del estado líquido al de vapor, el agua necesita una apreciable cantidad de energía por gramo evaporado, la cual obtiene a expensas del resto de agua líquida. El fenómeno de la evaporación se produce continuamente, pero depende fuertemente del grado de humedad atmosférico, de la temperatura del aire y de la velocidad del viento.

Se producen unas pérdidas por convección al lamer el aire constantemente la superficie del agua y que también dependen fundamentalmente de la velocidad del viento. Estas pérdidas pueden ser negativas en algunas ocasiones, es decir, el agua puede ser calentada por el aire en el caso de que éste se encuentre a una temperatura superior a 27° C.

Por último, existen unas pequeñas pérdidas por conducción a través del fondo y paredes laterales de la piscina, pero son despreciables frente al valor de las pérdidas anteriormente descritas.

<sup>2</sup> Normas de diseño de Ingeniería. Instalaciones Hidráulicas y sanitarias. Albercas. Subdirección de Obras y Patrimonio Inmobiliario. Unidad de Proyectos. Instituto Mexicano del Seguro Social.

<sup>3</sup> Hay que tener en cuenta que se tardará varios días (dependiendo de las condiciones climatológicas y de la temperatura inicial del agua), desde el momento en que la instalación solar comience a funcionar, hasta alcanzar la temperatura de equilibrio final.

El cálculo analítico preciso de cada uno de los diferentes tipos de pérdidas en complejo y prácticamente inviable, pues los diferentes parámetros que intervienen son, en sí mismos, difíciles de conocer y además varían de un día a otro e incluso de una hora a otra.

Por ello, existe un método semiempírico que tiene en cuenta todos los posibles valores medios de dichos parámetros, llegando a obtenerse unas tablas que resumen los resultados finales de muchas medidas y consideraciones teórico – prácticas. Éstas expresan numéricamente el valor medio más probable de los diferentes tipos de pérdidas por cada m<sup>2</sup> de superficie de la piscina en función de las variables más significativas, con precisión suficiente para la práctica totalidad de los casos que en la realidad pueden presentarse de una piscina al aire libre. De esta forma el proceso de cálculo se simplifica al máximo, pues el proyectista únicamente ha de consultar las tablas, mismas que fueron elaboradas por el Centro de Estudios de Energía Solar (CENSOLAR)

Para la confección de las tablas de pérdidas, se supuso una piscina de fondo relativamente claro, llena de agua hasta 30 cm. del borde, con una profundidad de 2 metros y ubicada en un terreno libre de obstáculos y, por tanto, desprotegida de la acción del viento. En la práctica, los valores de las pérdidas, sobre todo las debidas a la convección y evaporación, pueden resultar ligeramente inferiores con sólo disponer de algún elemento de protección para el viento (muretes, setos...) situado estratégicamente, teniendo en cuenta la dirección predominante del mismo.

#### Uso de la manta térmica.

Resulta sumamente efectivo cubrir durante la noche la superficie de la piscina con una manta aislante de plástico. De esta forma se anulan las pérdidas por evaporación y se reducen muy considerablemente las de radiación y convección.

Existen en el mercado varios tipos de mantas para piscinas, normalmente a base de polietileno convenientemente tratado para resistir los rayos ultravioleta, polipropileno o vinilo, las hay transparentes o coloreadas. Las más sencillas están fabricadas de plástico transparente con burbujas de aire, similar a las utilizadas para envolver objetos delicados en embalajes, aunque más gruesas. Para mayor comodidad, la manta se suele recoger enrollándose alrededor de un eje situado en uno de los laterales de la piscina, bien sea de forma manual, semiautomática o automática.

Otra ventaja adicional de la manta es que, mientras esté puesta, evita que la suciedad, hojas y objetos se depositen en la piscina y, además, constituye una medida de seguridad para donde haya niños pequeños que por accidente o descuido puedan caer al agua. También contribuye a ahorrar el agua, el evitar al evaporación.

El uso de la manta térmica por las noches a veces es suficiente por sí solo para conseguir una temperatura media del agua aceptable, sin necesidad de recurrir a la energía solar ni a ninguna otra fuente energética, ya que minimiza las pérdidas de calor nocturnas que son las más importantes. Si se combina con un sistema de colectores solares, la manta supone ahorrarse una buena cantidad de metros cuadrados de los mismos, según se comprobará al manejar las tablas, por lo que aún teniendo en cuenta que las mantas térmicas de calidad son caras, la inversión es rentable. Su uso es, pues, recomendado en casi todos los casos, incluso en el de piscinas cubiertas, pues elimina la evaporación nocturna, haciendo innecesaria la ventilación.

Como puntos negativos, destacan la tendencia que algunas mantas térmicas tienden a desarrollar microorganismos, así como la mayor o menor dificultad con que se enrollan o pliegan, y se guardan.

#### Utilización de las tablas para el cálculo de las pérdidas de calor.

A continuación se exponen tres tablas que permiten conocer las pérdidas diarias por radiación, evaporación y convección, respectivamente por cada m<sup>2</sup> de piscina. Cada casilla de dichas tablas está dividida en dos mediante una línea discontinua. La cifra de la parte inferior representa las pérdidas en el caso de emplear la manta térmica desde las ocho de la noche hasta las ocho de la mañana del día siguiente (ambas se suponen horas solares)<sup>4</sup>.

$t_a^\circ$  es la temperatura ambiente durante las horas de sol, la cual se puede obtener del observatorio meteorológico.

El viento predominante en la zona se determina de acuerdo con la experiencia de los habitantes del lugar. Ha de tenerse en cuenta la fuerza del viento, la mayoría de los casos bastaría con usar las columnas de la izquierda (viento muy débil o flojo). En cuanto al grado de humedad, se pueden clasificar las posibles zonas según la humedad relativa del aire en el mes de septiembre de la siguiente forma:

- 35% - 45% corresponde a una zona muy seca.
- 45% - 55% zona seca.
- 55% - 65% zona media.
- 65% - 75% zona húmeda.
- +75% zona muy húmeda.

Este dato surge de las normales climatológicas del observatorio meteorológico

**Tabla 10.1.** Pérdidas por radiación (MJ/m<sup>2</sup>)

$t_a^\circ$ (°C)		$t_a^\circ$ (°C)		$t_a^\circ$ (°C)	
15	14.6	21	11.4	27	7.9

<sup>4</sup> Se refiere al tiempo solar verdadero que difiere del tiempo oficial.

	9.6		7.5		5.1
16	14.1	22	10.8	28	7.3
	9.2		7.1		4.7
17	13.5	23	10.3	29	6.7
	8.9		6.7		4.2
18	13	24	9.7	30	6
	8.5		6.3		3.8
19	12.5	25	9.1	31	5.4
	8.2		5.9		3.4
20	12	26	8.5	32	4.7
	7.8		5.5		2.9

**Tabla 10.2.** Pérdidas por convección (MJ/m<sup>2</sup>).

Viento predominante	Nulo o muy débil	Flojo	Moderado.	Moderadamente fuerte
$t_a$ (°C)				
15	11.3	16.3	20	25.1
16	6.2	8.9	11.0	13.7
	10.5	15.2	18.7	23.3
17	5.7	8.2	10.1	12.6
	9.7	14.0	17.3	21.6
18	5.2	7.5	9.2	11.5
	8.9	12.9	15.9	19.9
19	4.7	6.8	8.3	10.4
	8.2	11.8	14.5	18.1
20	4.2	6.0	7.4	9.3
	7.4	10.7	13.1	16.4
21	3.7	5.3	6.5	8.2
	6.6	9.5	11.8	14.7
22	3.2	4.6	5.7	7.1
	5.8	8.4	10.4	13.0
23	2.7	3.9	4.8	6.0
	5.1	7.3	9.0	11.2
24	2.2	3.2	3.9	4.9
	4.3	6.2	7.6	9.5
25	1.7	2.4	3.0	3.7
	3.5	5.1	6.2	7.8
26	1.2	1.7	2.1	2.6
	2.7	3.9	4.8	6.0
27	0.7	1.0	1.2	1.5
	1.9	2.8	3.5	4.3
28	0.2	0.3	0.3	0.4
	1.2	1.7	2.1	2.6
29	-0.3	-0.4	-0.5	-0.7
	0.4	0.6	0.7	0.9
30	-0.8	-1.2	-1.4	-1.8
	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9
31	-1.3	-1.9	-2.3	-2.9
	-1.2	-1.7	-2.1	-2.6
32	-1.8	-2.6	-3.2	-4.0
	-1.9	-2.8	-3.5	-4.3
	-2.3	-3.3	-4.1	-5.1

**Nota:**

Aun cuando no haya una clasificación precisa, a efectos de orientación pueden considerarse zonas de viento muy débil aquellas en que la velocidad media (media de las velocidades en un período de tiempo suficientemente grande<sup>5</sup>) de éste no supere los 3 m/s; de viento flojo, cuando la velocidad esté comprendida entre los 3 y 5 m/s; moderado, cuando está entre 5 y 7 m/s; y moderadamente fuerte cuando supere los 7 m/s, sin llegar a los 10 m/s.

**Tabla 10.3.** Pérdidas por evaporación.

Viento predominante	Nulo o muy débil	Flojo	Moderado.	Moderadamente fuerte
Grado de humedad				
Muy seco.	7.3	9.1	15.1	21.2
	4.4	5.4	9.1	12.7
Seco.	6.5	7.8	12.5	17.3
	3.9	4.7	7.5	10.4
Medio	5.6	6.5	9.9	13.4
	3.4	3.9	6.0	8.0
Húmedo.	4.8	5.2	7.3	9.5
	2.9	3.1	4.4	5.7
Muy húmedo	3.8	3.9	4.8	5.6
	2.3	2.3	2.9	3.4

Como norma, si se carece de datos para clasificar la zona en cuanto al viento, **se deberá de utilizar para los cálculos la segunda columna de la izquierda** (viento flojo), reservándose la primera únicamente para los casos en que exista certeza de que el efecto del viento puede despreciarse por completo.

Deben de tenerse en cuenta todos los factores. Por ejemplo, la piscina pudiera estar protegida del viento, pero no así los colectores. En estos casos a efectos de pérdidas pueden suponerse condiciones de viento nulo, pero debe tenerse en cuenta un posible aumento del valor de  $m$  en la ecuación del colector.

De igual manera, hay que tener presente que cuanto más elevados se monten los colectores, mayor será el viento que incida sobre ellos, y si están al borde del mar o en la playa, también el viento será mayor que si están en zonas más interiores.

Una vez halladas las pérdidas totales  $P$  por m<sup>2</sup>, resultante de la suma de las pérdidas correspondientes a cada una de las tablas, se procede a calcular la radiación solar directa que la piscina recibe a lo largo del día.

La piscina es como un gran colector solar horizontal de área  $A$  expuesto a una irradiación por m<sup>2</sup> diaria  $H$ , dado en tablas. Las pérdidas por reflexión (aproximadamente el 8%) en la superficie del agua, así

<sup>5</sup> Para lo que son necesarias las normales climatológicas.

como las sombras parciales causadas por el borde de la piscina y otras pérdidas de menor cuantía, hacen que se recomiende suponer que la energía neta directamente aportada al agua sea igual a  $0.85H$ . por supuesto, si la piscina recibe sombras de edificios o árboles en horas en que la radiación solar es apreciable, o las paredes y el fondo son muy claros, el coeficiente que multiplica a  $H$  todavía será menor, quizás igual a 0.80 o 0.75.

En algunas regiones de clima favorable la energía directa  $0.85H$  puede ser más o menos igual o incluso superior a la pérdida total  $PA$ , por lo que se deduce de inmediato que, en dichos supuestos, no se necesitarían colectores solares, bastando la aportación solar natural para conseguir la temperatura requerida. Normalmente, dicha aportación será inferior a las pérdidas totales  $PA$ , así que **la diferencia entre ambas cantidades será la energía  $E_c$  que deben de suministrar los colectores**, es decir:

$$E_c = PA - 0.85 HA = (P - 0.85H)A. \quad [1]$$

Una vez halladas las necesidades energéticas  $E_c$ , se procede, como en el caso del agua caliente sanitaria, a calcular en número de  $m^2$  de superficie de colectores, teniendo en cuenta que la temperatura de trabajo de los mismos será de  $27^\circ C$  y que la inclinación idónea será de unos  $5^\circ$  menor que la latitud, aunque es frecuente que, por motivos de economía, los colectores se dispongan de manera horizontal, evitándose el uso de la estructura metálica. Por otra parte, al ser éstos flexibles, pueden adaptarse bien al terreno aunque éste no sea perfectamente plano.<sup>6</sup>

#### Manejo de las tablas para el cálculo de las pérdidas de calor.

En algunas regiones de clima favorable la energía directa  $0.85H$  puede ser más o menos igual o incluso superior a la pérdida total  $PA$ , por lo que se deduce de inmediato que, en dichos supuestos, no se necesitarían colectores solares, bastando la aportación solar natural para conseguir la temperatura requerida. Normalmente, dicha aportación será inferior a las pérdidas totales  $PA$ , así que **la diferencia entre ambas cantidades será la energía  $E_c$  que deben de suministrar los colectores**, es decir:

$$E_c = PA - 0.85 HA = (P - 0.85H)A. \quad [1]$$

Una vez halladas las necesidades energéticas  $E_c$ , se procede, como en el caso del agua caliente sanitaria, a calcular en número de  $m^2$  de superficie de colectores, teniendo en cuenta que la temperatura de trabajo de los mismos será de  $27^\circ C$  y que la inclinación idónea será de unos  $5^\circ$  menor que la latitud, aunque es frecuente que, por motivos de economía, los colectores se dispongan de

<sup>6</sup> En ausencia total de datos, puede admitirse la siguiente ecuación "típica" para un colector sin cubierta, de tipo medio, válida para condiciones de viento nulo o muy débil:  $y = 0.8 - 21x$ .

manera horizontal, evitándose el uso de la estructura metálica. Por otra parte, al ser éstos flexibles, pueden adaptarse bien al terreno aunque éste no sea perfectamente plano.<sup>7</sup>

#### Piscinas cubiertas.

En una piscina cubierta, los valores ambientales de humedad y temperatura ya no dependen de las condiciones climáticas exteriores, sino que, al tratarse de un recinto cerrado, pueden ser reguladas, siendo normalmente fijadas en el proyecto.

Como el período de utilización de las piscinas cubiertas se extiende incluso al invierno, los colectores han de ser metálicos y con cubierta, lo que implica el uso obligado de un intercambiador, para evitar que el agua de la piscina con sus aditivos circule directamente por el interior de los mismos.

Al igual que en los sistemas de agua caliente sanitaria, es necesario el uso de energía auxiliar para mantener el agua caliente en épocas de nubosidad.

Se pueden estimar aproximadamente las necesidades energéticas de una piscina cubierta sirviéndose de las mismas tablas aplicables a las piscinas de aire libre, pero suponiendo un viento nulo, una temperatura ambiente de  $26^\circ C$  y un grado de humedad similar al de las zonas "húmedas". Claro está, la aportación solar directa será nula, si bien algunas piscinas cubiertas pueden recibir parte de los rayos solares a través de una pared acristalada.

#### Ejemplo.

Se va a efectuar un estudio para una climatización de una piscina de 7 x 15 metros localizada en la ciudad de Cuernavaca, Morelos. La piscina no recibe sombras, por estar al sur de los edificios colindantes, pero no se encuentra protegida especialmente contra el viento, aunque éste en el mes de septiembre es moderado<sup>8</sup>, por lo que se utilizará la tercera columna empezando por la izquierda en las tablas de pérdidas por convección y evaporación.

El clima de Cuernavaca es Templado Húmedo y la temperatura media durante las horas de sol para el mes de septiembre es igual a  $23.7^\circ$

El tipo de colector a utilizar es de caucho, sin cubierta, de 1 x 2 metros, y a partir de los datos proporcionados por el fabricante, se determina que su rendimiento es del 75%.

Se procede a calcular con y sin manta térmica.

#### A) Sin usar manta térmica:

Pérdidas por radiación:	9.7 MJ/m <sup>2</sup> .
Pérdidas por convección:	7.6 MJ/m <sup>2</sup> .
Pérdidas por evaporación:	7.3 MJ/m <sup>2</sup> .

<sup>7</sup> En ausencia total de datos, puede admitirse la siguiente ecuación "típica" para un colector sin cubierta, de tipo medio, válida para condiciones de viento nulo o muy débil:  $y = 0.8 - 21x$ .

<sup>8</sup> La velocidad media del viento máximo diario es de 5.6 m/s para el mes de septiembre. Fuente: Normales Climatológicas. Comisión Nacional del Agua. SMN. Período 1981 - 2000.

Total de pérdidas: 24.6 MJ/ m<sup>2</sup>.  
 Aportación solar directa:  
 0.85 H = (0.85) x 14.4 = 12.24 MJ/m<sup>2</sup>.  
 Déficit energético:  
 24.6 MJ/ m<sup>2</sup> – 12.24 MJ/ m<sup>2</sup> = 12.36 MJ/ m<sup>2</sup>.

B) Utilizando manta térmica:  
 Pérdidas por radiación: 6.3 MJ/m<sup>2</sup>.  
 Pérdidas por convección: 3.0 MJ/m<sup>2</sup>.  
 Pérdidas por evaporación: 4.4 MJ/ m<sup>2</sup>.

Total de pérdidas: 13.7 MJ/ m<sup>2</sup>.  
 Aportación solar directa:  
 0.85 H = (0.85) x 14.4 = 12.24 MJ/m<sup>2</sup>.  
 Déficit energético:  
 13.7 MJ/ m<sup>2</sup> – 12.24 MJ/ m<sup>2</sup> = 1.46 MJ/ m<sup>2</sup>.

Para calcular la superficie de colectores, éstos se colocarán con una inclinación de 20°.

El factor de corrección *k* para 20° y latitud = 19° equivale a 1.04, luego:

Energía aportada por cada metro cuadrado de colector inclinado:

$$E = 0.94 \eta k H$$

$$(0.75)(1.04)(14.4)(0.94) = 10.56 \text{ MJ}$$

Como la piscina tiene 7 x 15 = 105 m<sup>2</sup> y el déficit energético es de 12.24 MJ (sin manta térmica) y 1.46 MJ (con manta térmica), en total harán falta:

- A)  $E_c = (12.24)(105) = 1285.2 \text{ MJ}$
- B)  $E_c = (1.46)(105) = 153.3 \text{ MJ}$

Los cuales requerirán:

A)  $1285.2 \text{ MJ} / 10.56 \text{ MJ/m}^2 = 121.7 \text{ m}^2$   
 $121.7 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2/\text{colector} =$   
 61 colectores de 2 m<sup>2</sup> c/u  
 Superficie instalada = 122 m<sup>2</sup>.

B)  $153.3 \text{ MJ} / 10.56 \text{ MJ/m}^2 = 14.51 \text{ m}^2$   
 $14.51 \text{ m}^2 / 2 \text{ m}^2/\text{colector} =$   
 8 colectores de 2 m<sup>2</sup> c/u.  
 Superficie instalada = 16 m<sup>2</sup>.

La opción más recomendable es la de instalar la manta térmica, y la opción A presenta la ventaja de que la piscina también puede usarse por la noche, sin la necesidad de que hubiese una persona encargada de retirar y colocar la manta térmica.

Inclinación: 20°  
 Desviación N-S (β): 0°  
 Parámetros b y m: 0.75, 3.4  
 Área del colector: 2 m<sup>2</sup>  
 Área de la piscina: 105 m<sup>2</sup>  
 Piscina con cubierta y con manta térmica.

**Calculando la superficie con el programa Censol 5.0**  
 Programa Censol 5 (© Censolar): «solar térmica (piscinas).

Nombre del proyecto: Cuernavaca  
 Ubicación: (particular)  
 Latitud (°): +19  
 Inclinación (°): 19  
 Desviación N-S (°): 00  
 Corrección de H: 1.05  
 H (MJ/m<sup>2</sup>):  
 10.7 11.7 12.9 13.7 14.5 15.1 16.7 16.3 14.4 12.4  
 11 10  
 H corregido (MJ/m<sup>2</sup>):  
 11.23 12.29 13.54 14.38 15.22 15.86 17.54 17.12  
 15.12 13.02 11.55 10.50  
 Horas diarias de sol útiles:  
 8.75 9.25 9.50 9.25 8.75 8.50 8.75 9.25 9.50 9.25  
 8.75 8.50  
 Temperatura ambiente diurna (°C):  
 19 21 23 24 23 22 21 21 21 20 19 21  
 Mes elegido para el dimensionado: SEP  
 Pérdidas de ganancia solar directa (%): 35  
 Temperatura del agua de la piscina (°C): 29  
 Superficie de la piscina (m<sup>2</sup>): 105  
 ¿Piscina cubierta?: Sí  
 ¿Uso de manta térmica?: Sí  
 Temperatura interior del local: 28°  
 Viento: moderado  
 Grado de humedad: húmedo  
 Pérdidas por radiación (MJ/m<sup>2</sup>): 5.2  
 Pérdidas por convección (MJ/m<sup>2</sup>): 0.8  
 Pérdidas por evaporación (MJ/m<sup>2</sup>): 5.3  
 Pérdidas totales (MJ/m<sup>2</sup>): 11.3  
 Parámetro b del captador: .75  
 Parámetro m del captador: 3.6  
 Superficie del captador (m<sup>2</sup>): 2  
 ¿Captador con cubierta?: Sí  
 Rendimiento del captador (%): 63.8  
 Déficit energético (MJ/m<sup>2</sup>): 1.5  
 Superficie captadora necesaria (m<sup>2</sup>): 17  
 Número de captadores: 8  
 Superficie captadora instalada / Superficie de la piscina:  
 0.15



Figura 10.23  
 Fachada sur del edificio de administración y gobierno, vestidores y servicios del Club Campesino Ecológico Asturiano en Atatahuacan, Morelos. CRZ

## 11. LA ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA

---

### El Ahorro de Energía en las Empresas

La reducción de costos es un factor de gran interés para las empresas y el desperdicio de energía puede significar uno de los mayores costos. Una inadecuada administración de la energía puede ser el motivo de que una empresa no pueda competir adecuadamente en costos, con otras empresas del mercado, al pagar elevadas facturas de luz y combustibles.

Las principales formas de evitar el desperdicio de energía son crear hábitos de ahorro y la introducción de diferentes materiales que sean más eficientes en el uso de la misma. Por ejemplo:

- Apagar focos en lugares donde no se necesiten
- Apagar aparatos eléctricos que no se estén utilizando
- Revisar que no existan fugas en instalaciones eléctricas o de gas
- Sustituir focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas
- Instalar balastos ahorradores de energía
- Mantener la eficiencia de sistemas de aire acondicionado
- Utilizar controles de alumbrado
- Utilizar controles de velocidad de motores
- Mejorar la lubricación
- Utilizar aislamientos térmicos
- Realizar mejoras a la combustión

La introducción de productos, servicios o tecnologías con eficiencia energética representan una inversión que con el tiempo se recuperará y representará menores costos diarios durante mucho tiempo.

### El Ahorro de Energía en el Hogar

Las facturas de luz y de gas, son un gasto familiar que puede ser disminuido ahorrando energía eléctrica y administrando adecuadamente el uso de gas. Es importante tomar consciencia de la importancia de ahorrar energía, ya que no solamente significa un costo familiar, sino que también significa mayor contaminación. Al igual que en el caso de las empresas, es importante tener hábitos de ahorro, ya que sin darnos cuenta, son los malos hábitos los que nos hacen pagar de más.

Algunos hábitos de ahorro de energía son:

- Cargar la lavadora al máximo
- Tratar de planchar la mayor cantidad de ropa posible cada vez
- Cerrar bien el refrigerador

- Apagar los aparatos de audio y video cuando nadie nos utilice
- No desperdiciar agua y en especial agua caliente
- El uso adecuado de calentadores y estufas a gas
- Revisar que las instalaciones eléctrica y de gas no tengan fugas.
- También es importante invertir en productos que sean eficientes y que nos den mayor seguridad. Por ejemplo:
- Cambiar focos comunes por lámparas fluorescentes, las cuales duran más y consumen menos energía
- Comprar un refrigerador adecuado a las necesidades del hogar, en vez de utilizar uno que siempre esté vacío
- Utilizar calentadores y estufas a gas eficientes

El ahorro de energía es cuestión de hábitos e inversiones adecuadas. Debemos tomar en consideración que las facturas de luz y gas reflejarán ahorros durante toda la vida. Los productos, servicios y tecnologías que podrá encontrar en el Catálogo E demuestran la eficiencia energética necesaria para obtener grandes ahorros y seguridad en nuestros hogares y empresas.

Mediante las mejoras en los procesos de monitoreo y mediante la coordinación en la generación, transmisión y distribución de la energía, se pueden encontrar muchas oportunidades para reducir pérdidas de energía en áreas de consumo, industriales, comerciales y residenciales.

Algunos ejemplos son:

- Adquisición de datos y control de sistemas de potencia.
- Control de generación automática.
- Administración de cargas y energía.
- Sistemas de distribución a usuarios finales.
- Costeo de precios de energía en tiempo real.

Otras áreas incluyen la recuperación de energía de procesos exotérmicos (tales como la cogeneración o sistemas de potencia combinados con sistemas de calor) o de procesos que generen residuos combustibles como un bioproducto.

Se ha dado un gran énfasis a la generación de formas innovadoras de almacenamiento para la reducción en las cargas máximas. El propósito principal del almacenamiento energético es el de guardar energía en horas de bajo uso para que sean utilizadas en horas pico. La operación de plantas de generación y de sistemas de entrega de combustible en cargas más constantes puede ahorrar energía. También, métodos alternativos de generación de energía pueden incrementar el valor de este tipo de tecnología.

En los países desarrollados la conservación y ahorro de la energía es un tema de alta prioridad, ya que en la medida en que aumenta la demanda de energía eléctrica, el medio ambiente se deteriora cada vez más por la contaminación que implica la generación de energía proveniente de plantas que utilizan combustóleo para su producción. Sin embargo, analizado el concepto desde otro punto de vista, el Ahorro de Energía en el sector Comercial-Industrial se convierte en **competitividad**, ya que el costo de la energía suele ser uno de los más significativos en el presupuesto de gastos, por tanto, al reducir este costo se impacta de manera importante el presupuesto anual, traduciendo estos beneficios en mayor rentabilidad del negocio y por consecuencia en una mejor posición respecto de su competencia.

Actualmente y con mayor importancia en el futuro, en un mundo cada vez más globalizado, la competencia estará determinada por los costos más que por los precios de venta, por lo tanto es de suma importancia tomar acciones en que mejoren la eficiencia en todas las áreas y centros de consumo de la empresa para asegurar el futuro.

#### **Algunos conceptos importantes sobre el Ahorro de Energía son los siguientes:**

- **El Diagnóstico Energético.** Es un conjunto de análisis de las diferentes formas y fuentes de energía de la empresa. Este puede ser de 1er, 2o o 3er Nivel dependiendo de los alcances que se requieran obtener, y cuyos resultados indicarán el grado de aprovechamiento o eficiencia con la que es utilizada la energía, así como las áreas de oportunidad para la implementación de medidas de Ahorro de Energía. Por tal motivo, este estudio debe ser siempre el punto de partida para la creación de un Programa de Ahorro de Energía y su costo debe considerarse como una inversión que nos dirá en donde y de que forma es más redituable cualquier inversión en nuevas tecnologías y estrategias.
- **Los Ahorros no vienen solos.** Hay que actuar en consecuencia y establecer un PROGRAMA de Ahorro de Energía con metas y etapas previamente definidas.
- **El Ahorro de Energía implica INVERSION.** Si no se invierte el tiempo y recursos económicos necesarios los resultados serán escasos.
- **El Ahorro de Energía es una CULTURA.** No es suficiente invertir recursos en la sustitución de equipos por otros de mayor eficiencia. Esto es, se requiere de dicha inversión en adición de una campaña y promoción de una cultura del ahorro

hacia el personal de la empresa.

- **El Ahorro de Energía nunca debe ser a costa del CONFORT.**

#### **Áreas y Estrategias más comunes en donde se pueden obtener Ahorros de Energía.**

- **Iluminación:**
  - Uso de Reflectores Especulares.
  - Sustitución de Luminarias que usan focos incandescentes, fluorescente T-12 con balastro electromagnético, Luz Mercurial, etc. con nuevos diseños de Luminarias y sistemas más eficientes como los focos tipo PL, Fluorescente T-8 con Balastro Electrónico, entre otros.
  - Uso de sensores de presencia para áreas específicas.
- **Aire Acondicionado:**
  - Chillers.- A través de la automatización con equipos de control digital se puede operar de una forma más eficiente y automática la capacidad del chiller en función de los requerimientos reales de carga, obteniéndose ahorros que pueden variar del 15 % al 30 % del consumo de energía del chiller.
  - Sistemas tipo Ventana, Mini Split y Paquetes.- En estos sistemas normalmente los ahorros más significativos se logran a través de la sustitución de los equipos actuales por sistemas de mayor eficiencia. Si tiene algún caso específico le sugerimos nos envíe su información y con gusto le realizaremos una estimación de los ahorros que podría obtener y las opciones de sustitución.
- **Motores.-** En este campo, se requiere de un profundo análisis de cada situación debido a la gran diversidad de aplicaciones y forma de operación de cada una de ellas. Sin embargo, independientemente de dichas variantes se puede identificar al menos las siguientes estrategias:
  - Instalación de variadores de Velocidad.
  - Uso de Motores de Alta Eficiencia y Eficiencia Premium.
  - Control Automatizado para la administración de las cargas y horarios.
- **Calidad de la Energía:**
  - Factor de Potencia.- Es muy común encontrarse con instalaciones en donde se está operando con un Factor de Potencia menor al 90%, con lo cual el usuario es penalizado por la compañía de luz



con un cargo en su recibo eléctrico, que en muchos casos representa un costo mensual importante, el cual es muy sencillo eliminar a través de la instalación de Bancos de Capacitores después de hacer el análisis requerido para determinar la cantidad de KVARs que se necesitarán para obtener un nuevo Factor de Potencia de al menos 93% con el cual la compañía de luz efectuará una bonificación económica en lugar del cargo de penalización que se tenía anteriormente. Es importante mencionar que en primera instancia, este Ahorro no es un ahorro de Energía sino un ahorro económico. Sin embargo, en cierta forma si representa otro tipo de ahorros ya que este problema contribuye al rápido deterioro de los conductores y de las instalaciones eléctricas en general, lo cual tarde o temprano representará un costo adicional en reparaciones o nuevas instalaciones.

- Corrientes Armónicas.- Este es otro problema que se puede tener en instalaciones en las que existe un gran número de equipos electrónicos, computadoras, variadores de velocidad, etc. conectados a la red eléctrica de la empresa y que si no se conoce, puede causar serios daños sobre todo a equipos de mayor sensibilidad, así como el recalentamiento de los transformadores de distribución, de los conductores y un factor de riesgo en la continuidad de la operación. Al igual que con el Factor de Potencia, para la eliminación de este problema se requiere de mediciones y diagnósticos de las instalaciones para poder eliminarlo y tampoco representa un ahorro de energía sino mas bien un ahorro en costos de reparaciones de equipos dañados por esta causa.

- **Administración de la Energía.** El costo de la energía eléctrica se compone básicamente de 4 conceptos: el cargo por la cantidad de energía consumida en KWH; el cargo por Demanda Máxima; el cargo o bonificación por Factor de Potencia; y el cargo por ajustes e impuestos.

- Disminución del Consumo de Energía en KWH.- Esto se puede lograr modificando los malos hábitos en el uso de los distintos sistemas, tales como el típico spendio en los sistemas de iluminación.
- Control de la Demanda Máxima.- El objetivo de esta estrategia es el de lograr la menor coincidencia posible de las diferentes cargas eléctricas en un mismo momento, de tal forma que se pueda reducir el pico que se registra mensualmente por el medidor de la compañía de luz y que corresponde a la mayor carga

registrada durante el mes en un determinado momento. Este tipo de estrategia es posible implementarla con la ayuda de sistemas de automatización en donde se programan las actividades y sus horarios sin que esto afecte a la producción o al confort.

- Control de Horarios de Operación.- También es posible obtener ahorros, en este caso económicos, si trasladamos el horario en que se llevan al cabo algunas actividades, ya que en el caso de la tarifa H-M se tienen costos diferentes de la energía (Kwh) dependiendo del horario que se trate y este costo puede variar hasta un 300% entre el precio del horario base y el precio del horario de punta.
- Análisis de la Tarifa Eléctrica.- En algunos casos se pueden obtener Ahorros Económicos, no de Energía, con el cambio del tipo de tarifa eléctrica utilizada, previo análisis del caso específico.

Para una eficiente administración de los recursos energéticos es fundamental disponer de informaciones altamente confiables, basadas en datos recolectados en tiempo real, enriquecidos por relatorios analíticos y gráficos objetivos, que faculten el acompañamiento de las condiciones técnicas y económicas de las instalaciones.

La relación costo/beneficio es altamente positiva para los objetivos económico-financieros de las empresas en razón de las perspectivas, mediatas e inmediatas, de eliminación de pérdidas motivadas particularmente por:

- Cultura del desperdicio de energía;
- Penalidades por contratos de energía mal elaborados (ex: demandas mal dimensionadas);
- Descontrol de las mediciones de insumos energéticos (metrología industrial);
- Dimensionamiento inadecuado de los elementos consumidores de energía (iluminación, motores, etc.);
- Sobrecarga de los transformadores y cables de suministro de energía;
- Inexactitud de las cuentas de energía (metrología legal);
- Técnicas inadecuadas de rateo de costos;
- Ignorancia de la legislación vigente; entre otros.

La implantación del sistema de administración de energía eléctrica busca principalmente la eficiencia energética, cuyos objetivos principales son:

- Eliminación de desperdicios;
- Aumento de la eficiencia de las unidades consumidoras de energía;
- Mudanza de los hábitos de consumo; etc.

- Nunca se ha valorizado tanto la eficiencia energética como en años recientes, especialmente en épocas de racionamiento de energía, mientras que, paradójicamente, se habla más del aumento de la capacidad de generación de energía que de la eficiencia de su uso, la cual requiere una evaluación previa, frecuentemente difícil, de los resultados económicos en relación a los costos de implantación, lo que puede parecer una barrera intraspionable si no se dispone de apoyo y equipos especializados.

### Evaluación técnica y financiera de sistemas térmico – solares.

La CONAE ha desarrollado herramientas que ayudarán a evaluar el uso de energías renovables en el hogar, como una forma de demostrar su viabilidad técnica-económica y que se tenga una referencia para usar estas fuentes energéticas en su beneficio.

Hasta el momento se han desarrollado dos herramientas, que son de acceso gratuito, y que se pueden obtener en la página de la CONAE (Formato ZIP). Ambas se refieren al uso de la energía solar, una en sistemas fotovoltaicos y otra para el calentamiento de agua.

Ejemplo de una hoja de resultados proporcionada por los programas de evaluación financiera de la CONAE

<b>Hoja de Resultados</b>	
Resultado del análisis para: Distrito Federal	
Número de usuarios:	6
Área de colectores recomendada:	2 m <sup>2</sup>
Tanque de almacenamiento:	120 litros
Vida útil del sistema calentador solar:	20 años
Precio estimado del sistema:	\$5,566.00 M.N.
Ahorro mensual de gas L.P.:	28.27 Kg.
Beneficio/Costo	1.78
VALOR PRESENTE NETO	\$4,318.87 M.N.
Recuperación de la Inversión:	7.17 años - kWh de respaldo al año.
El proyecto es RENTABLE	48.88% eficiencia promedio de diseño.
FINANCIAMIENTO:	48 meses.
Enganche:	M.N.
Ahorro económico primer mes:	93.57 M.N.
Pago del préstamo (mensualidad fija):	(200.41) M.N.
Diferencia pago primero:	(106.84) M.N.
Diferencia pago último:	(87.53) M.N.
total pagado:	9,619.65 M.N.
total pagado con ahorros de GLP:	4,940.59 M.N.

total pagado por usuario:	4,679.06 M.N.
Radiación proyectada en el colector	25.43 MJ/m <sup>2</sup>
Temperatura mínima del mes de diseño	9.20 °C
Promedio mensual anual de gas LP	28.27 kg/mes
<b>Características del colector solar</b>	
Material de la placa:	cobre
Espesor de la placa:	0.0005 m.
Acabado de la placa:	pintura negro mate
Material del aislante:	fibra de vidrio
Espesor del Aislante:	0.0254 m.
Eficiencia promedio:	49.47 %

Tabla 11.1

Hoja de resultados de evaluación financiera de acuerdo con la CONAE

### Tabla de amortización.

La tabla de amortización calcula los pagos de interés y capital, el saldo final y el interés acumulado para cualquiera de los **n** pagos consecutivos de un préstamo.

### Datos del préstamo

Cantidad prestada: **\$5,566.00**

Tasa de interés anual: **30.00%**

Plazo en años: **4**

Pagos por año: **12**

### PAGO PERIÓDICO

Pago calculado: **\$200.41**

### CÁLCULOS

Usar pago de: **\$200.41** Balance inicial, pago 1: **\$5,566.00**

Fuente

<http://www.conae.gob.mx/wb/>

Imagen reproducida para fines académicos.

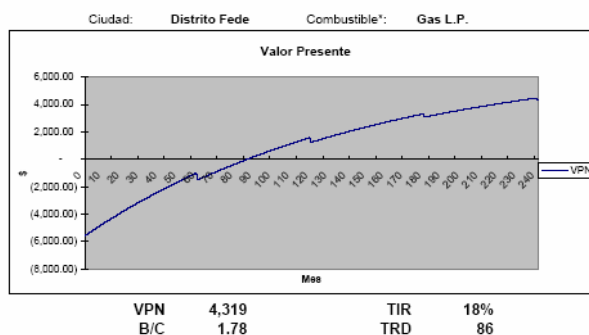


Figura 11.1

Valor Presente Neto

### Distribución horaria de radiación solar en superficies inclinadas

#### Introducción de parámetros

gradosarad = 0.01745328

Ciudad Distrito Federal

Latitud 19.5 0.34 radianes

**Mejor mes (de 1 a 12) 3 Marzo**

Rad. tot. diaria prom. mens. **20.70 MJ/m<sup>2</sup> en superficie horizontal**

Azimut de la superficie 0.00 0.00 Tem. promedio  
 Inclinación de la superficie 19.50 0.34 Tem. minim  
 Albedo 0.2

**Cálculos iniciales**

*Modelo de Collares Pereira y Rabl para datos mensuales de radiación.*

Dia promedio a calcular 75.83  
 Declinación solar (2.08) (0.04) rad  
 Hora del ocaso ( $\omega_s$ ) 89.26 1.56 rad  
 Rad diaria extraterrestre 35,036,907.36 35.04 MJ/m<sup>2</sup>  
 KT = B10/B17 0.5908  
 Hd/H para  $\omega_s < 81.4^\circ$  0.3092  
 Hd/H para  $\omega_s > 81.4^\circ$  0.3463  
 Rad diaria difusa horizontal Hd = 7.17 MJ/m<sup>2</sup>  
 Rad diaria directa horizontal Hb = 13.53 MJ/m<sup>2</sup>

Cálculo de las distribuciones horarias, total y difusa.  
 a = 0.654184612  
 b = 0.427886634

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>  
 Imagen reproducida para fines académicos.

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>  
 Imagen reproducida para fines académicos.



Figura 11.2  
**Sistemas fototérmicos de uso doméstico.**

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>  
 Imagen reproducida para fines académicos.



Figura 11.3  
**Sistemas fototérmicos de uso industrial.**

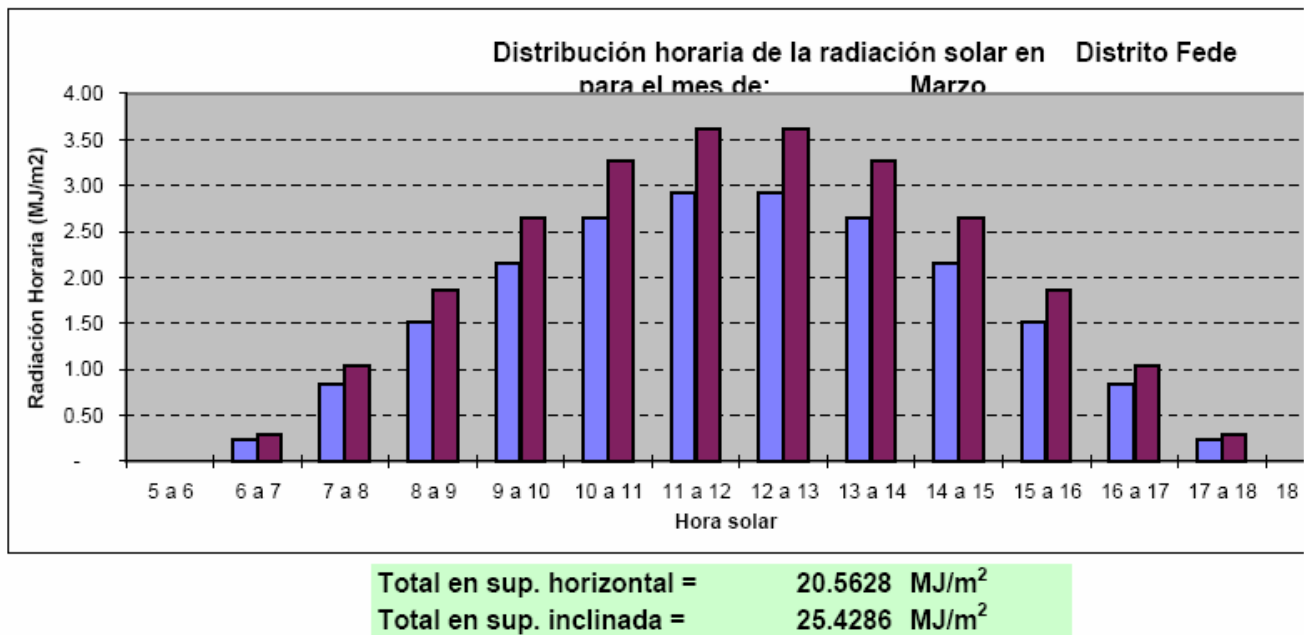


Figura 11.4  
**Distribución de la radiación solar en el Distrito Federal.**

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>  
 Imagen reproducida para fines académicos.

## Tabla

No.	Fecha de pago	Saldo inicial	Interés	Capital	Saldo final	Interés acumulado
1	01/09/1999	5,566.00	139.15	61.26	5,504.74	139.15
2	01/10/1999	5,504.74	137.62	62.79	5,441.95	276.77
3	01/11/1999	5,441.95	136.05	64.36	5,377.59	412.82
4	01/12/1999	5,377.59	134.44	65.97	5,311.62	547.26
5	01/01/2000	5,311.62	132.79	67.62	5,244.00	680.05
6	01/02/2000	5,244.00	131.10	69.31	5,174.69	811.15
7	01/03/2000	5,174.69	129.37	71.04	5,103.65	940.51
8	01/04/2000	5,103.65	127.59	72.82	5,030.83	1,068.11
9	01/05/2000	5,030.83	125.77	74.64	4,956.19	1,193.88
10	01/06/2000	4,956.19	123.90	76.50	4,879.69	1,317.78
11	01/07/2000	4,879.69	121.99	78.42	4,801.27	1,439.77
12	01/08/2000	4,801.27	120.03	80.38	4,720.89	1,559.81
13	01/09/2000	4,720.89	118.02	82.39	4,638.51	1,677.83
14	01/10/2000	4,638.51	115.96	84.45	4,554.06	1,793.79
15	01/11/2000	4,554.06	113.85	86.56	4,467.50	1,907.64
16	01/12/2000	4,467.50	111.69	88.72	4,378.78	2,019.33
17	01/01/2001	4,378.78	109.47	90.94	4,287.84	2,128.80
18	01/02/2001	4,287.84	107.20	93.21	4,194.63	2,236.00
19	01/03/2001	4,194.63	104.87	95.54	4,099.08	2,340.86
20	01/04/2001	4,099.08	102.48	97.93	4,001.15	2,443.34
21	01/05/2001	4,001.15	100.03	100.38	3,900.77	2,543.37
22	01/06/2001	3,900.77	97.52	102.89	3,797.88	2,640.89
23	01/07/2001	3,797.88	94.95	105.46	3,692.42	2,735.83
24	01/08/2001	3,692.42	92.31	108.10	3,584.32	2,828.14
25	01/09/2001	3,584.32	89.61	110.80	3,473.52	2,917.75
26	01/10/2001	3,473.52	86.84	113.57	3,359.95	3,004.59
27	01/11/2001	3,359.95	84.00	116.41	3,243.54	3,088.59
28	01/12/2001	3,243.54	81.09	119.32	3,124.21	3,169.68
29	01/01/2002	3,124.21	78.11	122.30	3,001.91	3,247.78
30	01/02/2002	3,001.91	75.05	125.36	2,876.55	3,322.83
31	01/03/2002	2,876.55	71.91	128.50	2,748.05	3,394.74
32	01/04/2002	2,748.05	68.70	131.71	2,616.34	3,463.44
33	01/05/2002	2,616.34	65.41	135.00	2,481.34	3,528.85
34	01/06/2002	2,481.34	62.03	138.38	2,342.97	3,590.89
35	01/07/2002	2,342.97	58.57	141.84	2,201.13	3,649.46
36	01/08/2002	2,201.13	55.03	145.38	2,056.75	3,704.49
37	01/09/2002	2,056.75	51.39	149.02	1,908.74	3,755.88
38	01/10/2002	1,908.74	47.67	152.74	1,754.00	3,803.55
39	01/11/2002	1,754.00	43.85	156.56	1,597.44	3,847.40
40	01/12/2002	1,597.44	39.94	160.47	1,436.96	3,887.34
41	01/01/2003	1,436.96	35.92	164.49	1,272.48	3,923.26
42	01/02/2003	1,272.48	31.81	168.60	1,103.88	3,955.07
43	01/03/2003	1,103.88	27.60	172.81	931.07	3,982.67
44	01/04/2003	931.07	23.28	177.13	753.93	4,005.95
45	01/05/2003	753.93	18.85	181.56	572.37	4,024.80
46	01/06/2003	572.37	14.31	186.10	386.27	4,039.10
47	01/07/2003	386.27	9.66	190.75	195.52	4,048.76
48	01/08/2003	195.52	4.89	195.52	0.00	4,053.65

Tabla 11.2  
 Amortización de sistemas térmicos de acuerdo a la CONAE.

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>  
 Imagen reproducida para fines académicos

Aparato	Cant.	Consumo típico (Watts)	Tiempo uso al día	Energía requerida (W-h)
Tostador		1100	minutos	-
Licuadaora		300	minutos	-
Microondas		1100	minutos	-
Lavaplatos automática		500	minutos	-
Refrigerador de 20 pies cúbicos		540	horas	-
Refrigerador de 16 pies cúbicos		475	horas	-
Refrigerador CD de 16 pies cúbicos (7 horas/día)		112	horas	-
Refrigerador CD de 12 pies cúbicos (7 horas/día)		70	horas	-
<b>Subtotal Cocina</b>				<b>0 W-h/día</b>
Aparato	Cant.	Consumo típico (Watts)	Tiempo uso al día	Energía requerida (W-h)
Cafetera		200	horas	-
Computadora LapTop		35	8 horas	280.00
Computadora PC		120	8 horas	960.00
Impresora		100	1 horas	100.00
Máquina de escribir		150	horas	-
TV Color 25"		150	horas	-
TV Color 19"		80	8 horas	640.00
TV ByN 12"		20	horas	-
Videocassetera		40	2 horas	80.00
Decodificador satelital		30	horas	-
Reproductor CD		35	1 horas	35.00
Estréreo		25	1 horas	25.00
Radio relój		5	horas	-
Radio grabadora		15	1 horas	15.00
<b>Subtotal Estancia</b>				<b>2135 W-h/día</b>
Aparato	Cant.	Consumo típico (Watts)	Tiempo uso al día	Energía requerida (W-h)
Foco 100 W incandescente		100	horas	-
Foco 50 W incandescente en corriente directa		50	horas	-
Foco 40 W Halógeno		40	horas	-
Lámpara Fluorescente compacta 20 W	3	22	8 horas	528.00
Lámpara Fluorescente compacta 13 W		16	horas	-
Lámpara Fluorescente compacta 9 W		11	horas	-
Lámpara de vapor de sodio VP (aluminado exterior)		42	horas	-
<b>Subtotal Iluminación</b>				<b>528 W-h/día</b>
Aparato	Cant.	Consumo típico (Watts)	Tiempo uso al día	Energía requerida (W-h)
Máquina de coser		100	minutos	-
Plancha		1000	minutos	-
Secadora eléctrica de ropa		400	minutos	-
Bomba de agua (1/4 HP) CA.		220	1 horas	220.00
Bomba de agua CD 1,400 lts/día a 6 m. de altura		50	horas	-
Bomba de agua CD 3,400 lts/día a 6 m. de altura		100	horas	-
Bomba de agua CD 2,500 lts/día a 20 m. de altura		110	horas	-
Ventilador de techo CD		20	horas	-
Ventilador de mesa		20	horas	-
Cobertor eléctrico		200	horas	-
Secador de pelo		1000	minutos	-
Rasuradora		15	minutos	-
Lavadora		500	minutos	-
<b>Subtotal Servicios</b>				<b>220 W-h/día</b>
<b>Total registrado</b>				<b>2883 W-h/día</b>

Tabla 11.3  
 Inventario de aplicaciones registradas en el modelo de simulación de la CONAE para uso fotovoltaico.

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>

Imagen reproducida para fines académicos.

### Cálculo del costo de vida útil por el método del valor presente neto

<b>Sistema Fotovoltaico</b>					
Item	Valor actual de un año	Valor actual uniforme en "x" años	Cantidad en dólares	Factor de valor actual	Monto de valor actual
1 Capital para equipo e instalación			11,232.47	1	(\$11,232.47)
2 Operación y mantenimiento (anual)		20	50	12.46	(\$623.11)
* Mano de obra: Afinación		20	50	12.46	(\$623.11)
* Inspección anual					
* Seguro					
* Otros					
3 Costos de energía (insumo anual) a tasa de descuento neto del combustible					
* Combustible del generador		20	0		\$0.00
* (Tasa de descuento = 0.02)					
4 Reparaciones y repuestos o recambios calculadas a tasa de descuento					
* Banco de Baterías de Descarga Profunda	10		1440	0.614	(\$884.04)
* Banco de Baterías de Descarga Profunda	0		0	-	\$0.00
* Banco de Baterías de Descarga Profunda	0		0	-	\$0.00
* Reconstrucción	5		0		\$0.00
* Reconstrucción	10		0		\$0.00
* Reconstrucción	15		0		\$0.00
5 Valor residual calculado a tasa de inversión					
* 20% del original sin instalación	20		1,797.20	(0.149)	\$267.14
	8,985.98				
<b>COSTO TOTAL DEL CICLO DE VIDA UTIL =</b>					<b>(\$13,095.58)</b>
Kwh a generar durante la vida útil					40,123.33
Costo del KWh en valor presente neto					0.33

Tabla 11.4.  
 Vida útil de sistemas fotovoltaicos

Fuente  
<http://www.conae.gob.mx>

Imagen reproducida para fines académicos.

**Distribución horaria de radiación solar en superficies inclinadas**

Introducción de parámetros (éstos llegan del cuadro de datos)				latitud	$\eta$	$\phi$
City	latitud	declinacion	azimuth	declinacion	delta	$\delta$
City	latitud	declinacion	azimuth	declinacion	gamma	$\gamma$
City	latitud	declinacion	azimuth	declinacion	ese	$\epsilon$
City	Tacubaya	gradosrad =	0.01745326			
Latitud	19.5	0.34 radianes				
Peor mes (de 1 a 12)	12	Diciembre				
Rad. tot. diaria prom. mens.	13.50	MJ/m <sup>2</sup> en superficie horizontal		Radiación pro	12	Diciembre
Azimuth de la superficie	0.00	0.00		Tem.prome	12.90	grados C
Inclinación de la superficie	19.50	0.34		Tem.minim	6.60	
Albedo	0.2					
<b>Cálculos Iniciales</b>						
<i>Modelo de Collares Pereira y Rabi para datos mensuales de radiación.</i>						
Día promedio a calcular	349.58					
Declinación solar	(23.36)	(0.41) rad				
Hora del ocaso ( $\omega_s$ )	81.20	1.42 rad				
Rad diaria extraterrestre	25,942,932.05	25.94 MJ/m <sup>2</sup>				
$K_T = B10/B17$	0.5204					
Hd/H para $\omega_s < 81.4^\circ$	0.3717					
Hd/H para $\omega_s > 81.4^\circ$	0.4098					
Rad diaria difusa horizontal	$H_d =$	5.02 MJ/m <sup>2</sup>				
Rad diaria directa horizontal	$H_b =$	8.48 MJ/m <sup>2</sup>				

Cálculo de las distribuciones horarias, total y difusa

$$a = 0.590419032$$

$$b = 0.468486817$$

Tabla 11.5  
 Distribución horaria de la radiación solar en superficie inclinada.

Fuente

<http://www.conae.gob.mx>

Imagen reproducida para fines académicos.

Construcción de la tabla de distribución horaria de la radiación solar en una superficie horizontal

Hora (tiempo solar)	$\omega$ (rad)	$r_1$	$r_2$	$I_{total}$	$I_{difusa}$	$I_{directa}$	$G_{total}$	$G_{difusa}$	$G_{directa}$	$\cos(\theta)$	$\cos(\theta_1)$	$I_{total\ sobre\ el\ colector}$	$G_{total\ sobre\ el\ colector}$	
5 a 6	1.7017	0.0253	0.0481	-	-	-	-	-	-	(0.12)	(0.25)	-	-	
6 a 7	1.4399	0.0225	0.0038	-	-	-	-	-	-	0.12	(0.02)	-	-	
7 a 8	1.1781	0.0303	0.0390	0.4091	0.1956	0.2135	113.64	54.33	59.30	0.35	0.20	0.5696	158.21	
8 a 9	0.9163	0.0687	0.0773	0.9269	0.3881	0.5389	257.49	107.80	149.69	0.56	0.39	1.1457	318.25	
9 a 10	0.6545	0.1063	0.1087	1.4346	0.5452	0.8894	398.50	151.45	247.05	0.73	0.55	1.7056	474.05	
10 a 11	0.3927	0.1363	0.1308	1.8396	0.6563	1.1832	510.99	182.32	328.67	0.85	0.67	2.1523	597.86	
11 a 12	0.1309	0.1529	0.1423	2.0642	0.7139	1.3503	573.38	198.30	375.09	0.91	0.73	2.3990	666.38	
12 a 13	0.1309	0.1529	0.1423	2.0642	0.7139	1.3503	573.38	198.30	375.09	0.91	0.73	2.3990	666.38	
13 a 14	0.3927	0.1363	0.1308	1.8396	0.6563	1.1832	510.99	182.32	328.67	0.85	0.67	2.1523	597.86	
14 a 15	0.6545	0.1063	0.1087	1.4346	0.5452	0.8894	398.50	151.45	247.05	0.73	0.55	1.7056	474.05	
15 a 16	0.9163	0.0687	0.0773	0.9269	0.3881	0.5389	257.49	107.80	149.69	0.56	0.39	1.1457	318.25	
16 a 17	1.1781	0.0303	0.0390	0.4091	0.1956	0.2135	113.64	54.33	59.30	0.35	0.20	0.5696	158.21	
17 a 18	1.4399	0.0225	0.0038	-	-	-	-	-	-	0.12	(0.02)	-	-	
18 a 19	1.7017	0.0253	0.0481	-	-	-	-	-	-	(0.12)	(0.25)	-	-	
TOTALES EN MJ/m <sup>2</sup>				13.3488	4.9982	8.3505	Todas estas en wats/m <sup>2</sup> evaluados a la hora media.				15.94625 sobre el colector			
				total	difusa	directa								
				evaluadas en superficie horizontal										

Tabla 11.6

Distribución horaria de la radiación solar en un plano horizontal.

Fuente

<http://www.conae.gob.mx>

Imagen reproducida para fines académicos.

Cuadro resumen para un sistema fotovoltaico autónomo en la ciudad de:

### Tacubaya

Capacidad del sistema: 1024 Watts

		Precio/unit.	Total (USD)*
16	Módulos fotovoltaicos marca: Uni-Solar US-64 Arreglo a 24 voltios en serie-paralelo.	355.00	5,680.00
12	Celdas de batería marca: Exide GC-4 de 220 A-h a 6 voltios c/u, para formar una batería de 660 A-h a 24 voltios	120.00	1,440.00
1	Controlador de carga marca: Condumex CCX24/50/50	1,136.98	1,136.98
1	Inversor marca Heart Freedom 10-24 potencia 1000 Watts a 120 VCA	729.00	729.00
1	Instalación y accesorios	2,246.49	2,246.49
<b>Total estimado</b>			<b>11,232.47</b>

\* Los precios manejados en este programa han sido recabados en diferentes hojas electrónicas de fabricantes y distribuidores de equipo fotovoltaico.

Tabla 11.7

Cuadro resumen para un sistema fotovoltaico autónomo recomendado en el modelo de simulación de la CONAE.



Fuente

<http://www.aquasun.com.mx/COLECTORES.htm>

Imagen reproducida para fines académicos.

Figura 11.4

Instalación de colectores para deportivos, clubes, hoteles, vivienda, hospitales, fábricas, unidades y balnearios.

## Estudio de la rentabilidad.

Tres pueden ser los motivos o razones principales por los que se decide instalar un sistema de energía solar; a saber:

- Lograr la autosuficiencia e independencia respecto a los suministros convencionales, lo que redundará en una mayor comodidad.
- Contribuir a frenar el deterioro ecológico del planeta utilizando energías limpias y no contaminantes.
- Conseguir un beneficio económico aprovechando una energía que llega gratuitamente hasta el lugar de consumo.

Salvo escasas excepciones, las dos primeras razones actualmente todavía no tienen suficiente fuerza para constituir por sí solas un estímulo suficiente para el futuro usuario, que busca fundamentalmente una rentabilidad para justificar una inversión en una instalación solar.

Es esencial conseguir que toda instalación, además de satisfacer las necesidades energéticas, parcial o totalmente, del usuario, cumpla el requisito fundamental de suponer un beneficio económico para éste (o para el propietario de la instalación), al igual que se exigiría con otra inversión cualquiera. De otro modo, la aceptación masiva de la energía solar por parte de la población en general se retrasaría inevitablemente.

De acuerdo con lo anterior, es necesario tener en cuenta que salvo en casos muy particulares, el factor más importante en cualquier instalación es su **durabilidad y funcionamiento eficaz por muchos años.**

Incluso cualidades como el alto rendimiento del colector, la buena eficacia de intercambio o el aislamiento perfecto son secundarias comparándolas con la que se considera la más importante de todas: la durabilidad de la instalación.

Una instalación solar térmica realizada con materiales de primera calidad – lo cual no quiere decir necesariamente de muy elevado precio – concienzudamente montada y revisada, debe de ser capaz de tener una vida útil de veinticinco años, con un razonable mantenimiento y algunas reparaciones inevitables.

En la mente de todo proyectista e instalador debe de fijarse la idea de que es preciso realizar la instalación para que ésta dure y funcione correctamente más de un cuarto de siglo, sin mayores problemas para el usuario. Por ello, deberán rechazarse todos aquellos materiales que, aunque sean baratos, no ofrezcan ninguna garantía y cuidar escrupulosamente cada detalle que pueda originar problemas con el paso del tiempo.

Se considera que una instalación habrá finalizado su vida útil cuando los gastos de mantenimiento hayan

crecido desmesuradamente, o cuando para continuar su funcionamiento con unas prestaciones aceptables, exija reparaciones o sustituciones cuyo costo económico sea tan alto que pueda considerarse la opción de realizar una inversión de una nueva instalación.

Mucho antes de que la instalación finalice su vida útil habrá devuelto con creces al propietario de la misma la inversión que realizó en su día.

### Definiciones y proceso de cálculo.

No se trata de efectuar un análisis económico exhaustivo (y, por tanto, inevitablemente complejo), que únicamente podría tener sentido para proyectos muy grandes e inversiones muy elevadas, que por ello precisen de una exposición muy en detalle de cada uno de los aspectos de la rentabilidad, sino de hacer uno sencillo, pero riguroso estudio usando parámetros simples que cualquier persona puede comprender y que será suficiente en la mayoría de los casos.

En primer lugar, antes de abordar el cálculo de la rentabilidad de una instalación solar es preciso tener en cuenta si ésta se realiza en sustitución de una convencional o de si coexisten ambas instalaciones.

Cuando se plantea la opción de construir un sistema totalmente convencional (con electricidad, gas, gas natural, entre otros) para dotar a una vivienda de ACS<sup>1</sup> o, alternadamente, una instalación solar que lo sustituya total o parcialmente, se deben de considerar varios factores.

Normalmente la instalación solar va a suponer una inversión inicial mayor que la convencional, aunque esta diferencia es compensada sobradamente al cabo de algunos años con el ahorro producido por la primera.

A veces se desea efectuar ambas instalaciones para que se complementen entre sí. En este caso el costo total no es la suma de lo que costaría cada una de las instalaciones por separado, ya que las dos instalaciones tendrán elementos comunes.

En otros casos la instalación convencional ya existe y lo que se desea es realizar una instalación solar sin desmontar la convencional.

De lo antes expuesto se deduce que, a la hora de evaluar la verdadera dimensión de la inversión, se ha de tener en cuenta que ésta será en realidad la diferencia entre la inversión total que supondría la opción solar y la que, en cualquier caso, habría que realizar si se escogiese la opción totalmente convencional.

Si, por ejemplo, se ofrecen dos opciones para producir ACS para una vivienda; una caldera eléctrica con un acumulador, que suponen un total de \$30,500.00; o un sistema de colectores solares con un interacumulador que costaría instalado \$56,650.00, la cantidad real que se debe de considerar como inversión en la instalación solar no es

<sup>1</sup> ACS = Agua caliente solar – agua caliente sanitaria



de \$56,650.00, sino de  $\$56,650.00 - \$30,500.00 = \$26,150.00$ , ya que de todas formas se gastarían  $\$30,500.00^2$  en la instalación convencional sin obtener ningún ahorro energético.

Es entonces un error considerar imputable a la instalación solar todos los gastos realizados, pretendiendo recuperar en unos pocos años la totalidad de la inversión, cuando esto mismo no se plantearía en ningún caso para una instalación convencional, la inversión en la cual se considera obligada y a fondo perdido.

Por lo tanto, se hablará siempre de **inversión diferencial** haciendo referencia a la inversión real en una instalación solar, descontando la inversión en la instalación convencional que sustituye, en el caso de que ésta no exista, o que complementa, caso de existir. Inversión diferencial es aquella imputable a la parte “estrictamente solar” de la instalación.

Lo mismo sucede al evaluar los costos de mantenimiento anual, ya que éstos habrá que deducirlos lo que costaría el mantenimiento de la instalación convencional.

Se definen dos conceptos útiles: **el período de retorno del capital invertido y la tasa de rentabilidad interna**.

El período de retorno del capital invertido es el tiempo que transcurre desde que se realiza la inversión hasta que el ahorro producido por la instalación amortice totalmente la misma.

La tasa de rentabilidad interna o abreviadamente “rentabilidad” de la instalación es el tipo de interés que tendría que existir para que la inversión en la instalación, una vez llegado al final de su vida útil, hubiera producido el mismo beneficio que una capitalización con dicho tipo de interés.

La tasa de rentabilidad nos determina el interés efectivo del dinero que produce la inversión realizada y si ésta fuera inferior al obtenible en el mercado financiero, sería un indicativo de una mala inversión, ya que se podría tener mayor rentabilidad de otro modo. Por el contrario, una tasa de rentabilidad claramente superior al interés medio del dinero indica que la inversión en energía solar es aconsejable y rentable. Este será el objetivo a conseguir en todos los casos.

La tasa de rentabilidad interna, al tener en cuenta no solo en rendimiento energético de la instalación (que determina el ahorro de combustible), sino también su vida útil, creciendo a medida que lo hace ésta, resulta el

parámetro más indicativo de la verdadera rentabilidad de una instalación solar.

Para poder evaluar correctamente y comparar las cantidades que intervienen en el estudio de la rentabilidad de una instalación es preciso tener en cuenta que éstas (costo de los combustibles, del mantenimiento, ahorro anual, entre otros) variarán, normalmente a la alza, como consecuencia de la inflación. Por ello, resulta útil referirse y tomar como unidad comparativa el valor del dinero en el momento de efectuar la inversión, traduciendo todas las cantidades a lo largo de los diferentes años a su valor equivalente en dicho año.

Así, por ejemplo, el costo anual del mantenimiento, tanto de las operaciones rutinarias como el de la reposición de los consumibles (anticongelante) o el de la reparación y sustitución de piezas, suele ir cubierto por un contrato de mantenimiento con un costo que puede ser constante e igual a un porcentaje sobre la inversión total, o bien variable de año en año. En este último caso, aunque es lógico que durante los primeros años el costo del mantenimiento sea menor y vaya aumentando con el paso del tiempo – debido a algunas averías o a la sustitución de colectores – para simplificar el cálculo se supone un costo de mantenimiento anual tal que en el primer año sea  $M$  (por ejemplo un 3% del valor total de la instalación) y vaya creciendo con los años en la misma proporción que lo haga el costo de la vida, definido por el índice de la inflación.

Si el sistema de tarificación fuese invariable, el porcentaje anual suele ser mayor (del orden de un 7% o un 8% del valor de la inversión inicial), pero se tiene la ventaja de que no aumentará con la inflación. Este tipo de contratos todavía no es muy frecuente.

En cualquier caso conviene diferenciar el costo del mantenimiento imputable estrictamente a la instalación solar del de la instalación o partes de la instalación convencional.

En cuanto a factores tales como el interés del dinero, la inflación o el aumento anual del costo de los combustibles sustituidos (que determinarán el ahorro neto que la instalación produce), no pueden conocerse de antemano, y no existe más solución que estimarlos de acuerdo con las previsiones económicas. Para todos esos factores se suponen válidos unos valores medios, constantes a lo largo de los años, aunque se sabe que producen fluctuaciones en uno y otro sentido. En todo caso siempre se podrían aplicar las correcciones concretas que se considerases adecuadas.

Un objetivo muy interesante sería lograr que cualquier usuario tuviese acceso, mediante regulación oficial, a préstamos por un importe igual al total de la inversión diferencial, en el caso de que decidiese efectuar una instalación solar, a un plazo y tipo de interés tal que la cantidad a devolver cada año no fuera superior al ahorro. De esta forma, podría afirmarse que la instalación solar sería **gratuita** desde el primer momento, pues el gasto que de todas maneras tendría que afrontar el usuario para pagar la energía convencional sería el mismo que la cantidad destinada a ir cancelando el préstamo y pagar los

---

<sup>2</sup> Datos originales en pesetas. Se consideró un tipo de cambio de 166.6 ptas por cada euro y \$14.5153 por cada euro. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Peseta>, <http://www.banamex.com.mx>, Diciembre de 2006

intereses. No habría entonces ninguna razón lógica para no elegir la opción de una instalación solar.

Sea:

$C$  el costo de la inversión diferencial – que coincide con la cantidad total invertida cuando ya exista un sistema de energía convencional instalado –,

$A$  el ahorro previsto anualmente (costo del combustible sustituido anualmente según el precio de éste en el primer año) y

$M$  el costo del mantenimiento durante el primer año de vida de la instalación.

Para calcular el ahorro total producido en un período de  $t$  años habrá que tener en cuenta, por una parte, el previsible incremento de los precios de los combustibles cada año. Sea  $c$  dicho incremento en tanto por uno.

Por otra parte, tampoco representará el mismo dinero una cantidad en un año que en otro. Suponiendo que, teóricamente, podríamos obtener una rentabilidad a nuestro dinero colocándolo a un interés  $e$ , una cantidad inicial  $X$  al cabo de  $t$  años se nos convertiría en:

$$X(1+e)^t \quad [1]$$

E inversamente, una cantidad que al cabo de  $t$  años es  $X$ , correspondería a una cantidad inicial de:

$$\frac{X}{(1+e)^t} \quad [2]$$

Combinando ambos conceptos, se puede afirmar que el ahorro bruto en un período de  $t$  años equivaldría, en dinero “traducido” a su valor en el primer año, a:

$$A \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t \quad [3]$$

De forma análoga, el costo del mantenimiento en dicho período, comparándolo con el valor del dinero en el momento inicial, es:

$$M \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t \quad [4]$$

Donde  $i$  es el valor de la inflación anual, ya que se supone que la factura del mantenimiento aumentará igual que lo hace el índice de inflación.

Por lo tanto, el ahorro neto, esto es, el ahorro bruto menos el costo del mantenimiento será:

$$A \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t - M \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t \quad [5]$$

Y el beneficio neto  $B$  (asimismo en unidades monetarias del primer año) que la instalación proporciona es.

$$B := A \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t - M \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t - C \quad [6]$$

Si se calcula  $B$  para los primeros años, se verá que el resultado es negativo, es decir, el ahorro no habrá alcanzado a compensar la inversión.

Llegará un año  $t$  para el cual  $B$  valga cero (o aproximadamente cero) ese valor de  $t$  será precisamente el tiempo de retorno de la inversión. A partir de dicho año, y hasta el fin de la vida útil de la instalación, todo el ahorro que se vaya produciendo se convertirá en beneficio neto, ya que la inversión ha sido amortizada.

Para calcular el tiempo de retorno  $t$  que hace que el valor de  $B$  sea cero es preciso sumar numéricamente las series de que consta la ecuación [6] o bien recurrir a un programa de computadora. Se explicará más adelante con ejemplos.

Para calcular la tasa de rentabilidad interna  $r$  habrá que suponer un tiempo de vida útil de la instalación. Lo ideal sería que éste fuese de 25 años, pero se adopta un criterio más conservador, suponiendo que éste solo fuese de 20 años.

Según la definición de  $r$ , hay que calcular el interés  $e$  que habría que tomar en la ecuación [6] para que  $B$  fuese cero cuando  $t = 20$ , es decir, llamando ahora  $r$  al parámetro designado por  $e$  en [6]:

$$A \cdot \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1+c}{1+r} \right)^t - M \cdot \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1+i}{1+r} \right)^t - C := 0 \quad [7]$$

Tampoco se puede despejar  $r$  de forma explícita, sino que habrá que proceder a desarrollar las sumatorias empleando, si se prefiere, la fórmula de la suma geométrica, o mediante tanteo, calcular  $r$  de forma que el resultado de [7] sea lo más próximo a cero posible. Si se dispone de una computadora o calculadora programable, se puede realizar un sencillo programa que vaya calculando la expresión para valores de  $r$  a partir de uno fijo, por ejemplo 0.1 (10%) e ir variando éstos con incrementos de un 1% (0.10, 0.11, 0.12,...) hasta que se encuentre un valor que haga que el resultado sea próximo a cero.

### Ejemplo.

Para una vivienda destinada a albergar a una familia de cinco miembros en la Ciudad de México, se han presentado dos opciones diferentes para satisfacer las necesidades de ACS.

Para la primera de ellas, consistente en la instalación de un depósito “termo” convencional alimentado por electricidad y con una capacidad de 200 litros, se ha presupuestado un total de \$13,500.00, mano de obra de la instalación incluida. La segunda opción contempla el montaje de colectores solares con un intercambiador de 300 litros y se ha presupuestado en \$52,000.00.

Efectuando los cálculos correspondientes, se ha llegado a la conclusión de que la energía solar cubriría el 88.5% de las necesidades energéticas anuales.

El costo del mantenimiento correspondiente a la primera opción se estima igual a \$435.00 al año y para la segunda igual a \$2000.00/año.

Calcular el tiempo de retorno para la inversión en la instalación solar y su tasa de rentabilidad interna suponiendo los siguientes datos:

- Consumo por persona de ACS a 45° C = 60 litros/día
- Tiempo de vida útil de la instalación = 20 años
- Índice real de la inflación (se aconseja tomarlo dos o tres puntos superior al oficial) = 6.92%<sup>3</sup>
- Incremento previsto de los precios de los combustibles y de la electricidad = 4.29%<sup>3</sup>
- Interés financiero neto para un pequeño capital = 7.39%<sup>4</sup>
- Costo actual del kW h (incluido impuestos) = \$2.368<sup>5</sup>

Solución:

La inversión diferencial (lo que costaría de más con respecto a la instalación convencional) de la instalación solar sería

$$\$52,000.00 - \$13,500.00 = \$38,500.00$$

Y el sobrecosto del mantenimiento vale:

$$\$2,000.00 - \$435.00 = \$1,565.00 / \text{año}$$

Se calcula el costo de la energía eléctrica necesaria para satisfacer el total de la necesidad de ACS a razón de 300 litros/día y considerando que hay que elevar la temperatura desde el agua de la red (12°) como media anual) hasta 45° C<sup>6</sup>

$$Q = mc_e \Delta t^\circ = 300(45 - 12) = 9,900 \text{ kcal/día} = 11.506 \text{ kW h/día} = 4,199.69 \text{ kW h/año.}$$

Como la instalación solar cubriría el 88.5% de la cantidad anterior, esto es

$$(0.885) (4,199.69 \text{ kWh/año}) = 3716.73 \text{ kWh/año}$$

Esta cantidad supone en dinero:

$$A = (3,716.73 \text{ kWh/año})(\$2.368/\text{kWh}) = \$8,801.21/\text{año} \approx \$8,800$$

Aplicando la fórmula [6] cuando el beneficio alcance el valor cero, se tendrá:

$$A \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+c}{1+e} \right)^t - M \cdot \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+i}{1+e} \right)^t - C := 0$$

$$8800 \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+0.0429}{1+0.0739} \right)^t - 1565 \sum_{t=1}^t \left( \frac{1+.0692}{1+.0739} \right)^t - 38500 := 0$$

$$88 \sum_{t=1}^t 0.9711^t - 15.65 \sum_{t=1}^t 0.9956^t - 385 := 0$$

Para proseguir el desarrollo de la expresión anterior se utiliza la fórmula de la suma de una serie geométrica de  $n$  términos cuyo primer término es  $a$  y cuya razón es  $k$ , a saber:

$$\sum_{i=1}^n a_i = S = \frac{ak^n - a}{k - 1}$$

En este caso  $a = k = 0.9711$  y  $0.9956$  respectivamente, por tanto,

Llegados a este punto, y si no se dispone de una calculadora programable, se tendrá que proceder a probar, por tanteo, dando valores a  $t$  hasta encontrar el que cumpla mejor la condición anterior:

Para  $t = 2$  el primer miembro de la ecuación vale: -247.73  
Para  $t = 3$  el primer miembro de la ecuación vale: -182.62

<sup>3</sup> Fuente: <http://www.banamex.com.mx/esp/finanzas/index.html>

<sup>4</sup> Fuente: [www.banxico.org.mx/eInfoFinanciera/InfOportunaMercadosFin/MercadoValores/TasaInteresInterbancaria/04Semanas/TasaInteres4sem.html](http://www.banxico.org.mx/eInfoFinanciera/InfOportunaMercadosFin/MercadoValores/TasaInteresInterbancaria/04Semanas/TasaInteres4sem.html)

<sup>5</sup> Fuente: [http://www.lfc.gob.mx/tarifas/tarifa\\_dac\\_2004.htm](http://www.lfc.gob.mx/tarifas/tarifa_dac_2004.htm)

<sup>6</sup> Pueden hallarse las necesidades mes a mes pero se ha preferido utilizar aquí una temperatura media anual para el agua de la red, ya que el resultado es prácticamente el mismo.

Para  $t = 4$  el primer miembro de la ecuación vale: -119.78  
 Para  $t = 5$  el primer miembro de la ecuación vale: - 59.13  
 Para  $t = 6$  el primer miembro de la ecuación vale: - 0.60  
 Para  $t = 7$  el primer miembro de la ecuación vale: 55.85  
 Para  $t = 8$  el primer miembro de la ecuación vale: 110.30

Para un valor de  $t$  entre 6 y 7 años se cumple la igualdad anterior, luego, se toma el tiempo de retorno del capital invertido igual a 7 años.

Para calcular la tasa de rentabilidad interna se usa la fórmula [7]

$$A \cdot \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1+c}{1+r} \right)^t - M \cdot \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1+i}{1+r} \right)^t - C := 0$$

$$88 \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1.0429}{1+r} \right)^t - 15.65 \sum_{t=1}^{20} \left( \frac{1.0692}{1+r} \right)^t - 385 := 0$$

$$88 \left[ \frac{\left( \frac{1.0429}{1+r} \right)^{21} - \left( \frac{1.0429}{1+r} \right)}{\left( \frac{1.0429}{1+r} - 1 \right)} \right] - 15.65 \left[ \frac{\left( \frac{1.0692}{1+r} \right)^{21} - \left( \frac{1.0692}{1+r} \right)}{\left( \frac{1.0692}{1+r} - 1 \right)} \right] - 385 := 0$$

Llegados a este punto, se debe proceder a probar distintos valores de  $r$ , a partir de 0.15 (15%)

Para  $r = 0.15$  el primer miembro de la ecuación vale: 191.77  
 Para  $r = 0.16$  el primer miembro de la ecuación vale: 157.25  
 Para  $r = 0.17$  el primer miembro de la ecuación vale: 126.06  
 Para  $r = 0.18$  el primer miembro de la ecuación vale: 97.79  
 Para  $r = 0.19$  el primer miembro de la ecuación vale: 72.09  
 Para  $r = 0.20$  el primer miembro de la ecuación vale: 48.68  
 Para  $r = 0.21$  el primer miembro de la ecuación vale: 27.28  
 Para  $r = 0.22$  el primer miembro de la ecuación vale: 7.68  
 Para  $r = 0.23$  el primer miembro de la ecuación vale: - 10.32

Por lo tanto, la tasa de rentabilidad será del 22%, un valor excelente para cualquier inversión. Esto demuestra lo interesante de la misma.

Suponiendo que nos encontramos que el potencial comprador se muestra escéptico respecto a la duración de la instalación y no cree que ésta dure 20 años sino únicamente 10 ¿Cuál sería entonces la tasa de rentabilidad interna?

Procediendo de manera análoga al desarrollo anterior, se llega a la ecuación

$$88 \left[ \frac{\left( \frac{1.0429}{1+r} \right)^{11} - \left( \frac{1.0429}{1+r} \right)}{\left( \frac{1.0429}{1+r} - 1 \right)} \right] - 15.65 \left[ \frac{\left( \frac{1.0692}{1+r} \right)^{11} - \left( \frac{1.0692}{1+r} \right)}{\left( \frac{1.0692}{1+r} - 1 \right)} \right] - 385 := 0$$

Para  $r = 0.23$  el primer miembro de la ecuación vale: - 67.11  
 Para  $r = 0.22$  el primer miembro de la ecuación vale: - 56.07  
 Para  $r = 0.21$  el primer miembro de la ecuación vale: - 44.39  
 Para  $r = 0.20$  el primer miembro de la ecuación vale: - 32.01  
 Para  $r = 0.19$  el primer miembro de la ecuación vale: - 18.88  
 Para  $r = 0.18$  el primer miembro de la ecuación vale: - 4.95  
 Para  $r = 0.17$  el primer miembro de la ecuación vale: 9.86

La tasa de rentabilidad es del 17% por lo que, incluso con una vida estimada de 10 años, la inversión seguiría siendo interesante.

Como norma general, para que la inversión resulte atractiva la tasa de rentabilidad debe de estar tres o cuatro puntos por encima del interés máximo que se espera obtener en una hipotética inversión alternativa.

Por último se confecciona una tabla que proporcione las cantidades netas de ahorro que la instalación va produciendo cada año durante la vida útil de la instalación, es decir, las diferencias entre el ahorro bruto de combustible y el costo del mantenimiento, expresadas según el valor del dinero de cada año.

$$\begin{aligned} \text{Ahorro en el año } t &= A(1+c)^t - M(1+i)^t = \\ &= 8800(1+0.0429)^t - 1565(1+0.0692)^t = \\ &= (8800)(1.0429)^t - (1565)(1.0692)^t \end{aligned}$$

Año	Ahorro
1	\$7,504.22
2	\$7,782.15
3	\$8,068.95
4	\$8,364.80
5	\$8,669.85
6	\$8,984.28
7	\$9,308.21
8	\$9,641.79
9	\$9,985.12
10	\$10,338.32
11	\$10,701.47
12	\$11,074.64
13	\$11,457.87
14	\$11,851.18
15	\$12,254.57
16	\$12,668.00
17	\$13,091.39
18	\$13,524.64
19	\$13,967.59
20	\$14,420.05

## **12. El proyecto de inversión solar.**

Se consideró un proyecto desarrollado en un despacho de arquitectos al cual se le incluyó la instalación de colectores solares planos.

El proyecto realizado es un monasterio para una comunidad concepcionista y el terreno se localiza en la delegación Tlalpan de la Ciudad de México.

La comunidad del Monasterio de la Purísima Concepción fue la primera que ingresó a México cuando fue traída desde España por Fray Juan de Zumárraga durante la Conquista. Actualmente esta comunidad se encuentra ubicada en las cercanías de la Basílica de Guadalupe, sitio que ya ha sido englobado por la urbanización y el comercio, circunstancias que impiden en la mayoría de los casos las actividades de meditación, oración y contemplación.

Por tal motivo se solicitó un proyecto arquitectónico en un terreno localizado a sur de la Ciudad de México, alejado del centro urbano y en cercanía del cerro del Ajusco. Una de mis grandes inquietudes en todos los proyectos que desarrollado en colaboración dentro de despachos de otros arquitectos o de manera independiente, ha sido el aprovechamiento de la energía solar para uso doméstico, comercial, turístico o industrial y el proyecto aquí presentado no fue la excepción ya que desde la orientación misma está basada en el recorrido del Sol en la bóveda celeste para el óptimo uso de la luz natural y de la energía proporcionada por el Sol.

Pero las condiciones sociales y económicas de nuestro país aún no se han interesado en el uso y manejo de la tecnología solar, y las escasas personas o instituciones la aplican ya sea por el interés, la inquietud o la investigación; por el contrario, la sociedad actual se impulsa de acuerdo a los costos y al dinero más que los beneficios a mediano o largo plazo que nos ofrece la energía solar, o la atención y cuidado por el medio ambiente de un planeta que presenta un calentamiento global cada día mas marcado ocasionado por el efecto invernadero en aumento debido al uso indebido de los combustibles fósiles y al crecimiento desmedido de la población.

Por lo tanto, la forma de convencer a los usuarios de una instalación solar es basándonos en el dinero invertido al inicio de un proyecto y los ahorros monetarios generados año tras año durante el tiempo de vida útil tanto de la instalación como de la edificación misma, comparándolos con los consumos de energía convencional, tanto para electrificación como para calentamiento de agua, de calefacción o inclusive de refrigeración.

Siendo así, y siguiendo la metodología proporcionada por el Mtro. en Arq. Fidel Sánchez Bautista de la clase de Análisis y Evaluación Financiera de Proyectos

Arquitectónicos de Inversión dentro del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura. Campo de Conocimiento: Tecnología; se presenta este documento adecuando la metodología al objetivo planteado: **la inversión solar.**

Ante un terreno planteado por la propia comunidad del monasterio, se presentan las características del terreno, su ubicación, dimensiones y características topográficas y normativas. El proyecto elaborado buscó en todo momento el respeto por el propio terreno y la búsqueda del manejo de sistemas constructivos y estructurales acordes con el sitio y con los avances tecnológicos de nuestro tiempo, para lo cual se planteó el uso de elementos pretensados de concreto. Además se presenta el cálculo y el proyecto de la así como los costos de los combustibles convencionales empleados y de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar térmica y fotovoltaica.

El estudio de mercado está enfocado a los consumos energéticos de edificios análogos de instalación solar, incluyendo los diagramas de instalación y especificaciones de los equipos.

Finalmente se analizarán los presupuestos, calendarios de obra y financieros para los flujos de efectivo y las tablas de amortización de acuerdo a las tasas de interés vigentes a la fecha de elaboración del presente estudio.

### **EL TERRENO**

Se consideró como punto de partida para este estudio de inversión, un proyecto que se realizó para cambiar la residencia de la comunidad del Monasterio de la Purísima Concepción de su domicilio actual en la calle de Delia #178 en la colonia Guadalupe Tepeyac en la delegación Gustavo A. Madero al terreno proporcionado en la Colonia ampliación Miguel Hidalgo 4ª sección, delegación Tlalpan, debido a las condiciones extremas del medio ambiente en el cual se encuentran las monjas integrantes del monasterio tales como el ruido excesivo provocado por la urbanización de la zona, la cercanía a los centros comerciales y recreativos que les provocan un grado de distracción que les impide llevar a cabo sus actividades de oración, contemplación y meditación.

Con la finalidad de ampliar las necesidades propias de la comunidad del Monasterio de la Purísima Concepción, primera congregación traída a México por Fray Juan de Zumárraga, para el proyecto que se les ejecutará en el terreno localizado en la colonia Ampliación Miguel Hidalgo en la delegación Tlalpan del Distrito Federal.

El terreno cuenta con el servicio de energía eléctrica y agua potable, no cuenta con servicio de drenaje, las aguas negras son enviadas a fosa séptica y la lluvia a una cisterna de agua pluvial localizada en la calle de Jesús Lecuona (CAP) aprovechando los niveles más bajos de la manzana.

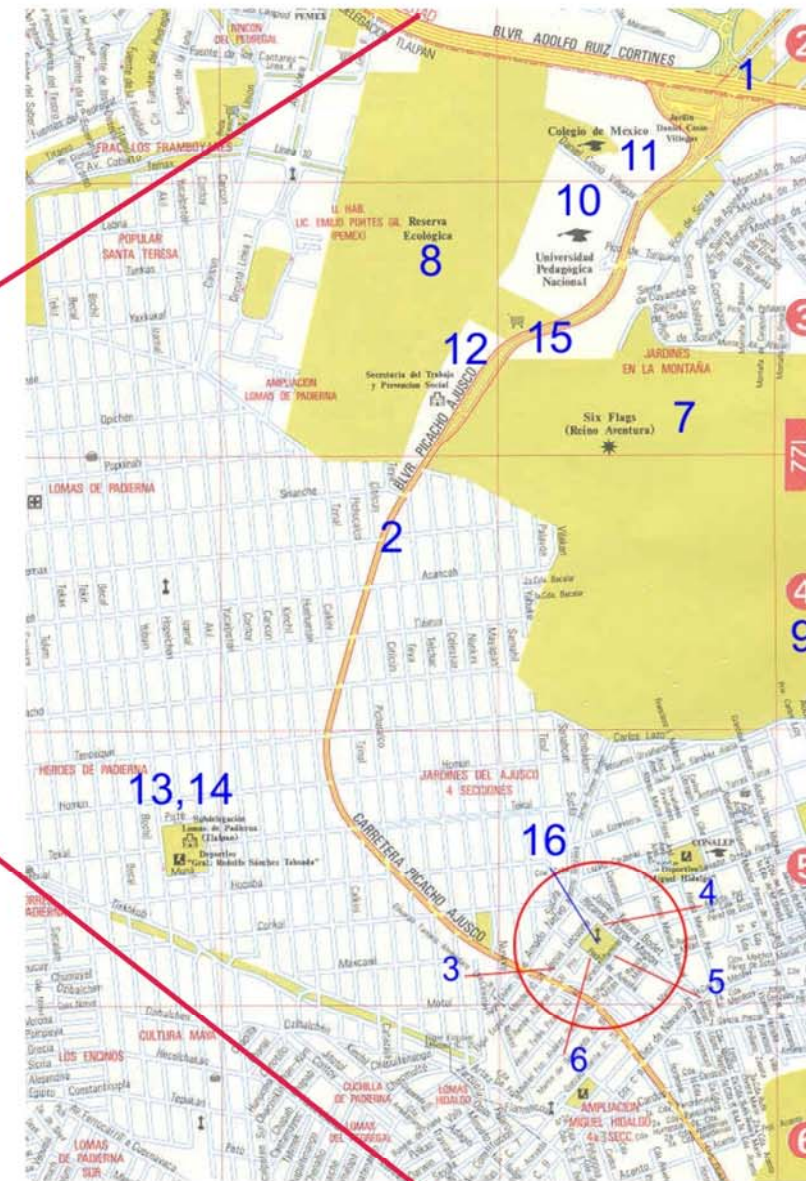
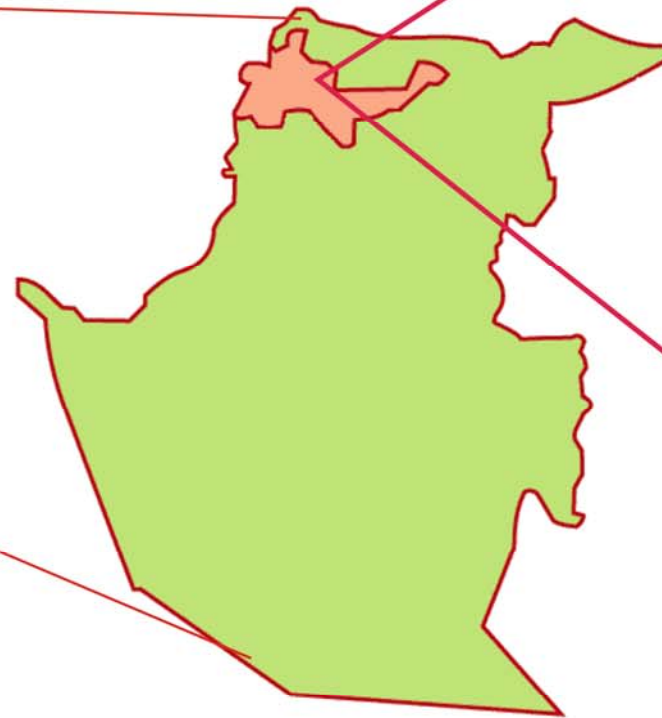


## EL TERRENO



Ubicación de la Delegación Tlalpan al Sur del Distrito Federal

Ubicación de la colonia Miguel Hidalgo en la delegación Tlalpan



### Vialidades principales:

1. Periférico sur Boulevard Adolfo Ruiz Cortines
2. Carretera Picacho Ajusco.

### Vialidades locales:

3. Al norponiente del terreno con calle Jesús Lecuona
4. Al nororiente del terreno con calle Ricardo Flores Magón.
5. Al suroriente del terreno con calle Ignacio Ramírez.
6. Al surponiente del terreno con calle Pedro de Aulestia.

### Colindancias.

En el interior del terreno se ubica actualmente la parroquia Cristo Obrero.

### Medios de transporte.

Transporte colectivo con origen en San Ángel y dirección a colonia ampliación Miguel Hidalgo siguiendo la ruta de la Av. Paseos del Pedregal y Carretera. Picacho Ajusco.

### Equipamiento cercano.

7. Six Flags (Reino Aventura)
8. Reserva Ecológica.
9. Bosque de Tlalpan.
10. Universidad Pedagógica Nacional.
11. Colegio de México.
12. Secretaria del Trabajo y Previsión Social.
13. Subdelegación Lomas de Padierna. Tlalpan.
14. Deportivo "Gral. Rodolfo Sánchez Taboada"
15. Centro Comercial Chedraui (Antes Carrefour)
16. TERRENO.



Figura 12.1 Ubicación del terreno del proyecto de estudio. CRZ





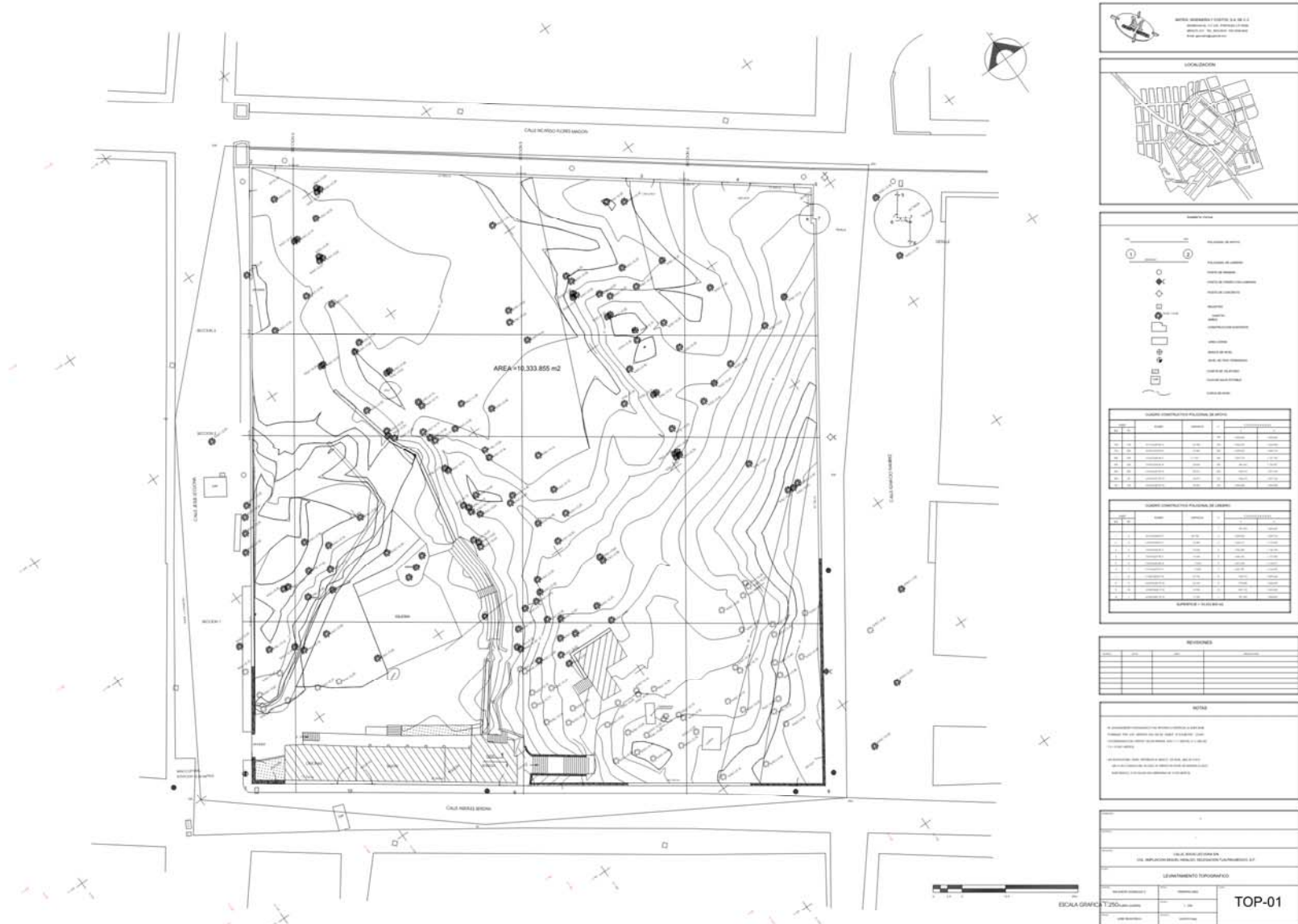
## EL TERRENO



Imagen aérea del terreno:  
 FUENTE: Image 2006 Digital Globe. Google Earth.

**Superficie del terreno.**  
 SUPERFICIE = 10,333.855 m<sup>2</sup>

**Infraestructura existente:**  
 El terreno cuenta con el servicio de energía eléctrica y agua potable, no cuenta con servicio de drenaje, las aguas negras son enviadas a fosa séptica y la lluvia a una cisterna de agua pluvial localizada en la calle de Jesús Lecuona (CAP) aprovechando los niveles más bajos de la manzana.



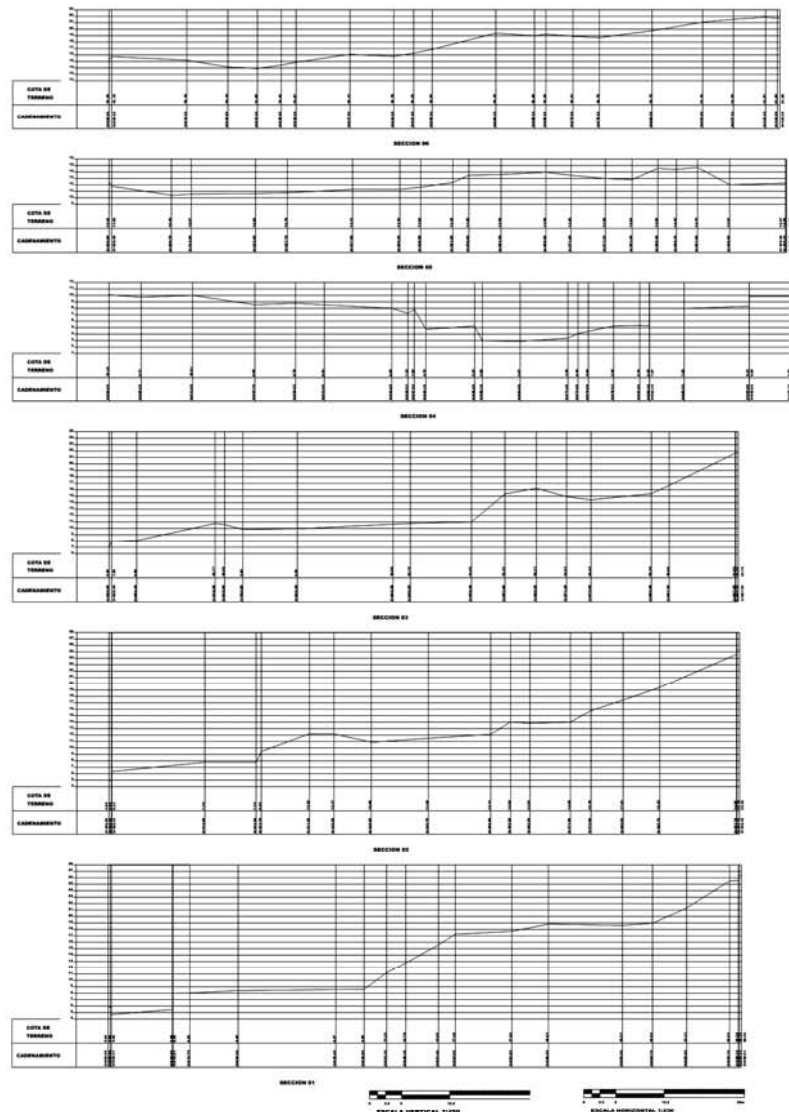
**POLIGONAL TOPOGRÁFICA DEL TERRENO PROPUESTO**

PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.





## EL TERRENO



SECCIONES DEL TERRENO

### RESUMEN DE ÁREAS.

Parroquia = 5,073 m<sup>2</sup>.  
 Área común = 1,032 m<sup>2</sup>.  
**Monasterio = 4,230 m<sup>2</sup>.**

**DIFERENCIA ENTRE PARROQUIA Y MONASTERIO = 843 m<sup>2</sup>.**

843 / 2 = 421 m<sup>2</sup>.

### AJUSTANDO:

Parroquia = 4,650 m<sup>2</sup>.  
 Área común = 1,032 m<sup>2</sup>.  
 Monasterio = 4,230 m<sup>2</sup>.

**Total = 10,333 m<sup>2</sup>.**

### Dimensiones generales del terreno:

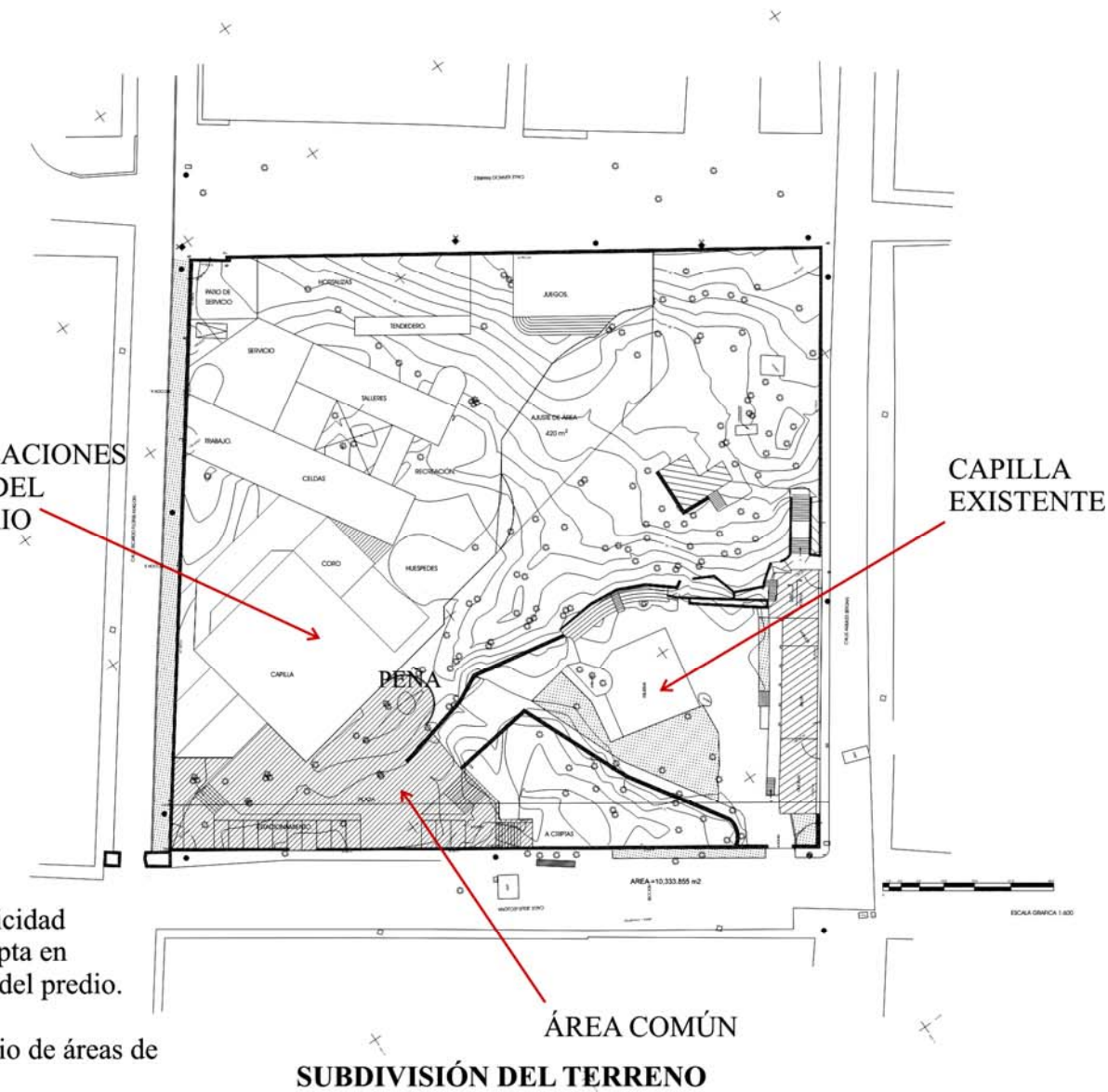
En calle Jesús Lecuona = 106.765 m.  
 En calle Ricardo Flores Magón = 97.32 m.  
 En calle Ignacio Ramirez = 103.66 m.  
 En calle Pedro de Aulestia = 98.85 m.

El terreno cuenta con servicios de alumbrado público, electricidad y agua potable, no se cuenta con red sanitaria, la lluvia se capta en cárcamos de agua pluvial localizados en las cotas más bajas del predio.

La zonificación del proyecto se planteó de acuerdo al estudio de áreas de proyectos análogos elaborados con anterioridad.

CAPILLA E INSTALACIONES  
 PROYECTO DEL  
 MONASTERIO

CAPILLA  
 EXISTENTE



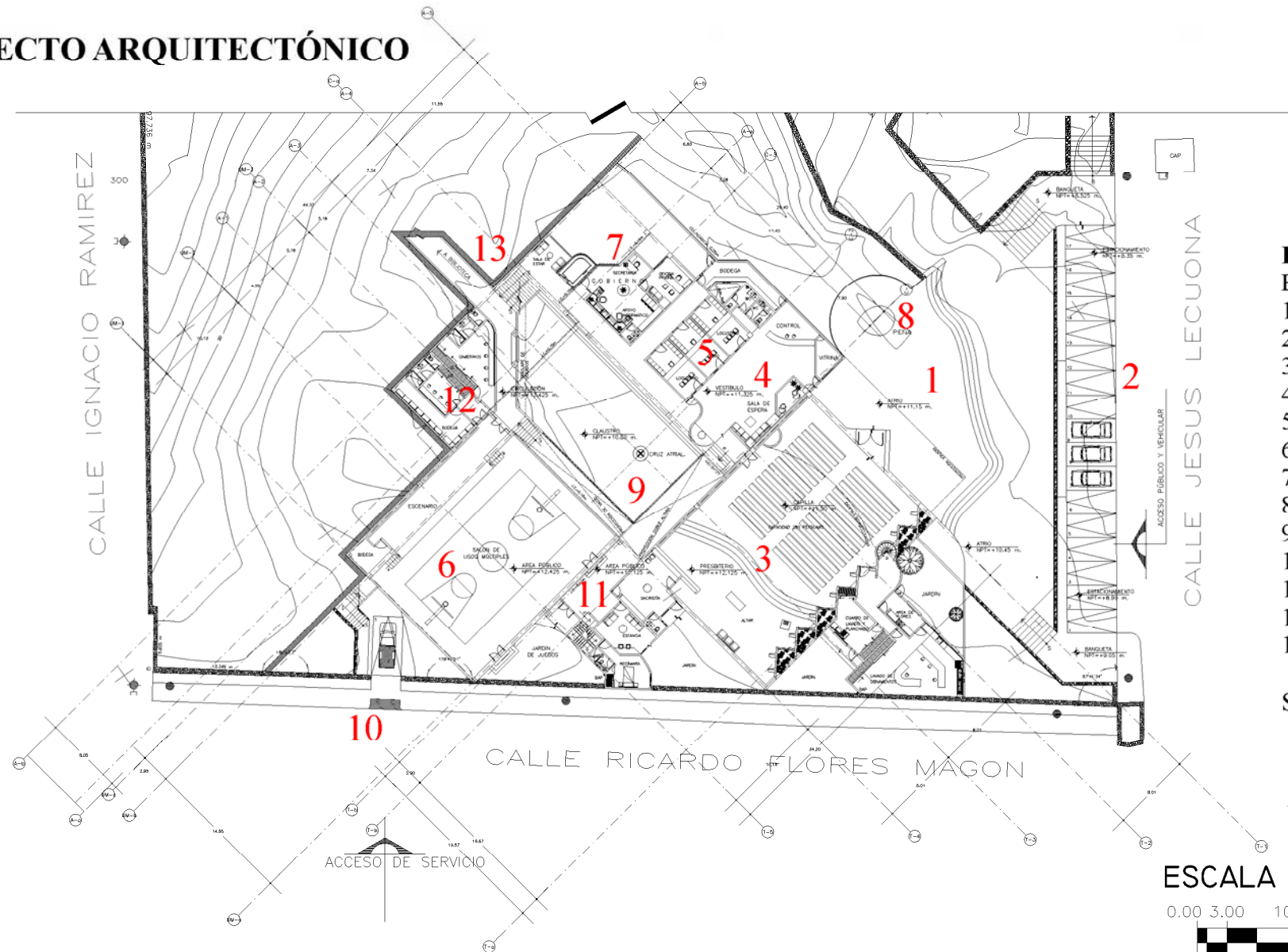
SUBDIVISIÓN DEL TERRENO







**EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO**



**PLANTA BAJA DE MONASTERIO.**

ESPACIOS:

1. PLAZA DE ACCESO
2. ESTACIONAMIENTO.
3. CAPILLA
4. VESTÍBULO.
5. LOCUTORIOS.
6. SALÓN DE USOS MÚLTIPLES.
7. GOBIERNO.
8. PEÑA.
9. CLAUSTRO.
10. ACCESO DE SERVICIO.
11. SACRISTÍA.
12. CAMERINOS.
13. TÚNEL A BIBLIOTECA.

SUPERFICIE CONSTRUIDA = 1865 m<sup>2</sup>

**ESCALA GRÁFICA**



DESPACHO:  
 ARQ. CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO.

CALCULO:

COLABORADORES  
 LIC. CONCEPCIÓN FERNÁNDEZ MCLÁ.

CORTE ESQUEMATICO - ALZADO

PLANTA ISOMÉTRICA

MODIFICACION NO. FECHA:

LOCALIZACION



Norte	UBICACION: CALLE JESUS LECUONA SIN COL. PLAZA MEXICO D.F.
	PROYECTO: ARQUITECTÓNICO NIVEL: PLANTA BAJA DE CONJUNTO Y MEZZANINE I
Fecha: Diciembre de 2006	CLAVE DEL PLANO: A-PB-01
Escala: 1:600	



Figura 12.5. El proyecto arquitectónico. Planta Baja. CRZ



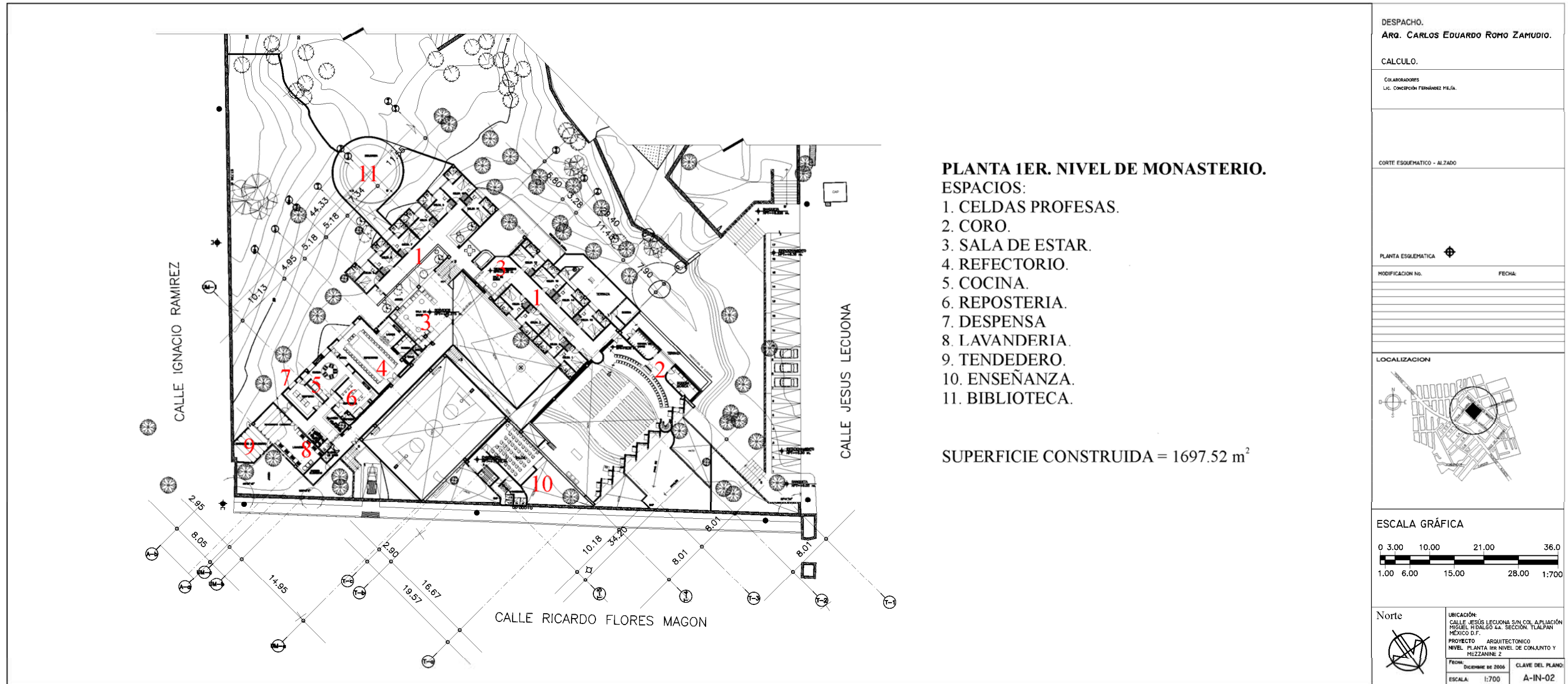


Figura 12.6. El proyecto arquitectónico. Primer nivel. CRZ



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.

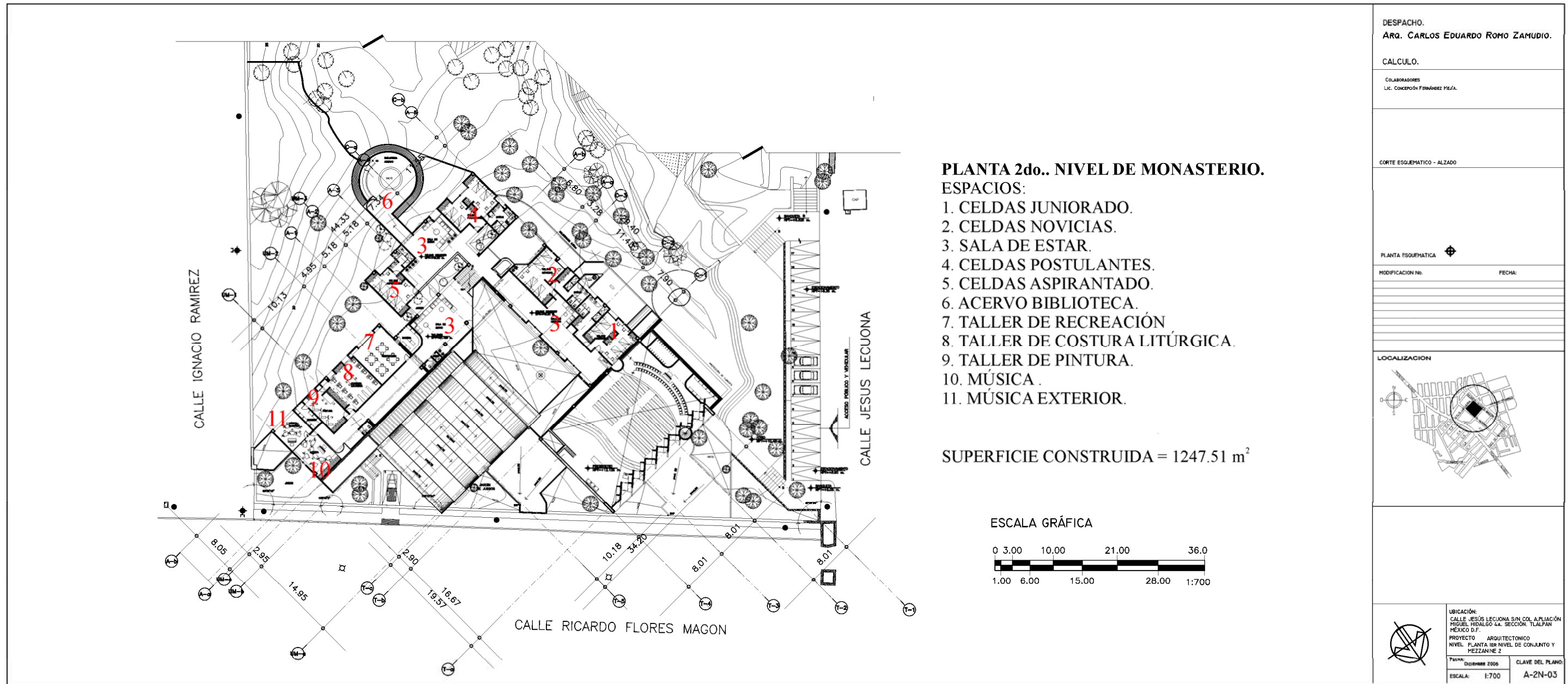


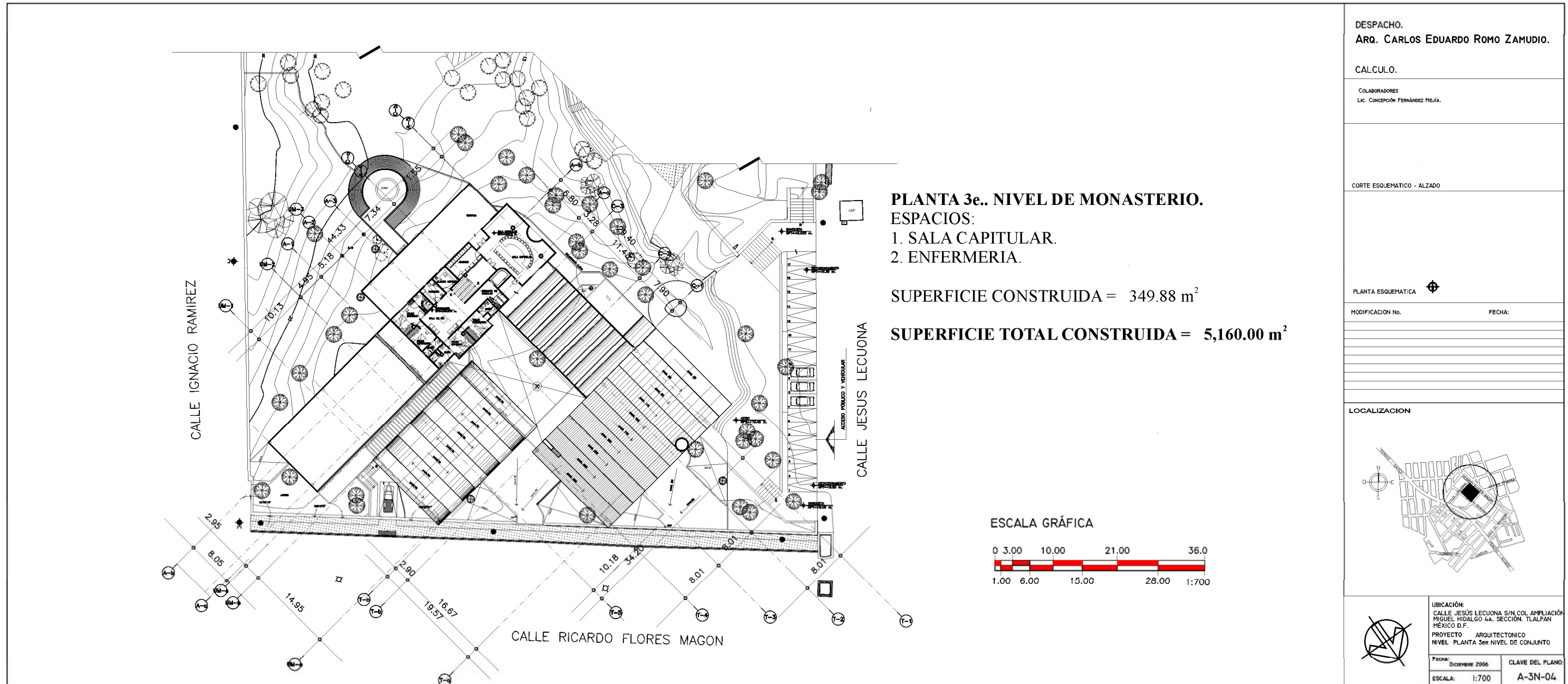
Figura 12.7. El proyecto arquitectónico. Segundo nivel. CRZ

**PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPÁN. D.F.**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



DESPACHO.  
 ARQ. CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO.

CALCULO.

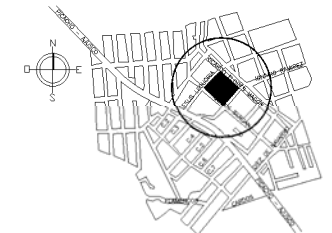
COLABORADORES  
 LIC. CONCEPCIÓN FERNÁNDEZ MEJÍA.

CORTE ESQUEMATICO - ALZADO

PLANTA ESQUEMATICA

MODIFICACION No. FECHA:

LOCALIZACION



UBICACIÓN:  
 CALLE JESUS LECUONA S/N COL AMPLIACIÓN  
 MIGUEL HIDALGO 4A. SECCIÓN. TLALPAN  
 MÉXICO D.F.  
 PROYECTO ARQUITECTÓNICO  
 NIVEL PLANTA 3er NIVEL DE CONJUNTO

FECHA: DICIEMBRE 2006 CLAVE DEL PLANO:  
 ESCALA: 1:700 A-3N-04



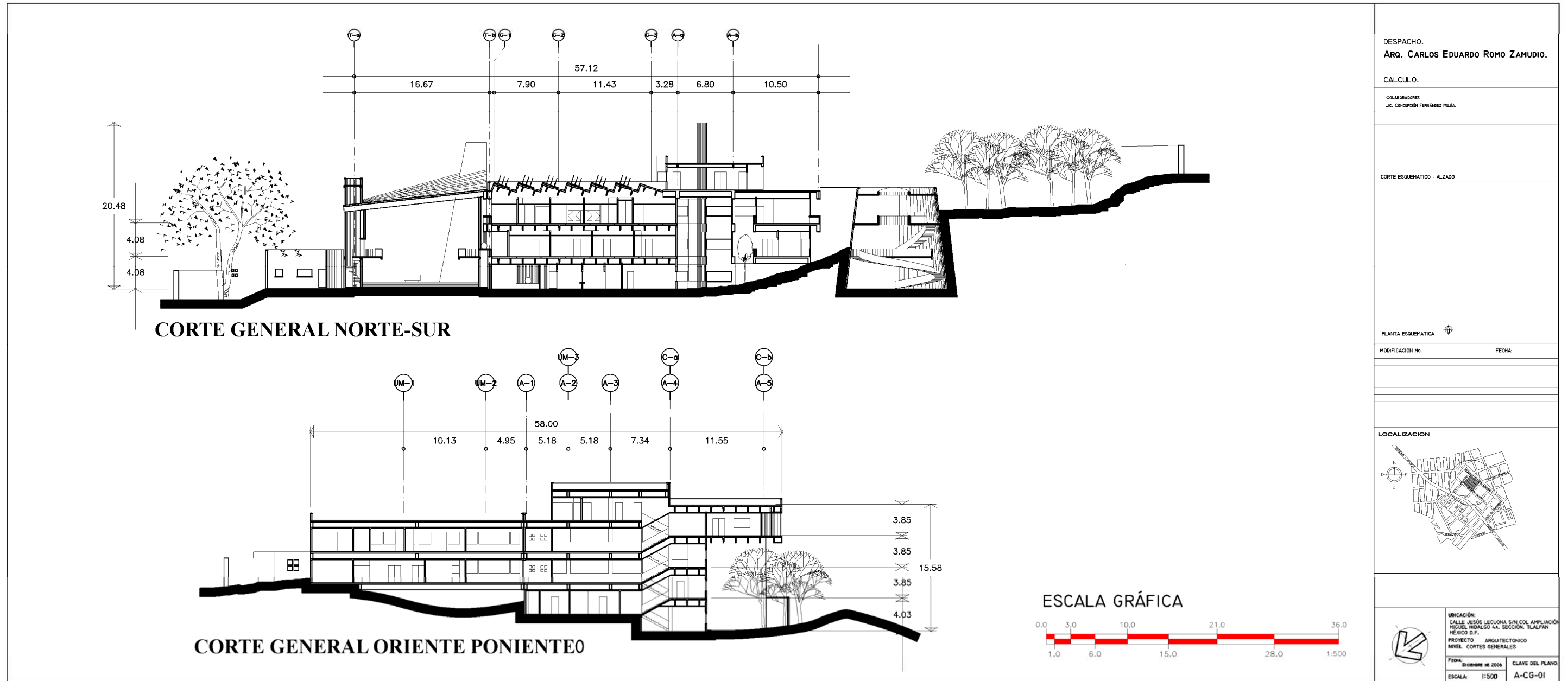
PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.



Figura 12.8. El proyecto arquitectónico. Tercer nivel. CRZ



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
 FACULTAD DE ARQUITECTURA.  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



DESPACHO.  
 ARQ. CARLOS EDUARDO ROMO ZAMUDIO.

CALCULO.

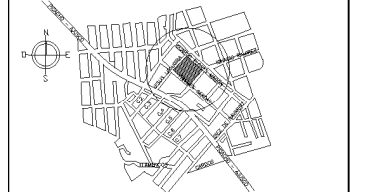
COLABORADORES  
 LIC. CONCEPCION FERNANDEZ MEJIA.

CORTE ESQUEMATICO - ALZADO

PLANTA ESQUEMATICA

MODIFICACION No. FECHA:

LOCALIZACION



UBICACION:  
 CALLE JESUS LEONORA SIN COL AMPLIACION  
 MUNICIPIO HIDALGO LA SECCION, TLALPAM,  
 MEXICO D.F.  
 PROYECTO ARQUITECTONICO  
 NIVEL: CORTES GENERALES

FECHA: Diciembre de 2006 CLAVE DEL PLANO:  
 ESCALA: 1:500 A-CG-01



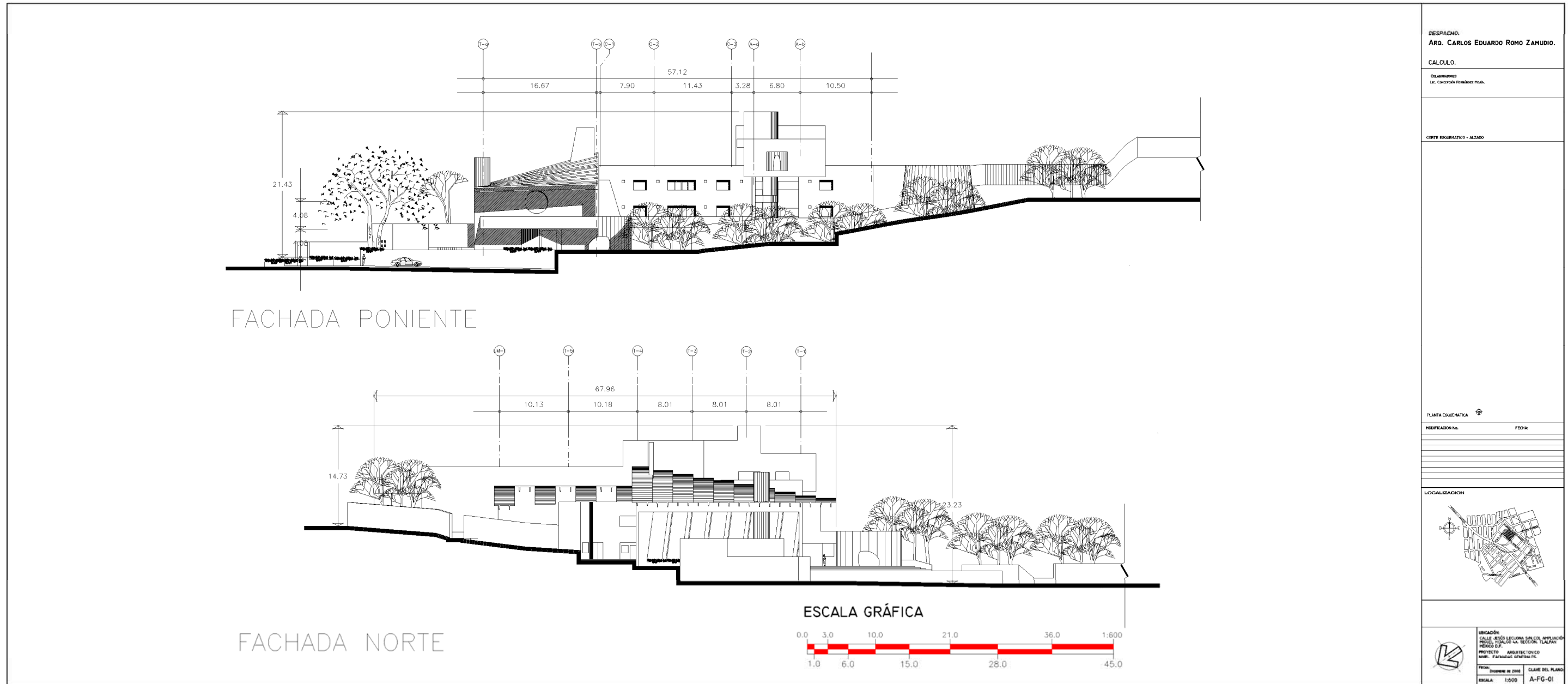
PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAM. D.F.



Figura 12.9. El proyecto arquitectónico. Cortes generales. CRZ



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



**PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPÁN. D.F.**



Figura 12.10. El proyecto arquitectónico. Fachadas genrales. CRZ

## Cálculo Monasterio.ter

Programa Censol 5 (© Censolar): «solar térmica (A.C.S.)»

Nombre del proyecto: (sin nombre)

Ubicación: (particular)

Latitud (°): +19  
 Inclinación (°): 19  
 Desviación N-S (°): 00  
 Corrección de H: 1.00  
 Pérdidas globales (%): 15  
 Tª de acumulación (°C): 45  
 Consumo diario (l): 3750  
 Parámetro b del captador: .85  
 Parámetro m del captador: 5.89  
 Superficie del captador (m²): 2.0

Significado de las columnas:

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Porcentaje de ocupación.</li> <li>2. Consumo mensual en m³</li> <li>3. Temperatura del agua de la red.</li> <li>4. Salto térmico.</li> <li>5. Necesidad energética mensual en termias.</li> <li>6. Necesidad energética mensual en megajoules.</li> <li>7. Necesidad energética diaria en megajoules.</li> <li>8. Radiación solar global en plano horizontal (H)</li> <li>9. H corregida</li> <li>10. Factor de corrección.</li> <li>11. Energía E disponible.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>12. No. de horas de horas de sol útiles.</li> <li>13. Intensidad de la radiación solar (I).</li> <li>14. Temperatura ambiente.</li> <li>15. Parte de la ecuación de rendimiento.</li> <li>16. Rendimiento real del colector expresado en %.</li> <li>17. Aportación solar por m².</li> <li>18. Energía neta disponible al día por m².</li> <li>19. Energía neta disponible al mes por m².</li> <li>20. Energía solar total.</li> <li>21. Porcentaje de sustitución.</li> <li>22. Déficit energético.</li> </ol> |
|---|--|

Proceso numérico del cálculo general:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
ENE:	100	116.3	5.8	39	4536	18960	612	14.7	14.70	1.12	15.5	8.75	492	7	45.5	34.4	5.33	4.53	140.4	10390	55	8570
FEB:	100	105.0	6.9	38	3990	16678	596	21.6	21.60	1.08	21.9	9.25	658	7	34.0	45.9	10.05	8.54	239.1	17693	100	0
MAR:	100	116.3	9.2	36	4187	17502	565	27.3	27.30	1.03	26.4	9.50	772	11	25.9	54.0	14.26	12.12	375.7	27802	100	0
ABR:	100	112.5	11.5	34	3825	15988	533	22.4	22.40	0.98	20.6	9.25	619	12	31.4	48.5	9.99	8.49	254.7	18848	100	0
MAY:	100	116.3	12.7	32	3722	15558	502	21.6	21.60	0.93	18.9	8.75	600	15	29.4	50.5	9.54	8.11	251.4	18604	100	0
JUN:	100	112.5	13.8	31	3488	14580	486	18.0	18.00	0.92	15.6	8.50	510	19	30.0	49.9	7.78	6.61	198.3	14674	100	0
JUL:	100	116.3	15	30	3489	14584	470	17.9	17.90	0.93	15.6	8.75	495	21	28.6	51.3	8.00	6.80	210.8	15599	100	0
AGO:	100	116.3	13.8	31	3605	15069	486	19.7	19.70	0.98	18.1	9.25	544	21	26.0	53.9	9.76	8.30	257.3	19040	100	0
SEP:	100	112.5	12.7	32	3600	15048	502	18.0	18.00	1.04	17.6	9.50	515	19	29.7	50.2	8.84	7.51	225.3	16672	100	0
OCT:	100	116.3	11.5	34	3954	16528	533	16.2	16.20	1.11	16.9	9.25	508	15	34.8	45.1	7.62	6.48	200.9	14867	90	1661
NOV:	100	112.5	9.2	36	4050	16929	564	15.8	15.80	1.15	17.1	8.75	543	10	38.0	41.9	7.16	6.09	182.7	13520	80	3409
DIC:	100	116.3	5.8	39	4536	18960	612	15.4	15.40	1.15	16.6	8.50	542	7	41.3	38.6	6.41	5.45	168.9	12499	66	6461

Demanda anual (MJ): 19,6384

Producción anual (MJ/m²): 2,706

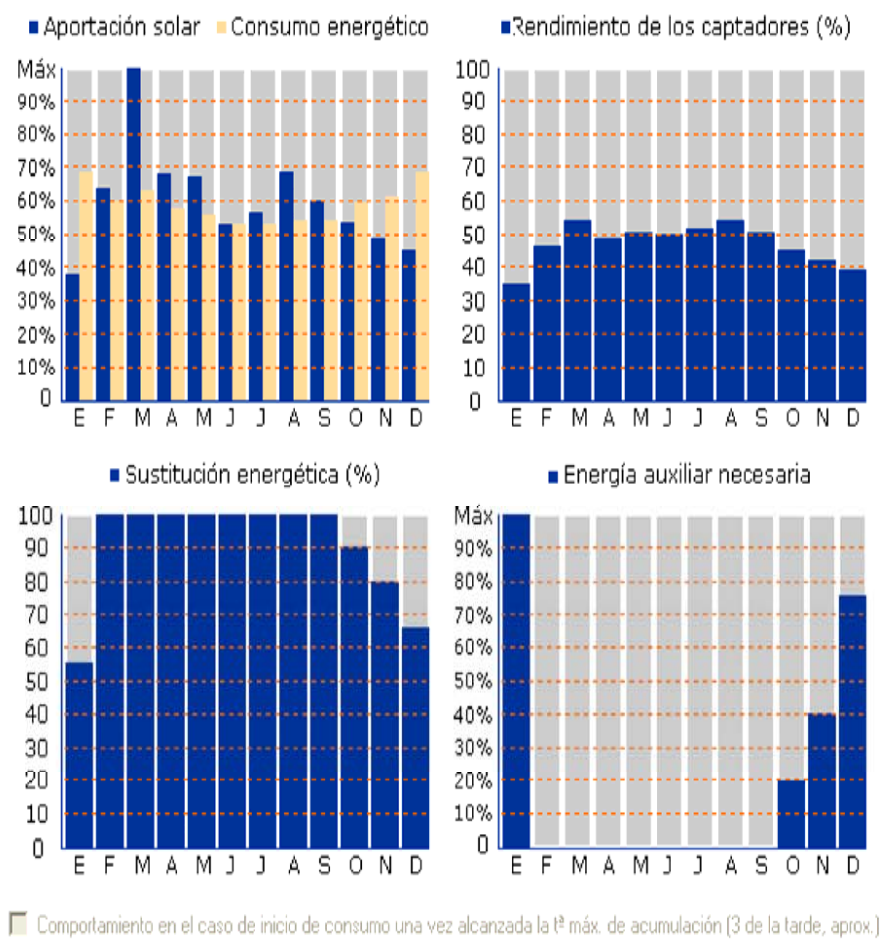
Superficie captadora (m²): 73

**Nº de colectores: 36**

Déficit energético (MJ): 20,101

Aportación solar (%): 89.8

Figura 12.11. **El proyecto solar. Tablas de cálculo. CRZ**



<b>Demanda anual (MJ):</b>	196384	0	236
<b>Producción anual (MJ/m²):</b>	2706	(1.00 × N)	236
<b>Superficie captadora (m²):</b>	73		

<b>Déficit energético (MJ):</b>	20101
<b>Ahorro energético (MJ):</b>	176283
<b>Aportación solar (%):</b>	89.8

© CENSOLAR

Nombre del proyecto: Purísima Concepción

Ubicación: (particular)

Latitud: +19°

Inclinación: 19°

Desviación N-S: 00°

Corrección de H: ×1.00

Pérdidas globales: 15%

Tª de acumulación: 45°C

Consumo diario (l): 3750

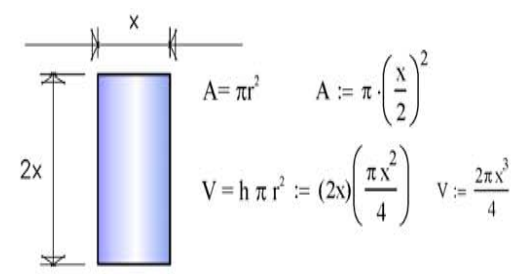
**Captador**

Parámetro b: 0.85

Parámetro m: 5.89

Superficie (m²): 2.00

**Volumen del acumulador:**  
 Volumen óptimo de acumulación = 70 litros/m² de colector.  
 70 litros/m² de colector instalado = 73.00 x 70.00 = 5,110 litros  
 Se definen entonces 2 depósitos de 2600 litros de capacidad  
 La capacidad instalada de almacenamiento será de 5,202 litros:  
 Dimensiones nominales de los acumuladores  
 Radio nominal = 0.60 m  
 Diámetro = 1.20 m  
 Altura = 2.30 m



Despejando x:

$$x := \sqrt[3]{\frac{4V}{2\pi}}$$

x = diámetro = 1.183 m.

$$\frac{x}{2} = \text{radio} = 0.591 \text{ m.}$$

2x = h = 2.366 m.

Figura 12.12. El proyecto solar. Gráficas de rendimiento. CRZ





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.  
FACULTAD DE ARQUITECTURA.  
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
Campo de Conocimiento: Tecnología.

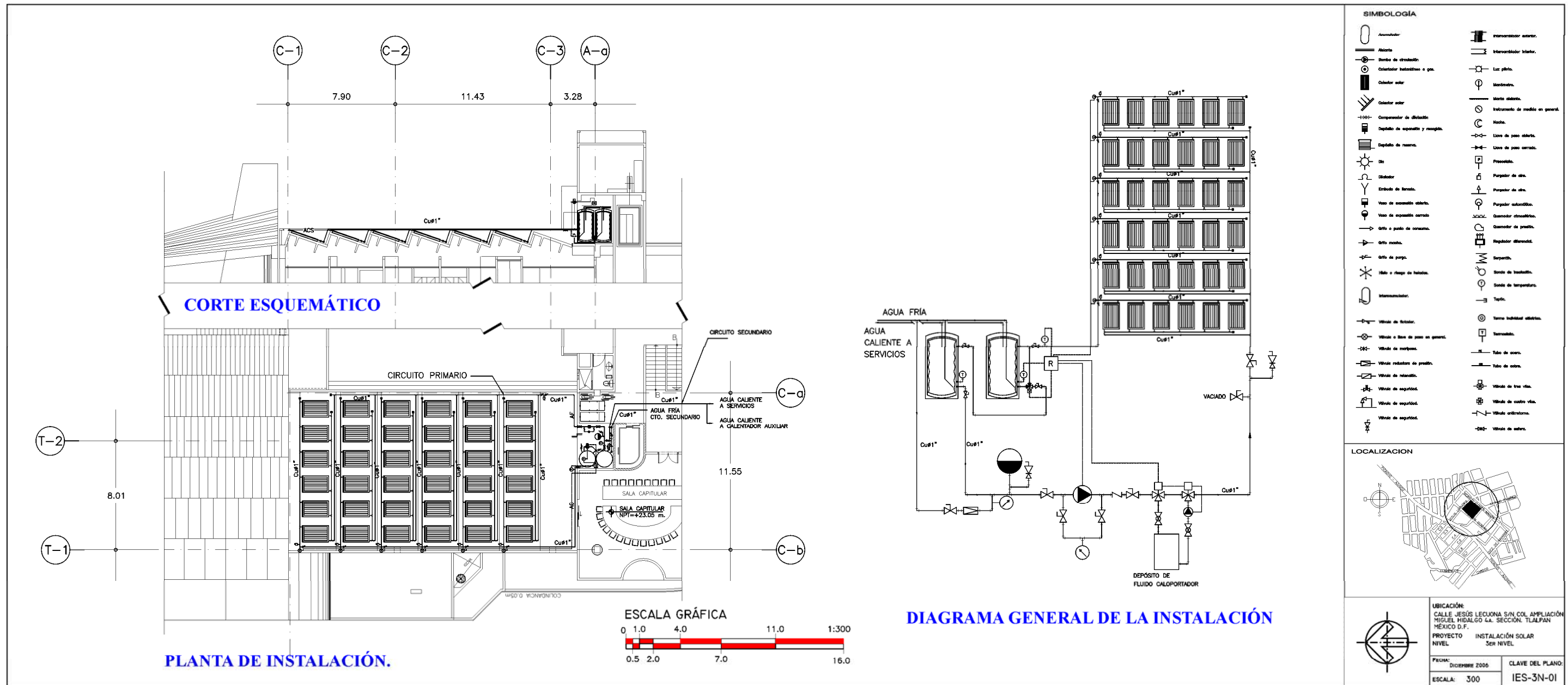


Figura 12.13. El proyecto solar. Plano de instalación. CRZ

PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
**Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.**  
**Campo de Conocimiento: Tecnología.**



**PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR**

Proyecto: Monasterio de la Purísima Concepción  
 Presupuesto para una instalación de A.C.S. en Tlalpan. D.F.

1.- MATERIAL SOLAR			
Cantidad	Unidad	Descripción	Importe
36	pza.	Colector plano de cobre con marco de acero inoxidable y cubierta de cristal templado de 4 mm. de espesor. Superficie de 1.9 m <sup>2</sup> con accesorios de conexión.	\$286,218.40
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 1			\$286,218.40
2.- MATERIAL HIDRÁULICO			
Cantidad	Unidad	Descripción	Importe
2	pza.	Interacumulador de 2600 litros con intercambiador de doble envolvente con una superficie de intercambio de 23.00 m <sup>2</sup> , accesorios, sondas y elementos de conexión.	\$123,405.76
2	pza.	Bombas de circulación de 1/4 H.P.	\$4,663.72
1	pza.	Vaso de expansión cerrado de 300 litros de capacidad con orificio de 1 1/2".	\$7,907.30
6	pza.	Purgador automático de 114 cm <sup>3</sup> .	\$3,197.49
2	pza.	Manómetros de 0-5 kg	\$44.54
9	pza.	Termómetros de contacto (-20°C a 100°C)	\$1,866.64
2	pza.	Válvula de seguridad de resorte de hierro fundido, obturador y vástago de acero inoxidable, prensa estopas de latón y estopada de amianto grafitado y muelle de acero especial.	\$338.76
3	pza.	Válvula de 3 vías.	\$4,467.84
2	pza.	Macho de vaciado.	\$174.66
2	pza.	Llaves de nariz (grifos)	\$38.94
1	pza.	Válvulas antirretorno (check) de clapeta.	\$190.86
13	pza.	Válvulas de bola.	\$2,104.05
1	pza.	Válvula reductora de presión.	\$932.00
1	pza.	Filtro colador.	\$44.83
60	litro	Líquido anticongelante. (etilenglicol)	\$4,061.67
125	tramo	Tubería de cobre de 1" (25 mm) de diámetro, en tramos de 6.10 m. (263 m.)	\$9,112.50
50	pza.	Tuerca unión de 1"	\$850.00
105	pza.	Derivación en "T"	\$829.50
23	pza.	Codo de 90°	\$80.50

Proyecto: Monasterio de la Purísima Concepción  
 Presupuesto para una instalación de A.C.S. en Tlalpan. D.F.

36	pza.	Manguitos (coples) para conexión de colectores	\$11.99	\$431.64
12	pza.	Tapón hembra.	\$16.91	\$202.92
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 2			\$164,946.13	
3.- MATERIAL ELÉCTRICO.				
Cantidad	Unidad	Descripción	Importe	
1	pza.	Termostato diferencial con sondas de inmersión y regulación de temperatura de 2 a 20°C	\$3,600.78	\$3,600.78
1	lote.	Material eléctrico para automatización, pulsadores de marcha-parada, lámparas de señalización, relés, con cables de diversas secciones.	\$265.00	\$265.00
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 3			\$3,865.78	
4.- MATERIAL AISLANTE				
Cantidad	Unidad	Descripción	Importe	
580	pza.	(263 m.) medias cañas de lana mineral de 91 cm. de longitud para tubería de Ø1" x 1 1/2" de espesor	\$61.41	\$35,617.80
580	pza.	(263 m.) Cubierta de fieltro asfáltico de 1 m. de longitud para tubería de Ø1" x 1" de espesor.	\$2.96	\$1,716.80
53	pza.	(263 m.) Cubierta de aluminio lisa cal. 26 de 91 cm. de longitud para tubería de Ø3/4" x 1" de espesor.	\$25.08	\$1,329.24
790	pza.	Cinturones de aluminio de 1/2" para tubería de Ø1" x 1" para sujetar el aluminio a razón de 3 por pieza.	\$1.66	\$1,311.40
35	pza.	Placa de lana mineral con densidad de 8 lb/ft <sup>3</sup> de 0.61 x 1.22 x 0.038 m (2' x 4' x 1 1/2")	\$40.70	\$1,424.50
30	litro.	Pintura butílica.	\$48.00	\$1,440.00
1	lote.	Casquetes aislantes desmontables para accesorios, flejes para unión, juntas, etc.	\$400.00	\$400.00
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 4			\$43,239.74	

Proyecto: Monasterio de la Purísima Concepción  
 Presupuesto para una instalación de A.C.S. en Tlalpan. D.F.

5.- ESTRUCTURA				
Cantidad	Unidad	Descripción	P.U.*	Importe
6	lote	Bastidor de montaje para captador vertical (6 colectores) Para montar 6 captadores sobre superficie horizontal o elevados sobre tejado. Aluminio, con ángulo de elevación fijo según deseo del cliente. Dimensiones (12900 x 2033 mm).	\$10,617.97	\$63,707.79
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 5			\$63,707.79	
6.- INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA.				
Cantidad	Unidad	Descripción	Importe	
10	hor.	Plomero	\$287.13	\$2,871.30
10	hor.	1 herrero	\$287.13	\$2,871.30
2	hor.	1 electricista	\$287.13	\$574.26
20	hor.	2 ayudantes (plomero y herrero)	\$197.44	\$3,948.80
PRESUPUESTO TOTAL DE LA PARTIDA 6			\$10,265.66	
RESUMEN				
Materiales			\$561,977.84	
Mano de obra			\$10,265.66	
Acarreo de materiales.			\$73,057.12	
Presupuesto contrata			\$645,300.62	
Presupuesto control de calidad (1%)			\$6,453.01	
Imprevistos (5%)			\$32,265.03	
Honorarios Profesionales (6.04%)			\$38,976.16	
Iva (15%)			\$96,795.09	
<b>Presupuesto Total</b>			<b>\$819,789.91</b>	

**Ochocientos diecinueve mil setecientos ochenta y nueve pesos 91/100 M.N.**

\*.- Precio en moneda nacional.



Figura 12.14. El proyecto solar. Presupuesto de obra. CRZ

**PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



**PRESUPUESTO DE OBRA**

**Proyecto: Monasterio de la Purísima Concepción**  
**PROGRAMA FINANCIERO Y DE OBRA**

**FLUJO DE EFECTIVO**

No.	Concepto	Importes	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	Costo del terreno	donación*																					
2	Preliminares.	\$112,016.44	0.37%	\$56,008.22	\$56,008.22																		
3	Cimentaciones.	\$1,451,956.06	4.75%		\$483,985.35	\$483,985.35	\$483,985.35																
4	Drenajes.	\$580,782.42	1.90%				\$290,391.21	\$290,391.21															
5	Estructura.	\$3,775,085.75	12.36%			\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96	\$539,297.96									
6	Muros.	\$2,903,912.11	9.50%						\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03											
7	Pisos.	\$1,742,347.27	5.70%									\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42									
8	Azotea.	\$2,323,129.69	7.60%										\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42						
9	Aplanados.	\$290,391.21	0.95%							\$96,797.07	\$96,797.07	\$96,797.07											
10	Recubrimientos.	\$871,173.63	2.85%											\$435,586.82	\$435,586.82								
11	Instalación Hidrosanitaria	\$2,323,129.69	7.60%							\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42	\$580,782.42										
12	Muebles de baño.	\$1,161,564.85	3.80%										\$580,782.42	\$580,782.42									
13	Instalación Eléctrica.	\$1,742,347.27	5.70%				\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21										
14	Herrería.	\$1,161,564.85	3.80%												\$387,188.28	\$387,188.28	\$387,188.28						
15	Carpintería.	\$2,903,912.11	9.50%													\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03				
16	Cerrajería.	\$290,391.21	0.95%																\$145,195.61	\$145,195.61			
17	Vidriería	\$580,782.42	1.90%																\$193,594.14	\$193,594.14	\$193,594.14		
18	Yesería	\$580,782.42	1.90%										\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61							
19	Pintura	\$871,173.63	2.85%												\$290,391.21	\$290,391.21	\$290,391.21						
20	Limpieza y varios.	\$290,391.21	0.95%		\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	\$16,132.85	
21	Proyectos y permisos.	\$871,173.63	2.85%	\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61	\$145,195.61														
22	Obras exteriores.	\$2,903,912.11	9.50%																\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03	\$725,978.03	
	<b>Subtotal</b>	<b>\$29,731,920.00</b>	<b>97.32%</b>																				
23	<b>INSTALACIÓN SOLAR.</b>	<b>\$819,789.91</b>	<b>2.68%</b>																		<b>\$273,263.30</b>	<b>\$273,263.30</b>	
	<b>Total CD</b>	<b>\$30,551,709.91</b>	<b>100%</b>																				
				Subtotal	\$201,203.83	\$701,322.03	\$1,184,611.77	\$1,475,002.98	\$1,281,408.84	\$1,716,995.65	\$2,152,582.47	\$2,249,379.54	\$2,830,161.96	\$2,871,646.42	\$2,339,262.54	\$1,855,277.18	\$2,145,668.39	\$1,419,690.37	\$742,110.87	\$1,806,878.65	\$1,354,163.92	\$1,208,968.32	\$1,015,374.18
				IVA	\$30,180.57	\$105,198.30	\$177,691.77	\$221,250.45	\$192,211.33	\$257,549.35	\$322,887.37	\$337,406.93	\$424,524.29	\$430,746.96	\$350,889.38	\$278,291.58	\$321,850.26	\$212,953.55	\$111,316.63	\$271,031.80	\$203,124.59	\$181,345.25	\$152,306.13
				<b>TOTALES</b>	<b>\$231,384.40</b>	<b>\$806,520.33</b>	<b>\$1,362,303.53</b>	<b>\$1,696,253.42</b>	<b>\$1,473,620.16</b>	<b>\$1,974,545.00</b>	<b>\$2,475,469.84</b>	<b>\$2,586,786.47</b>	<b>\$3,254,686.26</b>	<b>\$3,302,393.39</b>	<b>\$2,690,151.92</b>	<b>\$2,133,568.76</b>	<b>\$2,467,518.65</b>	<b>\$1,632,643.92</b>	<b>\$853,427.50</b>	<b>\$2,077,910.45</b>	<b>\$1,557,288.51</b>	<b>\$1,390,313.57</b>	<b>\$1,167,680.30</b>
				<b>Total acumulado</b>	<b>\$231,384.40</b>	<b>\$1,037,904.73</b>	<b>\$2,400,208.26</b>	<b>\$4,096,461.69</b>	<b>\$5,570,081.85</b>	<b>\$7,544,626.85</b>	<b>\$10,020,096.70</b>	<b>\$12,606,883.17</b>	<b>\$15,861,569.43</b>	<b>\$19,163,962.81</b>	<b>\$21,854,114.73</b>	<b>\$23,987,683.49</b>	<b>\$26,455,202.14</b>	<b>\$28,087,846.07</b>	<b>\$28,941,273.57</b>	<b>\$31,019,184.02</b>	<b>\$32,576,472.53</b>	<b>\$33,966,786.09</b>	<b>\$35,134,466.40</b>

\* El terreno, como se explicó en la introducción se consideró como una donación al subdividir el predio en donde se encuentra actualmente la Parroquia Cristo Obrero. Para fines informativos, el costo del terreno es de \$4,230,000.00 M.N. y un valor catastral del suelo de \$1,070,190 M.N. en base al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano.



Figura 12.15. El proyecto solar. Calendario financiero y de obra. CRZ

**PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.**





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
**Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.**  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



**Análisis económico de la instalación solar.**

CENSOL 4.0 (Windows-16 bit), © PROGNSA, 1998-2000

Fecha: 01-01-07  
 Aplicación: Análisis económico  
 (C:\INFORM~1\CARLOS\MAESTRÍA\3ER~1.SEM\ANALIS~1\TRABAJ~1\MONASTV4.ECO)  
 (u.m.): pesos

DATOS	RESULTADOS
Años de vida de la instalación:	25
Inversión diferencial (u.m.):	503340
Ahorro (u.m.):	63233
Mantenimiento (u.m.):	5000
Índice real de inflación (%):	4.09
Incremento de precios (%):	4.29
Interés financiero (%):	2.06

**Ahorro neto anual (u.m.):**

Año 1:	60 741
Año 2:	63 357
Año 3:	66 086
Año 4:	68 933
Año 5:	71 902
Año 6:	74 998
Año 7:	78 229
Año 8:	81 598
Año 9:	85 112
Año 10:	88 778
Año 11:	92 601
Año 12:	96 589
Año 13:	100 749
Año 14:	105 088
Año 15:	109 614
Año 16:	114 335
Año 17:	119 259
Año 18:	124 395
Año 19:	129 752
Año 20:	135 340
Año 21:	141 168
Año 22:	147 247
Año 23:	153 588
Año 24:	160 202
Año 25:	167 101

Análisis elaborado en el programa Censol 4 en donde no se considera financiamiento en la inversión solar.

20070101\_analisis económico.Censol 5.eco  
 Programa Censol 5 (@ censolar): «análisis económico»

Nombre del proyecto: Monasterio de la Purísima Concepción  
 Vida útil de la instalación (años): 25  
 Energía anual ahorrada o vendida (u.e.): 176283  
 » Precio (u.m/u.e): 1.24  
 » Incremento anual (%): 03.7  
 Inversión diferencial (u.m.): 503340  
 Mantenimiento anual (u.m.): 5000  
 Índice anual de inflación (%): 04.1  
 Interés anual del dinero (%): 02.1  
 Retorno de la inversión (años): 2  
 Tasa de rentabilidad interna (%): 54.1

Columna 1: año  
 Columna 2: ahorros o ingresos netos generados  
 Columna 3: beneficio neto referido al primer año  
 Columna 4: cuota fija del préstamo  
 Columna 5: gastos financieros del préstamo  
 Columna 6: cantidad amortizada del préstamo  
 Columna 7: cantidad pendiente de pago del préstamo

01:	219207	-211667	109983	8773	101210	316562
02:	224970	4162	109983	6648	103335	213227
03:	230883	218873	109983	4478	105506	107721
04:	236950	432483	109983	2262	107721	0
05:	243176	645006				
06:	249564	854420				
07:	256118	1062818				
08:	262843	1270217				
09:	269744	1476627				
10:	276824	1682065				
11:	284088	1886541				
12:	291542	2090070				
13:	299189	2292665				
14:	307035	2494338				
15:	315086	2695102				
16:	323345	2894970				
17:	331819	3093953				
18:	340513	3292064				
19:	349433	3489315				
20:	358584	3685718				
21:	367973	3881284				
22:	377605	4076025				
23:	387487	4269952				
24:	397624	4463077				
25:	408025	4655410				

Análisis elaborado en el programa Censol 5 en donde se considera financiamiento bancario en la inversión solar.

Tabla de amortización de la instalación solar					
Tasa de interés anualizada = 25%					
1	2	3	4	5	6
	(2-3)		I(mes)x(col 2)	(3)+(4)	? col 5 / 48
Mes	Saldo insoluto	amortización	Intereses	Pagos totales	Pagos mensuales fijos
1	\$819,789.91	\$17,078.96	\$16,845.00	\$33,923.95	\$25,676.92
2	\$802,710.95	\$17,078.96	\$16,494.06	\$33,573.02	\$25,676.92
3	\$785,632.00	\$17,078.96	\$16,143.12	\$33,222.08	\$25,676.92
4	\$768,553.04	\$17,078.96	\$15,792.19	\$32,871.14	\$25,676.92
5	\$751,474.08	\$17,078.96	\$15,441.25	\$32,520.20	\$25,676.92
6	\$734,395.13	\$17,078.96	\$15,090.31	\$32,169.27	\$25,676.92
7	\$717,316.17	\$17,078.96	\$14,739.37	\$31,818.33	\$25,676.92
8	\$700,237.21	\$17,078.96	\$14,388.44	\$31,467.39	\$25,676.92
9	\$683,158.26	\$17,078.96	\$14,037.50	\$31,116.45	\$25,676.92
10	\$666,079.30	\$17,078.96	\$13,686.56	\$30,765.52	\$25,676.92
11	\$649,000.35	\$17,078.96	\$13,335.62	\$30,414.58	\$25,676.92
12	\$631,921.39	\$17,078.96	\$12,984.69	\$30,063.64	\$25,676.92
13	\$614,842.43	\$17,078.96	\$12,633.75	\$29,712.71	\$25,676.92
14	\$597,763.48	\$17,078.96	\$12,282.81	\$29,361.77	\$25,676.92
15	\$580,684.52	\$17,078.96	\$11,931.87	\$29,010.83	\$25,676.92
16	\$563,605.56	\$17,078.96	\$11,580.94	\$28,659.89	\$25,676.92
17	\$546,526.61	\$17,078.96	\$11,230.00	\$28,308.96	\$25,676.92
18	\$529,447.65	\$17,078.96	\$10,879.06	\$27,958.02	\$25,676.92
19	\$512,368.69	\$17,078.96	\$10,528.12	\$27,607.08	\$25,676.92
20	\$495,289.74	\$17,078.96	\$10,177.19	\$27,256.14	\$25,676.92
21	\$478,210.78	\$17,078.96	\$9,826.25	\$26,905.21	\$25,676.92
22	\$461,131.82	\$17,078.96	\$9,475.31	\$26,554.27	\$25,676.92
23	\$444,052.87	\$17,078.96	\$9,124.37	\$26,203.33	\$25,676.92
24	\$426,973.91	\$17,078.96	\$8,773.44	\$25,852.39	\$25,676.92
25	\$409,894.96	\$17,078.96	\$8,422.50	\$25,501.46	\$25,676.92
26	\$392,816.00	\$17,078.96	\$8,071.56	\$25,150.52	\$25,676.92
27	\$375,737.04	\$17,078.96	\$7,720.62	\$24,799.58	\$25,676.92
28	\$358,658.09	\$17,078.96	\$7,369.69	\$24,448.64	\$25,676.92
29	\$341,579.13	\$17,078.96	\$7,018.75	\$24,097.71	\$25,676.92
30	\$324,500.17	\$17,078.96	\$6,667.81	\$23,746.77	\$25,676.92
31	\$307,421.22	\$17,078.96	\$6,316.87	\$23,395.83	\$25,676.92
32	\$290,342.26	\$17,078.96	\$5,965.94	\$23,044.89	\$25,676.92
33	\$273,263.30	\$17,078.96	\$5,615.00	\$22,693.96	\$25,676.92
34	\$256,184.35	\$17,078.96	\$5,264.06	\$22,343.02	\$25,676.92
35	\$239,105.39	\$17,078.96	\$4,913.12	\$21,992.08	\$25,676.92
36	\$222,026.43	\$17,078.96	\$4,562.19	\$21,641.14	\$25,676.92
37	\$204,947.48	\$17,078.96	\$4,211.25	\$21,290.21	\$25,676.92
38	\$187,868.52	\$17,078.96	\$3,860.31	\$20,939.27	\$25,676.92
39	\$170,789.56	\$17,078.96	\$3,509.37	\$20,588.33	\$25,676.92
40	\$153,710.61	\$17,078.96	\$3,158.44	\$20,237.39	\$25,676.92
41	\$136,631.65	\$17,078.96	\$2,807.50	\$19,886.46	\$25,676.92
42	\$119,552.70	\$17,078.96	\$2,456.56	\$19,535.52	\$25,676.92
43	\$102,473.74	\$17,078.96	\$2,105.62	\$19,184.58	\$25,676.92
44	\$85,394.78	\$17,078.96	\$1,754.69	\$18,833.64	\$25,676.92
45	\$68,315.83	\$17,078.96	\$1,403.75	\$18,482.71	\$25,676.92
46	\$51,236.87	\$17,078.96	\$1,052.81	\$18,131.77	\$25,676.92
47	\$34,157.91	\$17,078.96	\$701.87	\$17,780.83	\$25,676.92
48	\$17,078.96	\$17,078.96	\$350.94	\$17,429.89	\$25,676.92
Σ =	\$819,789.91	\$819,789.91	\$412,702.45	\$1,232,492.36	



Figura 12.16. El proyecto solar. Análisis económico. CRZ

PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA.**  
 Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura.  
 Campo de Conocimiento: Tecnología.



**TABLA DE AMORTIZACIÓN DE LA OBRA DEL MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN**

Tabla de amortización de la obra					
Tasa de interés anualizada		25%			
1	2	3	4	5	6
	(2-3)		l(mes)x(col 2)	(3)+(4)	?col 5 / 48
	Saldo insoluto	amortización	Intereses	Pagos totales	Pagos mensuales fijos
1	\$30,551,709.91	\$636,493.96	\$627,774.86	\$1,264,268.82	\$956,920.71
2	\$29,915,215.95	\$636,493.96	\$614,696.22	\$1,251,190.17	\$956,920.71
3	\$29,278,722.00	\$636,493.96	\$601,617.58	\$1,238,111.53	\$956,920.71
4	\$28,642,228.04	\$636,493.96	\$588,538.93	\$1,225,032.89	\$956,920.71
5	\$28,005,734.08	\$636,493.96	\$575,460.29	\$1,211,954.25	\$956,920.71
6	\$27,369,240.13	\$636,493.96	\$562,381.65	\$1,198,875.60	\$956,920.71
7	\$26,732,746.17	\$636,493.96	\$549,303.00	\$1,185,796.96	\$956,920.71
8	\$26,096,252.21	\$636,493.96	\$536,224.36	\$1,172,718.32	\$956,920.71
9	\$25,459,758.26	\$636,493.96	\$523,145.72	\$1,159,639.67	\$956,920.71
10	\$24,823,264.30	\$636,493.96	\$510,067.07	\$1,146,561.03	\$956,920.71
11	\$24,186,770.35	\$636,493.96	\$496,988.43	\$1,133,482.39	\$956,920.71
12	\$23,550,276.39	\$636,493.96	\$483,909.79	\$1,120,403.75	\$956,920.71
13	\$22,913,782.43	\$636,493.96	\$470,831.15	\$1,107,325.10	\$956,920.71
14	\$22,277,288.48	\$636,493.96	\$457,752.50	\$1,094,246.46	\$956,920.71
15	\$21,640,794.52	\$636,493.96	\$444,673.86	\$1,081,167.82	\$956,920.71
16	\$21,004,300.56	\$636,493.96	\$431,595.22	\$1,068,089.17	\$956,920.71
17	\$20,367,806.61	\$636,493.96	\$418,516.57	\$1,055,010.53	\$956,920.71
18	\$19,731,312.65	\$636,493.96	\$405,437.93	\$1,041,931.89	\$956,920.71
19	\$19,094,818.69	\$636,493.96	\$392,359.29	\$1,028,853.24	\$956,920.71
20	\$18,458,324.74	\$636,493.96	\$379,280.65	\$1,015,774.60	\$956,920.71
21	\$17,821,830.78	\$636,493.96	\$366,202.00	\$1,002,695.96	\$956,920.71
22	\$17,185,336.82	\$636,493.96	\$353,123.36	\$989,617.32	\$956,920.71
23	\$16,548,842.87	\$636,493.96	\$340,044.72	\$976,538.67	\$956,920.71
24	\$15,912,348.91	\$636,493.96	\$326,966.07	\$963,460.03	\$956,920.71
25	\$15,275,854.96	\$636,493.96	\$313,887.43	\$950,381.39	\$956,920.71

Tabla de amortización de la obra					
Tasa de interés anualizada		25%			
1	2	3	4	5	6
	(2-3)		l(mes)x(col 2)	(3)+(4)	?col 5 / 48
	Saldo insoluto	amortización	Intereses	Pagos totales	Pagos mensuales fijos
26	\$14,639,361.00	\$636,493.96	\$300,808.79	\$937,302.74	\$956,920.71
27	\$14,002,867.04	\$636,493.96	\$287,730.14	\$924,224.10	\$956,920.71
28	\$13,366,373.09	\$636,493.96	\$274,651.50	\$911,145.46	\$956,920.71
29	\$12,729,879.13	\$636,493.96	\$261,572.86	\$898,066.82	\$956,920.71
30	\$12,093,385.17	\$636,493.96	\$248,494.22	\$884,988.17	\$956,920.71
31	\$11,456,891.22	\$636,493.96	\$235,415.57	\$871,909.53	\$956,920.71
32	\$10,820,397.26	\$636,493.96	\$222,336.93	\$858,830.89	\$956,920.71
33	\$10,183,903.30	\$636,493.96	\$209,258.29	\$845,752.24	\$956,920.71
34	\$9,547,409.35	\$636,493.96	\$196,179.64	\$832,673.60	\$956,920.71
35	\$8,910,915.39	\$636,493.96	\$183,101.00	\$819,594.96	\$956,920.71
36	\$8,274,421.43	\$636,493.96	\$170,022.36	\$806,516.31	\$956,920.71
37	\$7,637,927.48	\$636,493.96	\$156,943.72	\$793,437.67	\$956,920.71
38	\$7,001,433.52	\$636,493.96	\$143,865.07	\$780,359.03	\$956,920.71
39	\$6,364,939.56	\$636,493.96	\$130,786.43	\$767,280.39	\$956,920.71
40	\$5,728,445.61	\$636,493.96	\$117,707.79	\$754,201.74	\$956,920.71
41	\$5,091,951.65	\$636,493.96	\$104,629.14	\$741,123.10	\$956,920.71
42	\$4,455,457.70	\$636,493.96	\$91,550.50	\$728,044.46	\$956,920.71
43	\$3,818,963.74	\$636,493.96	\$78,471.86	\$714,965.81	\$956,920.71
44	\$3,182,469.78	\$636,493.96	\$65,393.21	\$701,887.17	\$956,920.71
45	\$2,545,975.83	\$636,493.96	\$52,314.57	\$688,808.53	\$956,920.71
46	\$1,909,481.87	\$636,493.96	\$39,235.93	\$675,729.89	\$956,920.71
47	\$1,272,987.91	\$636,493.96	\$26,157.29	\$662,651.24	\$956,920.71
48	\$636,493.96	\$636,493.96	\$13,078.64	\$649,572.60	\$956,920.71
<b>Σ =</b>		\$30,551,709.91	\$15,380,484.10	<b>\$45,932,194.01</b>	



Figura 12.17. El proyecto solar. Análisis económico. CRZ

PROYECTO DE INVERSIÓN SOLAR: MONASTERIO DE LA PURÍSIMA CONCEPCIÓN, TLALPAN. D.F.





PRESUPUESTO DE OBRA

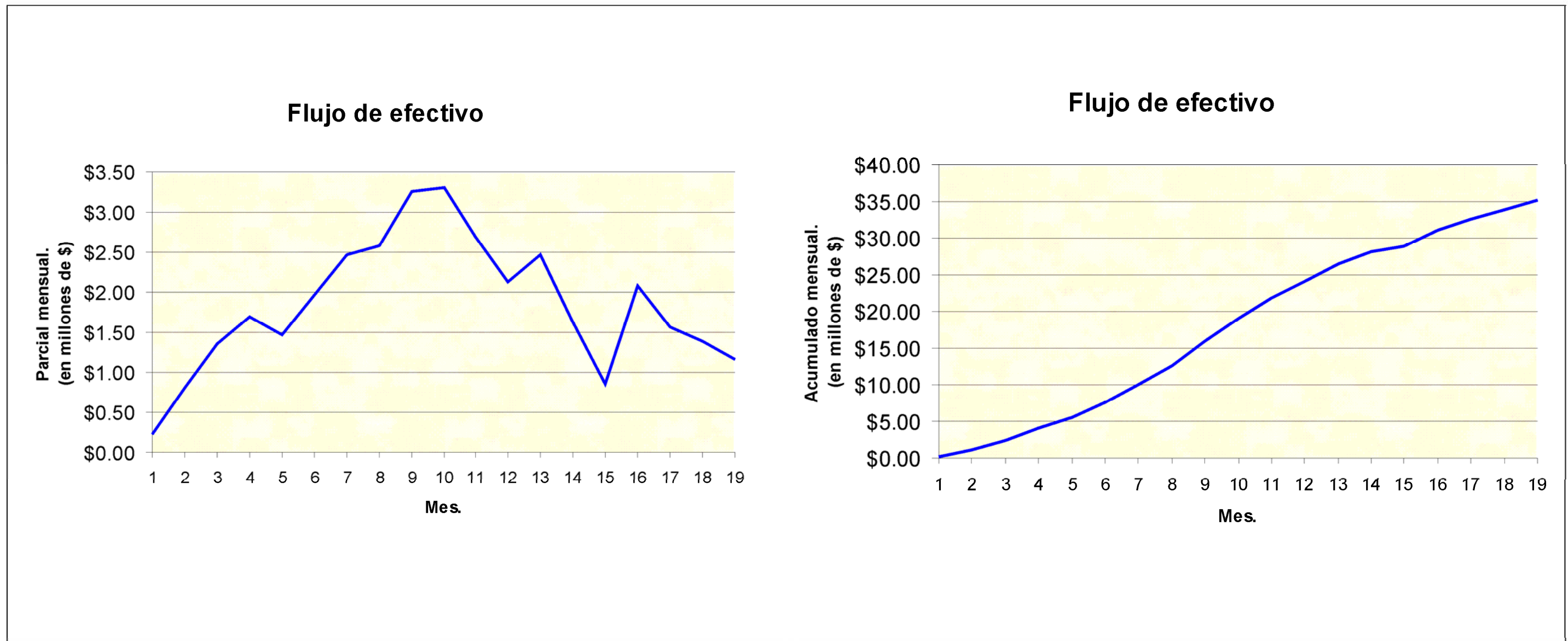


Figura 12.18. El proyecto solar. Flujos de efectivo. CRZ.

### 13. **NORMATIVIDAD Y REGLAMENTACIÓN**

El día 7 de abril de 2006, se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-008-AMBT-2005 que establece las especificaciones técnicas para el aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento de agua en albercas, fosas de clavados, regaderas, lavamanos, usos de cocina, lavanderías y tintorerías.

Esta norma se emitió de acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático Global de las Naciones Unidas para la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero y cuyo objetivo es establecer los criterios de aprovechamiento de la energía solar en el calentamiento del agua; los requerimientos mínimos de calidad; especificaciones técnicas de la instalación, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas para calentamiento solar de agua.



Figura 13.1  
Sistema de colectores planos para calentamiento de agua de la alberca de olas del Centro Asturiano. CRZ

Las especificaciones generales que menciona son las siguientes:

1. Las albercas y fosas de clavados, que inicien actividades a partir del día siguiente de la publicación de la norma, así como las que se remodelen totalmente, que se encuentren en el Distrito Federal y que utilicen agua caliente, instalarán un sistema de calentamiento de agua por medio de la energía solar.
2. Los establecimientos medianos (51 a 100 empleados) y grandes (más de 100 empleados) que inicien actividades a partir del día siguiente de la publicación de la norma, así como los que efectúen remodelación total y que requieran agua caliente instalarán sistemas de aprovechamiento de la energía solar para su uso en regaderas y/o lavamanos; cocina y servicios de tintorería y lavandería.
3. Su capacidad mínima será por lo menos el 30% del consumo energético anual por utilización de agua caliente (CEA)

4. Se determina la siguiente fórmula para albercas y fosas de clavados:

$$CEA = V * \rho * C_p * \Delta t * t$$

De dónde:

- CEA. Consumo energético anual (KJ/año)
- V. volumen de la alberca (l/día)
- $\rho$  densidad del agua (1kg/l)
- $C_p$  calor específico del agua (4.19 kJ/kg °C)
- $\Delta t$  Pérdida promedio de temperatura nocturna en la alberca o el foso de clavados (2.5 °C)
- t tiempo de operación del establecimiento al año (días/año).

5. Cálculo del CEA en establecimientos medianos (51 a 100 empleados) y grandes (más de 100 empleados) con uso de agua caliente para cocinas, regaderas y lavamanos.

$$CEA = P * DA * PAC * \rho * C_p (T_2 - T_1) t$$

De dónde:

- CEA. Consumo energético anual (kJ/año)
- P Cantidad de usuarios.
- DA Dotación de agua potable por género de edificio.<sup>1</sup>
- PAC Porcentaje de agua caliente utilizada en relación a la dotación de agua caliente = 30%
- $\rho$  densidad del agua (1kg/l)
- $C_p$  calor específico del agua (4.19 kJ/kg °C)
- $T_1$  Temperatura del agua de red = 15.5° C
- $T_2$  Temperatura de agua caliente requerida, para aplicación de la norma = 50° C
- t tiempo de operación del establecimiento al año (días/año).

6. Cálculo del CEA en establecimientos medianos (51 a 100 empleados) y grandes (más de 100 empleados) con uso de agua caliente para tintorerías y lavanderías.

De donde:

- CEA. Consumo energético anual (kJ/año)
- RAC peso promedio de la ropa lavada con agua caliente (kg).
- DA Dotación mínima de agua potable
- $\rho$  densidad del agua (1kg/l)
- $C_p$  calor específico del agua (4.19 kJ/kg °C)
- $T_1$  Temperatura del agua de red = 15.5° C
- $T_2$  Temperatura de agua caliente requerida, para aplicación de la norma = 50° C
- t tiempo de operación del establecimiento al año (días/año).

$$CEA = DA * RAC * r * C_p * (T_2 - T_1) * t$$

7. Los establecimientos imposibilitados físicamente para cumplir con el porcentaje de contribución solar, ya sea por insuficiencia de la superficie disponible, sombras, orientación, o cualquier otra razón, se instalará un sistema de calentamiento solar de agua cumpliendo con los porcentajes menores y se deberá demostrar la imposibilidad física con un documento

<sup>1</sup> se puede emplear las tablas de requerimientos de agua potable indicadas en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.

en donde se indiquen las razones de imposibilidad física de manera clara y precisa; así, las consideraciones técnicas se detallarán en la memoria descriptiva del proyecto básico, en la memoria de cálculo y diseño del sistema.

con controles automáticos, garantizar los mecanismos automáticos que permitan optar por un precalentamiento de agua que entrará a una caldera o sistema de calentamiento convencional, o dar paso al agua precalentada directamente a su uso, y que los sistemas

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
17.5	19.2	22.2	22.5	21.8	19.0	19.7	19.1	16.6	16.3	16.1	15.5

Tabla 13.1.

Energía solar disponible promedio mensual sobre un plano horizontal. (MJ/m<sup>2</sup> día)

8. Valores de referencia para determinar la capacidad mínima de operación del sistema solar se emplearán los datos proporcionados en la tabla 1

9. Especificaciones técnicas:

Los colectores deberán portar una etiqueta o calcomanía en un lugar visible del producto que incluya la siguiente información:

- Modelo y marca.
- Área de apertura.
- Presión máxima de operación.
- Flujo del fluido recomendado.
- Usos del colector, temperatura de operación, calor útil y capacidad de almacenamiento.
- Ecuación de eficiencia térmica.

Si se utiliza termitanque:

- Tener las características técnicas recomendadas por el fabricante del colector.
- Contar con el aislamiento adecuado.
- Contar con un sistema de alivio de presión, sistema de protección catódica, termómetro y sistema de purga o drenado.

Se debe de observar que:

- la instalación sea de forma ordenada y que permita la fácil accesibilidad para el mantenimiento y la limpieza.
- Un diseño óptimo de los soportes de los colectores y la fijación de las tuberías que en su conjunto brinden seguridad estructural a la instalación.
- El diseño térmico, hidráulico y mecánico deberá cumplir con las condiciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo; Reglamento de la Ley ambiental del Distrito Federal; Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal; Reglamento de la Ley de Protección Civil para el Distrito Federal, así como el resto de la Normatividad Aplicable.
- Para la operación del sistema se deberá observar que los sistemas de circulación forzada cuenten

con un diseño seguro o protector para evitar golpes de ariete, congelamiento, sobre presión, sobre vacío, granizo, funcionamiento nocturno, estancamiento, funcionamiento sin radiación solar, efectos catódicos, contrapresiones generadas por bombas, hidroneumáticos, calderas y cualquier otro factor que altere el funcionamiento y eficiencia de la instalación

- Se deberá verificar el estado de dureza del agua.
- Los sistemas termosifónicos se podrán utilizar solo hasta una superficie de 20 metros cuadrados de colectores solares, cuando la superficie sea mayor deberán de funcionar con circulación forzada.
- Para las garantías, se deberá observar que los colectores cuenten con garantía de funcionamiento de por lo menos 5 años contra defectos de fabricación, instalación y deterioro: los sistemas de calentamiento de agua cuenten con garantía de por lo menos 5 años contra defectos de diseño e instalación.
- Las bombas, controles y dispositivos eléctricos cuenten con garantías de por lo menos 1 año.

#### Observaciones a la Norma:

En los cálculos para albercas no se consideran las pérdidas por radiación, convección y evaporación presentados al inicio de este capítulo; así como también los beneficios de emplear una manta térmica; no hay una consideración de las condiciones de climatológicas, en particular, del viento dominante y de la humedad.

El tiempo de uso de la instalación no se relaciona con las condiciones climatológicas y disponibilidad del recurso solar.

Al desarrollar y resolver cada una de las fórmulas para el cálculo del consumo energético anual, no existe una relación con la tabla de energía solar disponible por lo que el lector de la norma tiene que recurrir finalmente con un asesor o consultor o en el último de los casos, a los autores de las referencias indicadas en la norma.



## 14. INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA.

**Objetivo:** Optimizar la relación entre el comportamiento energético del edificio, el destino final del mismo y el clima del lugar, de modo que la edificación mantenga con un mínimo o nulo aporte de energía exterior las condiciones de confort.

### Metodología de la Arquitectura Solar.

La metodología de la Arquitectura Solar se basa en un paquete de conocimientos que incluye:

- Análisis de lugar.
- Pautas de diseño.
- Características constructivas.
- Parámetros de diseño.
- Balance térmico.

### Análisis de lugar:

- Deberá tenerse en cuenta
- Latitud y altitud de la zona de emplazamiento.
  - Duración en intensidad de radiación solar.
  - Temperatura y variabilidad del aire exterior.
  - Temperaturas medias anuales.
  - Humedad relativa.
  - Precipitaciones.
  - Intensidad, frecuencia y dirección de vientos.
  - Grado de nubosidad y frecuencia.

### Pautas de diseño:

- Deberá tenerse en cuenta
- Orientación, para aprovechar la acción de vientos, luz e intensidad de radiación solar.
  - Planeamiento de los volúmenes en relación con las dimensiones de los muros, puertas, ventanas y la altura e inclinación de los techos.
  - Color y textura de los materiales y revestimientos interiores y exteriores.
  - Aditamentos para regular el clima interior, como ventanas, persianas, cortinas, aleros, etc.
  - Uso del follaje y planta para filtrar parcial o totalmente la insolación y atenuar los efectos del viento.

### Características constructivas:

- Deberá tenerse en cuenta
- Almacenamiento del exceso de calor en la masa del edificio.
  - Enfriamiento del edificio durante la noche por efecto de radiación y convección del aire exterior.
  - Movimientos anuales de las sombras proyectadas por los cuerpos circundantes, ya sean naturales o artificiales.
  - Temperatura de las superficies interiores para regular el intercambio térmico por la radiación del cuerpo humano, así como la adecuación de la temperatura para lograr confort.

### Parámetros de diseño:

- Deberá tenerse en cuenta
- Forma de captación. (directa o indirecta).
  - Forma de transmisión de calor. (activa o pasiva).
  - Acumulación de Sistemas acumulativos no emisores.
  - Restitución de sistemas acumulativos emisores.

- Conservación de Acumulación por tiempo prolongado. La Arquitectura Solar, o más correctamente la Arquitectura Solar Pasiva, incluye el modelado, selección y uso de una correcta tecnología solar pasiva, que mantenga el entorno de una vivienda a una temperatura agradable por medio del Sol, durante todos los días del año. Como resultado, se minimiza el uso de la tecnología solar activa, las energías renovables y sobre todo, las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

Se trata de la ubicación adecuada de ventanas y tragaluces para calentar la casa con los rayos del sol. Invernaderos colocados al lado de una casa tienen la misma función. Para optimizar el sistema solar y economizar sus costos es recomendable mejorar el aislamiento térmico de la casa para reducir las pérdidas de calor en las noches. Se convierten casas existentes añadiendo elementos de arquitectura solar a la estructura de la misma.

Fuente:

<http://www.solarjiennense.com/fotovoltaica/index.asp?fichero=1001>  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.1

Aplicaciones en España de Integración solar arquitectónica.

### METODOLOGÍA PARA UN PROYECTO SOLAR.

Se presentó un proyecto consistente en la remodelación de una Casa Habitación localizada en la Calle de Chabacano No. 108, colonia La Cruz, delegación Magdalena Contreras y cuyo objetivo es adaptarla para albergar un taller de grabado con funciones de galería, escuela y biblioteca y cuya finalidad es de que sirva como modelo de construcción ecológica de la región.

Se ha convenido desarrollar el proyecto en diferentes etapas que a continuación se mencionan:

1ª etapa: INVENTARIO.

Consistente en:

- Levantamiento arquitectónico y estructural.
- Levantamiento del predio, ubicación y altura de árboles y su relación con la casa.
- Levantamiento fotográfico.

- Larguillos con alturas de edificios colindantes.
- Alineamiento y número oficial – Restricciones.
- Escrituras.
- Usos del suelo. Usos permitidos.
- Información climatológica. (temperatura, humedad relativa, presión, vientos dominantes, nubosidad, precipitación, radiación solar).
- Secciones viales y aforos vehiculares.
- Infraestructura y equipamiento.
- Revisión normativa. Cajones de estacionamiento, porcentaje de área libre permeable. Foto aérea.
- Análisis histórico.
- Guías de Impacto ambiental y Protección Civil.

2ª etapa.

#### CATÁLOGO CONCEPTUAL DE ECOTECNIAS.

Propuesta conceptual de aplicación de ecotecnias viables. Ecología, sustentabilidad, ecología y bioclimatismo.

Bioclimática. Estudio de asoleamiento por local orientaciones y acondicionamiento ambiental.

Ecología. Tratamiento de la basura, composteo, biodigestor, vegetación, aguas pluviales y aguas tratadas.

Tecnología. Energéticos. Solar eólico (ventilación por convección), biomasa, iluminación natural y artificial.

Mejoramiento ambiental de la casa y de la zona.

Incorporación de elementos verdes. Azoteas y muros verdes.

Incorporación de sistemas tecnológicos de aprovechamiento y ahorro energético (celdas fotovoltaicas (interior y exterior), calentamiento de agua y aire.

Rearquitectura. Integración de jardines.

Generar presupuestos de 3 compañías diferentes sobre las ecotecnias propuestas e incorporadas.

3ª etapa. PROGRAMA ARQUITECTÓNICO.

El cual incluirá las ecotecnologías propuestas.

4ª etapa. JUNTA DE NO RETORNO.

5ª etapa. DEFINICIÓN DE ECOTECNIAS SISTEMAS Y CONCEPTOS A UTILIZAR EN EL PROGRAMA ARQUITECTÓNICO. El propietario deberá de autorizar en el catálogo conceptual las ecotecnias que se habrán de integrar finalmente en el proyecto.

6ª etapa. ANTEPROYECTO DE REARQUITECTURA.

7ª etapa. DIMENSIONAMIENTO FÍSICO Y ECONÓMICO DE EQUIPOS Y SISTEMAS.

8ª etapa. PROYECTO EJECUTIVO. Catálogos de conceptos, programa y presupuesto de obra.

9ª etapa. OBRA. Residencia y supervisión de obra.



Figura 14.2

**Fachada sur del estado actual de la Casa Habitación, colonia La Cruz, Magdalena Contreras. CRZ**

Una y otra vez, la escasez de combustible en algún tiempo o lugar ha estimulado la búsqueda de alternativas energéticas, espoleando los avances de la arquitectura y la técnica solar. Resulta asombroso el hecho de que la más eficiente de las técnicas solares, la arquitectura solar pasiva, haya sido redescubierta innumerables veces, para volver a ser olvidada.

Hace unos 2.500 años la cultura griega comenzó a diseñar sus casas para captar la radiación solar durante el invierno. Casi con total seguridad no fue la primera cultura humana en hacerlo. Posteriormente otras personas creerían descubrir por vez primera las ventajas de abrirse (o cerrarse) al Sol. De hecho, no son pocos los que hoy, en las postrimerías del siglo, consideran la energía solar como una extraña fuente energética necesitada aun de bastantes años de investigación y desarrollo antes de tornarse práctica.

Si se desea que los diseños de casas sean correctos se debe comenzar por tomar en cuenta las regiones y climas en que estas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Oaxaca, otro para Chihuahua... otro aún diferente para la Ciudad de México, y así sucesivamente con las tierras y regiones de características diferentes. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras que otras se encuentran a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de casas deberían conformarse a las diversidades del clima.

Como parte de un proyecto para crear vivienda económicamente accesible, estudiantes de la Escuela de Arquitectura de la Universidad Yale construyeron en New Heaven, Connecticut el primer hogar que usa paneles solares fotovoltaicos para producir electricidad.

Cada año, los nuevos estudiantes de la carrera construyen una casa para una familia de bajos o escasos recursos como parte del denominado Proyecto de Construcción de Primer Año.

El programa escolar ofrece así a los estudiantes novatos la singular experiencia de diseñar y construir proporcionándoles la oportunidad de enfrentar los retos de establecer un presupuesto, determinar el programa de acuerdo a los requerimientos del cliente e involucrarse en los aspectos urbanos y contextuales de un proyecto ambientalmente sustentable. Los estudiantes construyen la casa por sí mismos.

El Proyecto de Construcción es uno de los motivos por los cuales los estudiantes eligen esta prestigiosa Universidad que hasta el día de hoy ha construido 16 casas en New Heaven, es un concurso en el que varios equipos de alumnos de primer año realizan proyectos para casas unifamiliares de 140 m<sup>2</sup>.

El cliente para el proyecto es la compañía Neighboring Housing Services, la cual vende a muy bajo costo las casas construidas con los proyectos ganadores designados por un jurado compuesto por académicos de Yale y representantes de las autoridades de vivienda, la oferta se hace a familias que nunca antes hayan sido propietarias de un inmueble.

Neighboring Housing Services financia una parte del costo total de las construcciones y los estudiantes recaudan donaciones de proveedores comerciales de materiales de construcción para el resto del costo. Adicionalmente y como parte del entrenamiento de esos futuros arquitectos, se les pide que utilicen para sus proyectos uno o varios de los productos más innovadores del mercado.

### **Métodos para lograr un mayor aprovechamiento de la energía solar pasiva en casas no construidas siguiendo los principios de la arquitectura solar pasiva**

Las casas diseñadas específicamente según los criterios de la arquitectura solar pasiva y de la arquitectura bioclimática logran por su propia configuración un aprovechamiento automático de la energía solar. Sin embargo, y aunque a menor escala, es posible lograr mediante sencillas modificaciones un mayor aprovechamiento de la energía solar que llega a casas no construidas siguiendo los principios de la arquitectura solar pasiva.

En primer lugar es necesario observar los lugares y las horas en que la energía solar llega al interior de nuestra casa a lo largo del día en las distintas estaciones del año. Actualmente las casas se construyen ajenas a la orientación magnético-geográfica terrestre, siguiendo los trazados de las calles que atienden a otros criterios, por lo que las distintas fachadas de la casa pueden estar orientadas de manera totalmente caprichosa. Además habrá que tener en cuenta las sombras que proyecten los árboles o los edificios externos.

A modo de orientación pueden servir las siguientes indicaciones:

- Las fachadas orientadas principalmente hacia el ecuador son las más favorables para la captación solar, recibiendo la radiación solar a lo largo de todo el día.

- Las fachadas orientadas principalmente hacia los polos, no recibirán en ningún momento del año radiación solar directa. Excepción las constituye una franja reducida en torno a la línea del ecuador en algunos momentos del año. Sin embargo el sol cae tan perpendicularmente a lo largo del año en estas áreas que la radiación solar que llega al interior de la casa es mínima, además en estas áreas, al ser zonas tropicales, cálidas durante todo el año, no se hace necesario seguir estos criterios.

- Las fachadas orientadas principalmente hacia el este, reciben principalmente la energía solar en las horas anteriores al mediodía.(mañanas)
- Las fachadas orientadas principalmente hacia el oeste reciben principalmente la energía solar en las horas posteriores al mediodía (en las tardes).
- Mediante estos sencillos procedimientos es posible lograr un aprovechamiento de la energía solar y ahorrar algo de dinero y energía en sistemas de climatización.

En invierno se debe permitir la máxima entrada de luz solar directa al interior de la casa abriendo las cortinas de las ventanas en donde incida la luz solar directa y cerrando aquellas donde no incida para que no se escape demasiado calor. Para lograr una mayor índice de conversión de esa luz en calor es conveniente aplicar una decoración (tapicería, alfombras, manteles y todo aquello que sea intercambiable) de colores oscuros.

Una buena forma de almacenar el calor es ubicar elementos que tengan mucha masa ( por ejemplo, sillones, tresillos, mesas etc.) a la acción directa de la luz solar, de preferencia cubiertos con telas oscuras que absorban la radiación a la vez que los protejan de ella

En las noches para evitar la pérdida del calor ganado durante el día es importante contar con persianas o

contraventanas que una vez cerradas eviten en alguna medida las importantes pérdidas que se dan a través de los vidrios

En verano, es importante evitar que la radiación solar entre en la casa. Para ello se debe mantener las cortinas de la casa cerradas, incluso también las persianas o contraventanas medio cerradas. Puede ser recomendable la instalación de un toldo que evite que la radiación solar se introduzca en la casa o que impacte en el muro exterior.

También es recomendable cambiar la decoración de la casa hacia colores más claros que reflejen más la radiación solar y evite que se transforme en calor.

El objetivo es el de diseñar y construir viviendas bioclimáticas exclusivas para cada cliente y así satisfacer las necesidades más exigentes de confort y calidad de sus habitantes, aprovechando las condiciones de su entorno e integrando sistemas de control y de energías renovables.

Casas que son más frescas en verano y calidas en invierno sin apenas recurrir a equipos de calefacción o refrigeración.

Con las condiciones climáticas de buena parte de nuestro territorio, se pueden conseguir, sin ningún tipo de instalación complementaria en algunos casos y con apoyos mínimos en otros, viviendas autosuficientes en cuanto a su climatización.

Es sorprendente enterarse que con una arquitectura bioclimática adaptada a cada región en la mitad de las capitales de provincia no haría falta calefacción y sólo en doce se necesitaría aire acondicionado.

Fuente: <http://www.solartec.org/>

Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.3

La inclinación requerida para el óptimo rendimiento de los módulos fotovoltaicos es una herramienta en el diseño de las cubiertas de los edificios.

## PRINCIPALES VENTAJAS

- Ahorro energético: Permite economizar hasta un 80% del consumo energético de la vivienda.
- Aumento del confort y calidad de vida: Tienen una temperatura más constante y repartida por todo el hogar y evitan los cambios bruscos que provocan, por ejemplo, los sistemas convencionales de aire acondicionado.
- Mayor iluminación natural: Al estar diseñada para el máximo aprovechamiento de la radiación solar.
- Beneficios para la salud: Además de la presencia del sol como fuente de vitalidad y bienestar, estas construcciones producen ventilaciones naturales que no secan el ambiente y evitan el aire viciado de los aparatos de aire acondicionado, con lo que se reducen las alergias, astenias o jaquecas que éstos pueden producir.
- Un menor impacto medioambiental: A través del ahorro energético y la potenciación de un desarrollo sostenible se asegura el abastecimiento energético de las generaciones venideras y un entorno menos contaminado.

## QUE PRECIO TIENE UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA

Al igual que con una vivienda convencional el precio varía en función de su ubicación, características y dimensiones. Una vivienda bioclimática tiene un incremento del coste entre un 2 y un 5%, debido a la mayor calidad térmica y aislamiento de la vivienda, aunque el 70% del funcionamiento bioclimático del edificio depende exclusivamente del diseño arquitectónico. Suponiendo que en efecto el coste de una vivienda bioclimática sea algo superior, no hay que olvidar que el ahorro que posteriormente se consigue en el consumo de energía; un ahorro que en 2 o 3 años permite amortizar el coste extra de la construcción.

Hoy, en un mundo con recursos energéticos limitados, es imprescindible aprovechar todos los medios a nuestro alcance para satisfacer nuestras necesidades al menor coste. La arquitectura bioclimática permite que su casa sea, además de segura y bonita, ahorradora, muy confortable y respetuosa con la naturaleza.

El uso térmico de la luz solar es, desde hace varias décadas, una tecnología probada y un componente fijo de las instalaciones de calefacción en millones de hogares. Con la ayuda de los colectores solares térmicos se puede calentar incluso en zonas con una radiación solar moderada, un promedio anual de más de un 60 % del agua caliente sanitaria y servir, al mismo tiempo, de apoyo al sistema de calefacción durante el período de frío.

A finales de 2005, la superficie de colectores instalados en Alemania rozaba los 6,7 millones m<sup>2</sup> y la potencia calorífica ascendía a 4.700 megavatios. Actualmente, el 4 % de los hogares alemanes utiliza energía solar térmica no contaminante y sostenible. Gracias a ella se ahorran anualmente 270 millones de litros de fuel oil.

El gobierno alemán promueve el aumento del uso de la energía solar térmica con diferentes programas de fomento. Así, los inversores reciben subvenciones y créditos a bajo interés para las instalaciones pequeñas. Programas piloto y de prueba apoyan la instalación de grandes sistemas solares térmicos para el abastecimiento de calefacción local.

Los colectores solares acristalados, que se utilizan en el nivel de baja temperatura de hasta 100 °C representan el porcentaje más importante del uso de la energía solar térmica. Los colectores solares no acristalados se instalan en piscinas para calentar el agua y, en parte también, para secar productos agrícolas. De esta manera, el uso térmico de la energía solar aporta una contribución considerable a la protección del clima. En Alemania se ha acumulado, desde el comienzo del uso de la energía solar térmica en los años setenta del siglo pasado, una gran experiencia en el desarrollo de productos, la fabricación, la planificación y el montaje de instalaciones solares térmicas, lo que se refleja en una gran oferta de sistemas atractivos y eficientes.

El fomento que la energía solar térmica recibe desde hace muchos años de forma continuada proporciona un crecimiento constante del mercado en Alemania. En el año 2005, el sector registró un crecimiento del volumen de ventas de aproximadamente un 25 %. El volumen total de ventas alcanzó los 750 millones de euros. En 2005, los 12.500 empleados del sector instalaron 95.000 sistemas. La nueva superficie de colectores que abarca 950.000 m<sup>2</sup> hizo que la superficie total de colectores instalados en Alemania creciera hasta alcanzar 6.7 millones de m<sup>2</sup>.

La reducción consecuente de los costos de producción para las instalaciones solares térmicas conseguida en los últimos diez años en combinación con un aumento del coeficiente de rendimiento y, por otra parte, unos costos crecientes de las energías fósiles han hecho aumentar claramente el interés por las instalaciones solares térmicas.

El desarrollo de la técnica empleada en las instalaciones y, especialmente, la integración perfeccionada de las instalaciones a la técnica convencional de calefacción han contribuido a que las instalaciones solares térmicas se hayan convertido actualmente en un componente fijo de la tecnología de calefacción ofrecida en Alemania. Lo que se ha instalado principalmente han sido colectores planos, sin embargo,

Fuente: <http://www.renewables-made-in-germany.com/en/solarthermie/>  
Imagen reproducida con fines académicos.

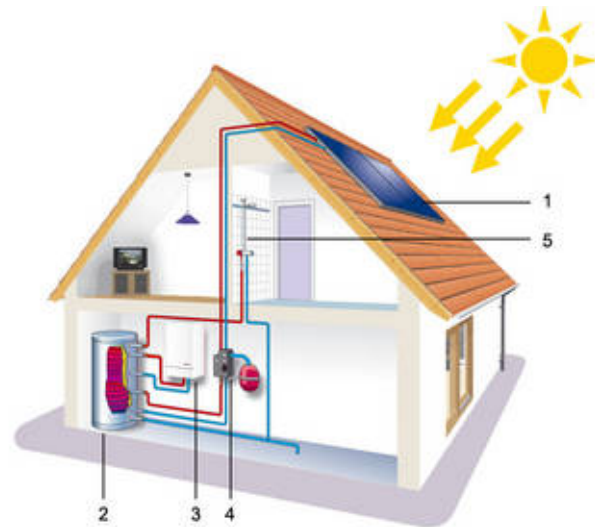


Figura 14.4  
**Instalaciones solares térmicas para el calentamiento de agua potable en viviendas unifamiliares:**  
1) Colector  
2) Acumulador  
3) Caldera de calefacción  
4) Estación solar  
5) Consumidor de agua caliente sanitaria (por ejemplo: la ducha)

en los últimos años se han introducido en el mercado colectores innovadores como los de tubos de vacío.

Hasta ahora, el mercado solar térmico ha estado dominado por las instalaciones destinadas al calentamiento del agua potable. Pero debido al drástico aumento de los costos de calefacción y gracias a un fomento especial del gobierno alemán, desde el año pasado ha crecido considerablemente el número de instalación de sistemas que apoyan por medio de la energía solar térmica también la calefacción de locales durante los periodos de frío. Más del 50 % de los nuevos colectores solares se montan en las denominadas instalaciones combinadas.

La **INTEGRACIÓN** arquitectónica de las **CONEXIONES A RED**, en edificios u otras estructuras hace que los generadores fotovoltaicos sirvan como elementos de construcción, cubiertas, esmaltados, fachadas o dispositivos para la protección solar, aunando una doble funcionalidad:

Ofrecer una nueva dimensión a la arquitectura.

Contribuir al abastecimiento de las demandas energéticas produciendo energía de manera limpia, fiable y con sencillos mantenimientos.

El gasto energético de los municipios, centros públicos y privados, en los cuales el consumo eléctrico constituye una de las cargas más importantes, puede reducirse a través de la incorporación de sistemas

fotovoltaicos obteniendo BENEFICIOS ECONÓMICOS y medioambientales.

Los **SISTEMAS AISLADOS** producen electricidad para autoabastecerse, actualmente se perfilan como la solución definitiva para el suministro de electricidad en emplazamientos de difícil acceso a la red: Electrificación de viviendas, Explotaciones agrícolas, Bombeos, Telecomunicaciones.

Fuente:  
[http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04\\_arquitectura\\_solar.php](http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04_arquitectura_solar.php). Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.5  
Escalinata del Gran Forum de Barcelona-

Esta es la escalinata que lleva a la base del gran panel solar en el Forum de Barcelona. Tantas toneladas de concreto que recuerdan el estilo majestuoso, sobrio y austero de la Arquitectura Socialista o Stalinista en cierto sentido. Nótese la escala humana en el extremo superior de la escalinata.

Fuente:  
[http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04\\_arquitectura\\_solar.php](http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04_arquitectura_solar.php). Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.6.  
Las necesidades de energía térmica pueden requerir superficies de captación tales que pueden incluso requerir de toda la superficie de la cubierta.

Las instalaciones grandes para el calentamiento de ACS se diseñan como sistemas de precalentamiento. En ambos casos los sistemas operan con un retorno "frío" que entra en el colector. A través del caudal reducido se alcanza un aumento de temperatura de 40 K sin que tengan lugar mayores pérdidas de calor.

Esta tecnología low-flow tiene una serie de ventajas: Las secciones de las tuberías, los componentes hidráulicos, bombas e intercambiadores de calor se pueden diseñar más pequeños, de modo que crean grandes de colectores se pueden conectar mejor en serie. El resultado es una reducción importante de costes mediante el uso de menos material y una instalación más sencilla.

En la ciudad de Manchester, Inglaterra, están construyendo un edificio que estará cubierto de 7 mil **paneles solares**, de forma que se convertirá en la instalación de **energía solar** más grande del Reino Unido.

El rascacielos, de más de 120 metros de altura, es de la compañía de seguros **CIS**, que ha invertido 10 millones de dólares en el proyecto, y según se dijo cubrirá un 10 por ciento de la electricidad que consuma con **energías renovables**. No sólo solar, sino también

Fuente:  
[http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04\\_arquitectura\\_solar.php](http://www.fisicanet.com.ar/energias/alternativas/en04_arquitectura_solar.php). Imagen reproducida con fines académicos.

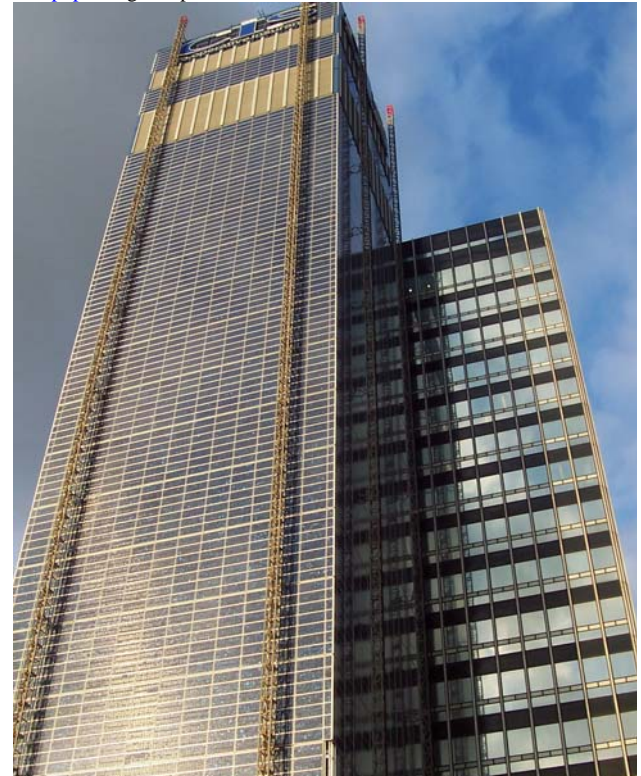


Figura 14.7  
Rascacielos de 120 metros de altura en la Ciudad de Manchester, Inglaterra.

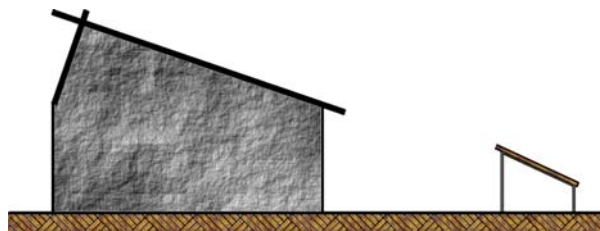
**energía eólica**, provenientes de 24 turbinas de viento que serán instaladas en el techo.

Al parecer los paneles pueden producir energía incluso en los días nublados de Manchester. Son exactamente 7244 paneles de 80 watts cada uno, que generarán más o menos 390 kwatts.

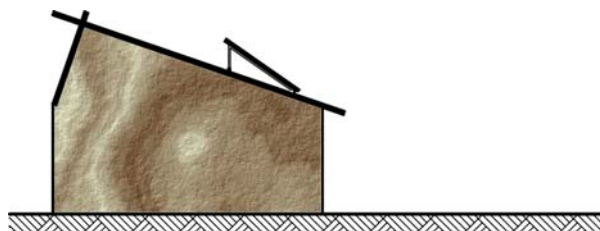
**Paso previo en la consideración de los sistemas de energía solar tanto térmicos como fotovoltaicos, es labor del proyectista tenerlos presente desde la fase del concepto arquitectónico.**

Dentro de la integración se pueden presentar tres casos.

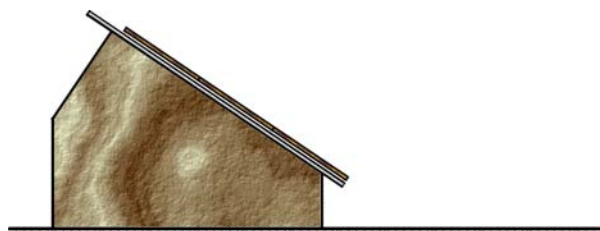
- Desintegración. Cuando los sistemas de aprovechamiento de energía solar están separados del resto de la construcción.
- Semi – integración. Se presenta cuando los sistemas se colocan en las construcciones con la ayuda de estructuras de soporte que le dan la inclinación necesaria para el óptimo aprovechamiento de la energía solar.
- Integración. Cuando los sistemas de aprovechamiento de la energía solar forma parte formal del proyecto arquitectónico.



Desintegración.



Semiintegración.



Integración.

Figura 14.8

Tipos de integración arquitectónica. CRZ

## Casas solares y estilos regionales.

Se deberá recordar que:

- a) Cerca del 25% de la energía total consumida se emplea para calentar edificios y agua caliente sanitaria.
- b) El calentamiento de espacios y de agua exige energía de grado mínimo.
- c) Las eficiencias de captación máximas se obtienen con captación de baja temperatura.

De la yuxtaposición de estos tres hechos, el uso de la energía solar para el calentamiento de espacios y de agua aparece como una propuesta obvia.

Los dispositivos de enfoque requieren de mecanismos de seguimiento y responden únicamente a la radiación solar directa. Los colectores solares planos pueden emplear tanto la radiación solar difusa como la directa y pueden ser fijados en una posición concreta. Pueden pasar a formar parte de la envolvente del edificio, reemplazando un elemento de la envolvente, como por ejemplo una pared o una cubierta.

Pero ello implica grandes áreas. Un edificio residencial puede tener una superficie de captación con colectores de placa plana de hasta 80 m<sup>2</sup>. y no solamente dominará el aspecto de la casa sino que impodrá restricciones de diseño bastante estrictas, por ello, cualquier solución para montar un sistema solar, como idea aplicada posteriormente a un edificio ya construido, no puede conseguir el mismo resultado que un sistema que sea componente formal del propio proyecto. Es decir, los futuros estudios profesionales de arquitectura habrán de orientarse más hacia las “casas solares” (sistemas pasivos) que hacia las instalaciones de calefacción solar en las casas (sistemas activos). Y estos estudios se orientarán hacia unos diseños que, dentro de su novedad arquitectónica de líneas y volúmenes, alcancen belleza estética procurando armonizar el mantenimiento de la arquitectura popular de cada región con el óptimo aprovechamiento de sus peculiares características climatológicas. Y a este respecto se han de hacer dos puntualizaciones:

1. No todos los edificios que cuentan con instalaciones solares para lograr una reducción en el consumo de combustible para calefacción son realmente “casas solares”, ni tampoco los son las numerosas viviendas en Japón, Israel o en el sur de Estados Unidos en las que el consumo necesario de agua caliente se cubre con la ayuda de los colectores solares.
2. Una casa solar debe de ser bella y no tiene porque parecerse a ciertas casas – fábricas o laboratorios experimentales repletas de colectores. El aprovechamiento técnico de la energía solar no tiene porque estar en conflicto con la armonía estética ni

tiene que olvidar los estilos constructivos de cada región.

De aquí se puede decir que a lo largo de la historia de la Arquitectura, el resultado formal ha respondido a una serie de necesidades sociales, culturales, técnicas, económicas, entre otras, por ejemplo, durante el gótico la iglesia católica consolidaba su poder y se veía en la necesidad de albergar a mayor número de personas para ser evangelizada para ello la arquitectura recurría a los sistemas constructivos de la época: la piedra y fue así como surgieron las bóvedas nervadas, los arcos botareles y los contrafuertes en iglesias que hasta la fecha nos causan asombro y admiración.

En nuestros tiempos, la necesidad social y económica predominante es la energía y el cambio climático, por lo tanto la arquitectura tendrá que recurrir a la tecnología del momento para poder satisfacer esta necesidad.

### Algunas realizaciones de viviendas solares.

#### Casas Felix Trombe y Jacques Michel.

En Francia los pioneros en la construcción de casas y viviendas con calefacción por energía solar son el profesor Félix Trombe y el arquitecto Jacques Michel, en Neuilly-sur-Seine. Jacques Michel edificó en 1968 un prototipo de casa solar en Chauvency-le-Chateau, en

Lorena, con una superficie habitable de 106 m<sup>2</sup>. La casa se encuentra dividida en cinco ambientes. La superficie destinada a la captación de los rayos solares es de 45 m<sup>2</sup>. En Lorena puede contarse con una radiación solar efectiva de 1,700 horas anuales. En los días nublados se consume energía eléctrica auxiliar. Después de habitar la casa durante dos años, se estableció un balance experimental, del que se desprendió lo siguiente: la temperatura en las distintas habitaciones se mantuvo de 18 – 20° C. La cantidad de calor obtenida por energía solar durante un año fue de 18,000 kWh (bruto), de los que se aprovecharon realmente 10,000 kWh.

Muy próximo a la estufa solar del profesor Trombe, Jacques Michel ha erigido en Font Romeu, en la cima de la montaña, tres casas solares más. Su arquitectura se adapta perfectamente al ambiente y a las condiciones climatológicas reinantes.

Por las casas solares erigidas por el profesor Trombe en Odeillo se pudo demostrar que el costo del kWh por energía solar era la mitad del correspondiente por calefacción eléctrica. La posibilidad de que las instalaciones solares sean perfectamente utilizables tanto para la calefacción de ambientes como para la climatización es un detalle muy apreciado en países calurosos donde, debido a la intensa radiación solar, puede montarse muy económicamente esta clase de equipos solares.

Fuente: Energía Solar y Agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen reproducida con fines académicos.

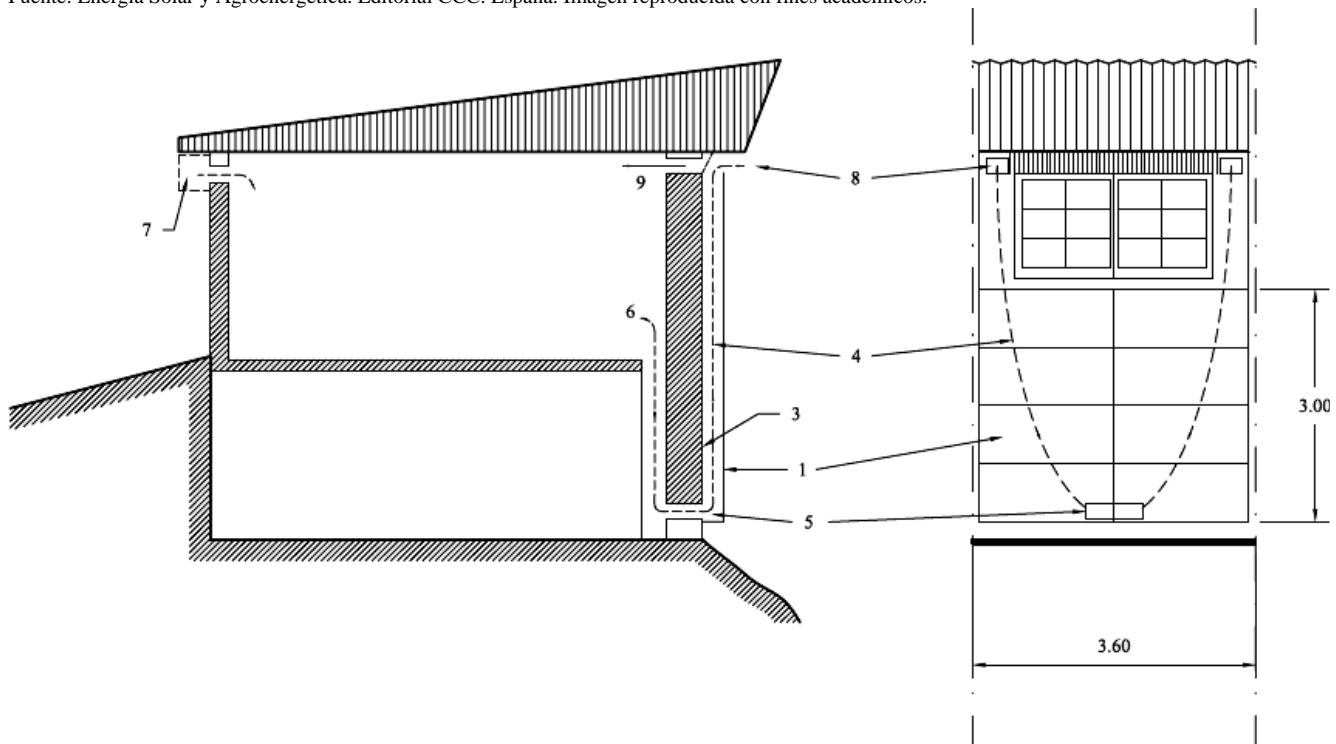


Figura 14.9.

Prototipo de casa con calefacción y climatización solares, del profesor Trombe. 1) Tabique acumulador. 2) Recubrimiento de vidrio. 3) Superficie de absorción de la radiación solar. 4) Aire en circulación. 5) Rendija del impulsor. 6) Salida de aire. 7) Aparato de climatización. 8) Tapa abatible aireación/calefacción.



Jacques Michel advierte además que las primeras casas solares francesas, que contaban con una única fachada de pesado concreto, con recubrimiento de placas de vidrio y tejado de una sola inclinación, eran demasiado “pobres” y arquitectónicamente muy sencillas mientras que, por el contrario, todas las edificaciones por él proyectadas, eran de aspecto atractivo y armónico, con un mayor aprovechamiento de la radiación solar.

Viviendas Sociales Miramas.

Localidad: Miramas, Bouches-du-Rhône (Francia).

Latitud: 43° N

Propietario: Cooperativa de viviendas sociales Miramas.

Arquitecto: Grupo ABC. Año 1979

94 m<sup>2</sup> de superficie habitable, 225 m<sup>3</sup> de volumen habitable, 16 m<sup>2</sup> de superficie de captación (muro), 4 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento (muro).

No se trata propiamente de una “casa solar”, sino de un edificio convencional proyectado en una base climatológica, que incluye un mecanismo de respuesta para la absorción o rechazo de la radiación solar. Se trata de un conjunto de cuatro viviendas en banda, de tipo de interés social. Las normas de las viviendas de interés social han supuesto una coacción para su concepción al imponer un modelo, una organización interior y un techo económico. Teniendo en cuenta estas condicionantes, no se trataba de realizar una casa solar sofisticada, sino un compromiso que tendiese a una reducción solar y terrestre únicamente gracias a recursos arquitectónicos. Estas cuatro viviendas, por lo tanto, son bioclimáticas propiamente hablando, puesto que sacan partido del paraje, del clima y de las aportaciones, buscando una arquitectura de bajo perfil energético.

Se ha elegido un principio sencillo: la utilización del muro macizo orientado al sur, sin efecto de invernadero, que lleva como único equipo unas láminas horizontales

Fuente: Energía Solar y Agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

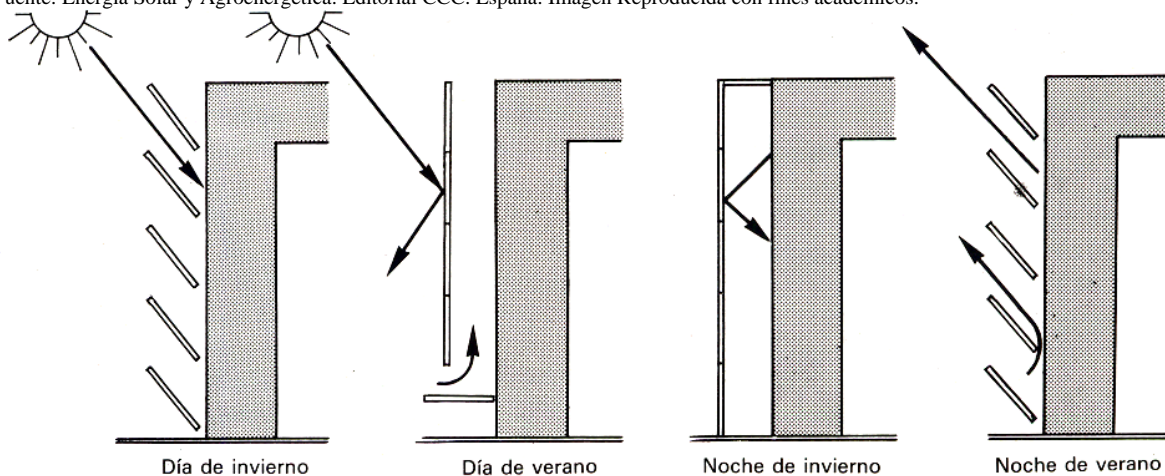


Figura 14.10. Principio de funcionamiento. Viviendas sociales Miramas.

orientables (juegos de persianas de aluminio), colocadas delante del muro macizo y destinadas a dominar los cambios térmicos.

En invierno se abren las láminas horizontales en los días de sol con el objeto de dejar pasar al máximo la radiación solar; con este fin, debe modificarse su orientación en el transcurso del día para evitar que haya sombra en el muro. Éste, pintado de color oscuro, hace las veces de absorbedor, de almacenamiento y de elemento de restitución puesto que desfasa la onda térmica (en unas 8 horas) debida a la aportación solar y restituye así su calor por radiación en la parte de la vivienda. Por la noche o cuando no hace sol, las láminas quedan cerradas protegiendo al muro del viento y limitando las pérdidas térmicas por radiación hacia el exterior o por convección.

En verano se invierte el proceso y las láminas permanecen cerradas en el transcurso del día con excepción de las inferiores y superiores a fin de permitir una convección natural (entre el muro y las láminas) que evite el calentamiento del muro. Por las noches, las láminas se abren para que el muro se enfríe por radiación hacia el exterior y por ventilación con el aire nuevo. De esta forma, el muro macizo puede hacer las veces de “esponja” de calor durante el día y absorber las calorías del aire ambiente interior (figura 15.10 y 15.11).

Las cuatro viviendas en banda están orientadas al sur y cada una de ellas es duplex; las habitaciones que necesitan más calor se han colocado junto al muro sur, que es de concreto colado in situ de 25 cm. de espesor y su cara exterior se ha dejado en bruto para lograr una mayor absorción. Las paredes divisorias interiores están provistas de aislamiento acústico, y los testeros este y oeste, así como el muro norte y las plantas de arriba y abajo tienen aislamiento térmico. Las vidrieras son sencillas en la fachada sur y dobles en la fachada norte, están provistas de cortinas móviles en la parte exterior.

Fuente: Energía Solar y Agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

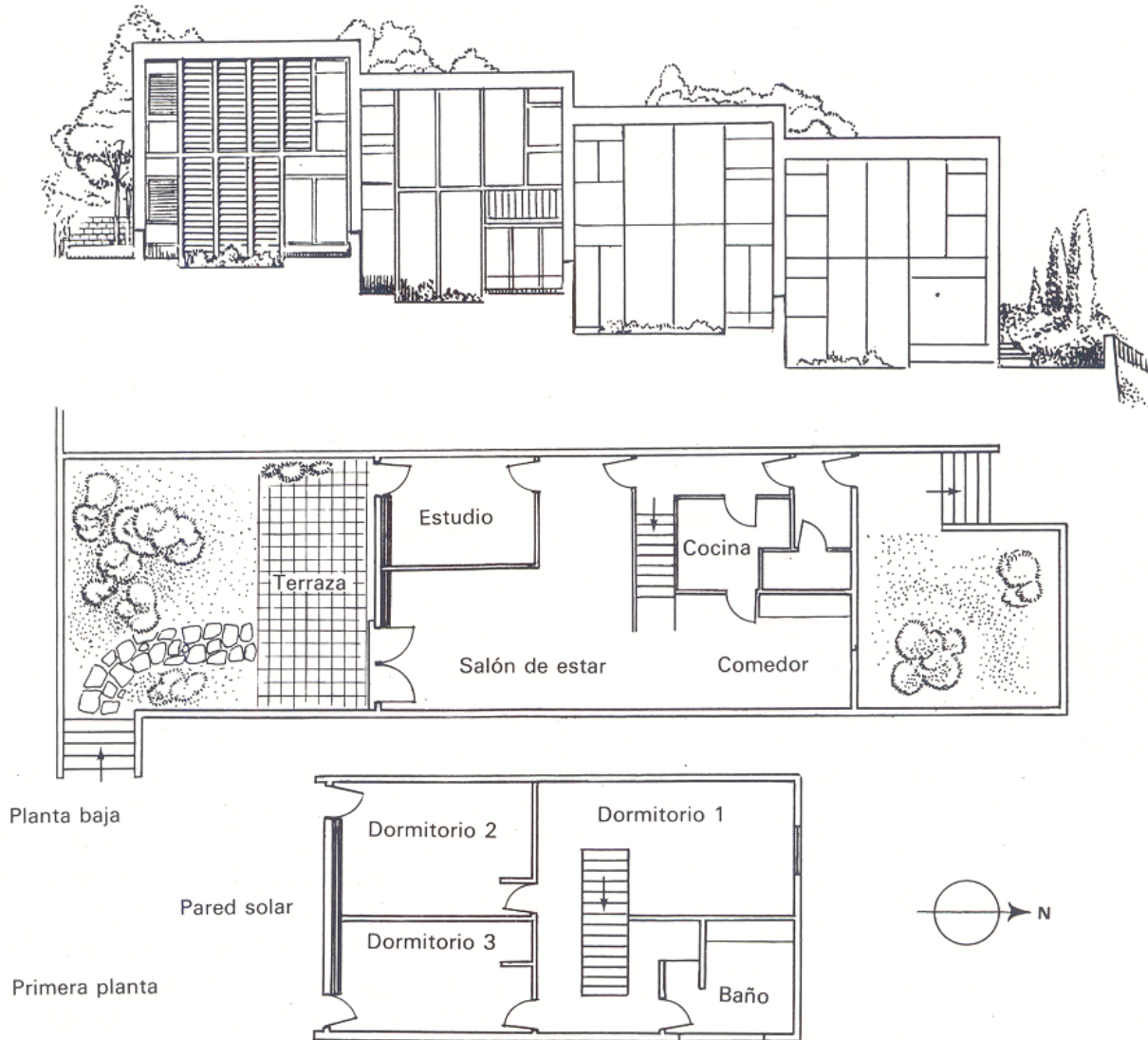


Figura 14.11.  
**Viviendas sociales en Miramás. Fachada y plantas.**

Las láminas horizontales tienen dos caras de aluminio, y van montadas sobre unos marcos metálicos alrededor de los vanos y sirven de hermeticidad lateral; unas juntas las hacen perfectamente herméticas entre sí y con los marcos periféricos. Son accionadas por medio de un motor eléctrico y pueden pararse en cualquier posición.

Casa Espada/Decalms.

Localidad: Caves, Aude (Francia).  
 Latitud: 43° N  
 Propietario: C. Espada y F. Decalms.  
 Arquitecto: M. Gerber. Año 1978.  
 130 m<sup>2</sup> de superficie habitable, 325 m<sup>3</sup> de volumen habitable, 66 m<sup>2</sup> de superficie de captación (vanos), 66 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento (mixto).

Esta casa es el resultado de la restauración bioclimática de un viejo refugio de pastores que estaban en ruinas. El volumen original, tradicionalmente cerrado, se ha condicionado en función de la utilización directa del Sol. Así es como la fachada sure se ha abierto abundantemente y se ha guarnecido con cristales y se han modificado los vanos, paredes y espacios interiores.

En este caso la asociación de principios consiste en la añadidura de un mini invernadero de cultivo en la parte delantera de la casa y que comunica con la misma, y en una mezcla de masas térmicas interiores: almacenamiento de agua, en una columna metálica, suelos y muros macizos.

La vivienda posee un invernadero de 12 m<sup>2</sup> colindante con la mitad de la planta baja en la fachada

sur, destinada a los cultivos domésticos y separado de la sala de estar por un compartimento estanco de entrada cerrado con cristales. La parte principal de la vivienda consta de tres plantas (las dos primeras se comunican gracias a una tolva que está alrededor del almacenamiento) muy abiertas al Sur, cada una con una superficie de 28 m<sup>2</sup>. La parte trasera de esta parte principal presenta un vasto volumen separado por un muro macizo que constituye un excelente espacio – tapón y reduce considerablemente las pérdidas del muro Norte.

Este volumen está compuesto por dos plantas de 23 m<sup>2</sup>., el primero de los cuales sirve de garage y el segundo de apartamento para invitados, utilizado sobre todo en verano. Esta parte Norte, que originalmente se encontraba en la prolongación de la casa, ha sido modificada con el fin de quedar abierta hacia el sureste y aprovechar el Sol.

La captación comprende cuatro zonas: el invernadero y las vidrieras de cada una de las plantas. El invernadero, de un volumen de 24 m<sup>3</sup>, representa 25 m<sup>2</sup> de vidriera simple, y puede ponerse en comunicación con la vivienda abriendo las ventilaciones y una de las puertas del compartimento estanco de entrada. Las vidrieras de la planta baja, repartidas en vanos fijos y en compartimento estanco de entrada (12 m<sup>2</sup> de vidriera), corresponden a la masa térmica del suelo y a la del depósito de agua. Las vidrieras de la segunda planta, con una superficie de 12 m<sup>2</sup>, corresponden a la masa térmica de la losa de concreto del entrepiso, del suelo de la primera planta y a la del depósito de agua. Las vidrieras de la tercera planta, con una superficie de 10 m<sup>2</sup>, corresponden a la masa térmica de la losa de concreto de dicha planta. El apartamento para invitados, al Norte, dispone también de una superficie de vidriera simple de 7 m<sup>2</sup> orientada hacia el sureste.

El almacenamiento comprende varios elementos. Un depósito de agua situado detrás de las vidrieras del Sur que ocupa las dos primeras plantas y está constituido por una cimpra perdida de metal (utilizada para el vaciado de las arcillas para moldes), de 1.2 m de diámetro y 5 m. de altura, que contiene 6 m<sup>3</sup> de agua. El suelo de la primera planta, hecho de una losa maciza de concreto recubierta por un embaldosado marrón y que representa 4 m<sup>3</sup> de masa térmica. Las losas de concreto de las dos plantas superiores representa, a su vez, una masa de 12 m<sup>3</sup>. El muro interior y los muros Sur y Este (los únicos que no están aislados en el interior) son de piedra y corresponden a 40 m<sup>3</sup>. el suelo del invernadero equivale a 6 m<sup>3</sup> de tierra y su calor puede utilizarse en el interior si es necesario. Además, unos registros situados en la última planta sirven para aprovechar el aire caliente de las plantas inferiores.

Además el control de los intercambios térmicos se efectúa gracias a unos equipos muy simples: cortinas interiores aislantes para las vidrieras (aislamiento en el invierno y protección contra la radiación en el verano), toldos sobre el invernadero en el verano, 8 elementos arquitectónicos). Estos están concebidos en función de las distintas posiciones del Sol para evitar las aportaciones durante el verano (balcones que sirven de parasoles) o concebidos para limitar el efecto del viento del Noroeste (saledizos de muro exterior en dirección sureste para proteger las vidrieras y la pared oeste de piedra del invernadero).

Los muros expuestos al viento (Norte y oeste) han sido aislados en el interior, las ventanas se han biselado con el fin de limitar las pérdidas; por último, se ha previsto una parra que trepa por encima del invernadero para protegerlo durante el verano de la radiación solar.

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

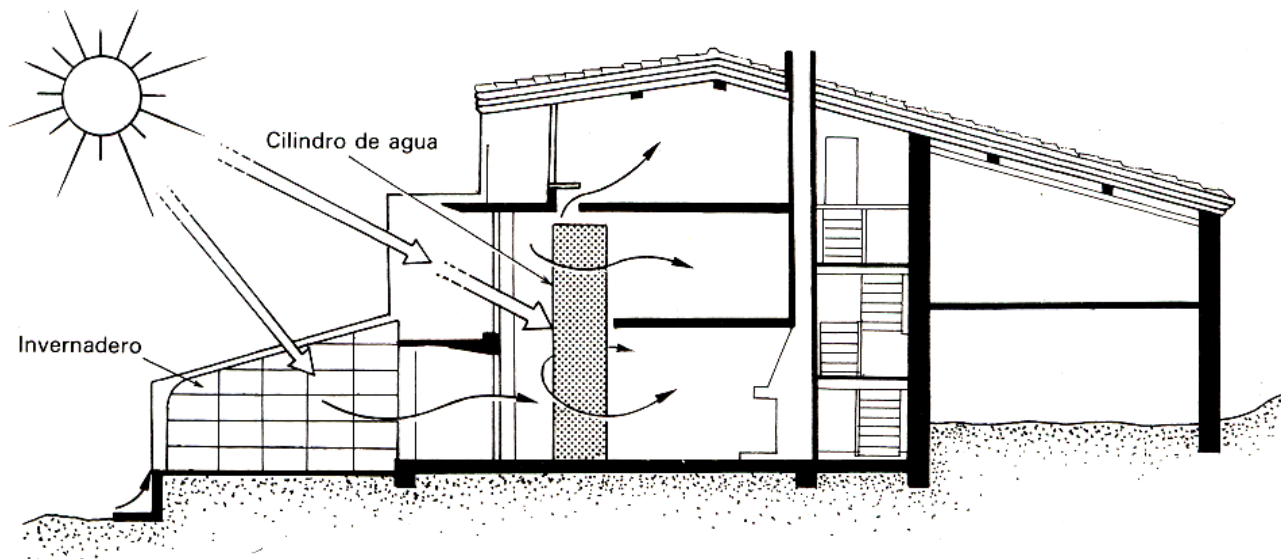


Figura 14.12  
Casa Espada / Decalms. Sección. Fuente: Energía Solar y Agroenergética.

### Casa Solar de Jean – Paul Loubes.

La vivienda solar de Jean –Paul Loubes en los Pirineos Atlánticos se trata de un exponente característico de las nuevas viviendas solares que se están construyendo en Francia. Por su composición de líneas, movimiento de volúmenes, empleo de materiales y aprovechamiento de los últimos hallazgos en tecnología solar, ha sabido armonizar cierto nivel de belleza arquitectónica con una gran eficacia funcional. Los dibujos explican suficientemente sus características, sin necesidad de especiales aclaraciones.

### El Proyecto de Pacinotti y la Casa Vidal.

Entre las aportaciones italianas, es interesante el proyecto de Antonio Pacinotti, que solo prevé una superficie de colector inclinada y orientada al Sur, y que se rediere a una casa solar moderna de construcción atractiva. En este proyecto se logra el grado necesario de aprovechamiento de energía solar por una superficie de “tejado de vidrios” (figura 15.13).

Análogos soluciones se encuentran en casas con tejados recubiertos de vidrio o material plástico o bien con tejas especiales bajo las cuales van dispuestos elementos de absorción.

En España, en Torrent d’Emporda, provincia de Gerona, el arquitecto catalán Jordi Vidal ha construido una casa totalmente autónoma, cuyas fuentes de energía son el Sol, el viento y el metano producido por excrementos y desperdicios.

Cuenta con paneles solares para la calefacción y el agua caliente, que están colocados fuera de la casa, sobre el terreno colindante. Los paneles los construyó el mismo arquitecto a base de radiadores planos convencionales, pintados de negro y cubiertos con un cristal doble. El depósito de calor consiste en un subterráneo de grava desde el cual se distribuye el calor a la casa y que además tiene una gran capacidad de almacenamiento.

Las basuras de la cocina son trituradas y pasan a un depósito donde, gracias a la proporción de calor y humedad que tiene, se transforman en gas metano. La producción no es mucha, pero si suficiente para alimentar la cocina y generar parte de la electricidad y la refrigeración. Para producir la electricidad que necesita en la vivienda, el arquitecto catalán emplea un molino de viento y módulos fotovoltaicos cuya producción se almacena en baterías.

La casa está construida con un armazón de tubos de hierro que se cubren con una malla metálica y que constituye un esqueleto similar al empleado por Jacques Michel en Francia. Los cristales que dan entrada a la luz del sol son dobles. El aislamiento térmico es total, lo

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

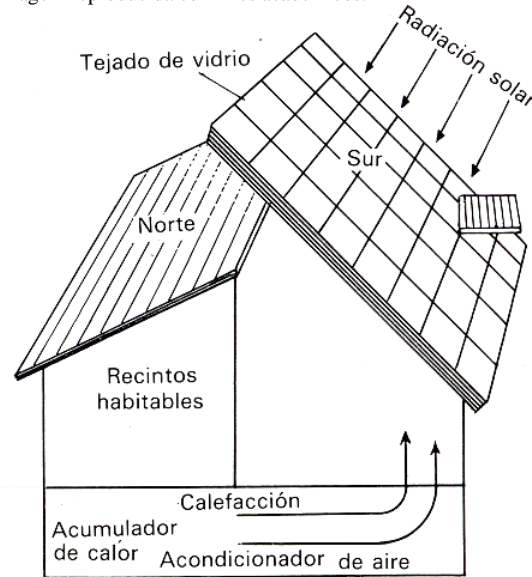


Figura 14.13  
Casa con calefacción solar, según Pacinotti con superficie de tejado aumentada 8 (cara al sur)

permite gastar mucha menos energía que con una construcción habitual.

### Casa Phillips.

En la República Federal Alemana se construyó en 1975 la casa experimental de los Laboratorios Phillips, emplazada en un parque de Aquisgrán, con una superficie habitable de 120 m<sup>2</sup>, apta para una familia.

Es un ejemplo de actitud íntegra en el sentido de que está concebida a partir de un modelo alemán de vivienda prefabricada en la que se ha intentado optimizar el consumo de energía favoreciendo tres tipos de medidas: reducción de las pérdidas de calor del propio edificio; recuperación del calor que llevan las aguas residuales y el aire evacuado; energía térmica necesaria proporcionada por la radiación solar.

Las necesidades energéticas en climatización han quedado reducidas a una sexta parte con relación al modelo normal, gracias a una disminución de las pérdidas caloríficas de las paredes, conseguida al añadir 25 cm. de fibra de vidrio, y al utilizar ventanas de doble vidriera provistas de una película que refleja los rayos infrarrojos y una carpintería que mejora la hermeticidad. A fin de recuperar las calorías arrojadas por las aguas residuales, se ha provisto un depósito de 1 m<sup>3</sup> que sirve para almacenarlas momentáneamente, antes de que una bomba de calor de 3.5 kW traslade dichas calorías a un almacenamiento de agua caliente de 4 m<sup>3</sup>; por medio de este procedimiento, el consumo de electricidad necesario para la producción de agua caliente doméstica queda reducido a una cuarta parte. Asimismo, se ha colocado un

intercambiador de calor de aire en el sistema de ventilación mecánica con el fin de transmitir las calorías del aire viciado al aire nuevo; esto permite una recuperación de calor de un 90%.

Por último se ha añadido en la vivienda un equipo destinado a la climatización solar. Se compone de 18 colectores de agua, con una superficie de captación de 20 m<sup>2</sup>, de un depósito de almacenamiento de 40 m<sup>3</sup>, y de un conjunto de convectores convencionales; cada una de estas unidades es autónoma y constituye un circuito completo.

Cuando la radiación solar se revela insuficiente para mantener el almacenamiento a la temperatura deseada, una bomba de calor extrae calorías del subsuelo de la casa.

Las necesidades de climatización de verano quedan satisfechas gracias a un muro alveolado de 65 m<sup>2</sup>, a través del cual pasa el aire exterior antes de ser distribuido.

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

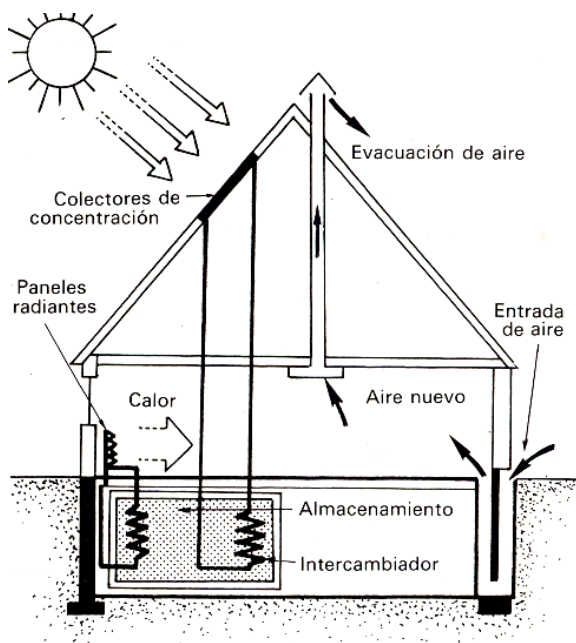


Figura 14.14 Casa Phillips. Sección con el esquema de funcionamiento.

Almacen de los benedictinos, en Pecos, Nuevo México, Estados Unidos.

Latitud: 35.5° N.  
 Propietario: Monasterio de los Benedictinos.  
 Ingeniero: Zomeworks – Arquitecto: M. Hansen.

770 m<sup>2</sup> de superficie útil (210 m<sup>2</sup> habitables), 2,820 m<sup>3</sup> de volumen útil (525 m<sup>3</sup> habitables), 163 m<sup>2</sup> de superficie de captación y 100 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento. El costo del equipo solar ha supuesto una quinceava parte del costo total de la construcción.

Este edificio es el fruto de la síntesis entre dos principios que se complementan; las aportaciones directas por los vanos y tragaluces y las aportaciones desfasadas gracias al muro macizo constituido por recipientes metálicos llenos de agua. Este último sistema, cuya invención se debe al arquitecto norteamericano Steve Baer, se compone de unos bidones de 115 litros pintados de negro y colocados, superpuestos en doble fila a lo largo de la fachada Sur, detrás de una vidriera. El efecto de invernadero provocado hace que se caliente la masa de agua (Figura 3) la captación queda acentuada por los paneles aislantes que hacen de reflectores una vez abiertos.

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España. Imagen Reproducida con fines académicos.

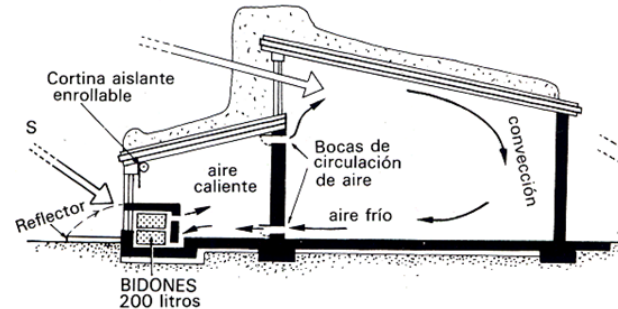


Figura 14.15 Croquis de la sección del edificio de los Monjes Benedictinos.

En invierno, la radiación solar penetra en el almacén a través de las vidrieras de la parte alta y en las oficinas a través de los ventanales; esta aportación directa se acumula en el interior y en la losa del suelo. Al mismo tiempo, los bidones de agua se calientan tras las vidrieras y almacenan el calor que se utiliza, cuando es necesario, abriendo los conductos de ventilación situados en el interior.

En verano, las ocultaciones interiores de las vidrieras y los paneles aislantes detienen el Sol durante el día. Durante la noche, en cambio, los paneles que protegían los bidones se abren con el fin de que se enfríen y se provoque así una ventilación interior para refrescar la masa térmica de la construcción.

Casa Egri, en Taos, Nuevo México (Estados Unidos).

35° latitud Norte.  
 Propietario: T. Egri.  
 Arquitectos: Hoppman, Hobbs y Kenin.  
 86 m<sup>2</sup> de superficie habitable, 200 m<sup>3</sup> de volumen habitable.

15 m<sup>2</sup> de superficie de captación (membrana)  
19 m<sup>3</sup> de volumen de almacenamiento (mixto).

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España.  
Imagen Reproducida con fines académicos.

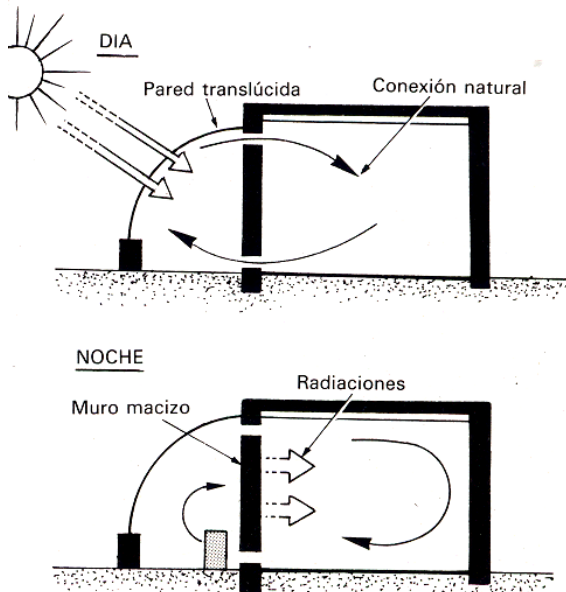


Figura 14.16  
Esquema de funcionamiento de la casa Egri durante el día y durante la noche.

Se trata de la restauración de una vieja construcción de bloques de adobe. Para calentarla se ha utilizado un principio análogo al del “Muro Trombe” y que bien podría denominarse “Invernadero Trombe”

Se caracteriza por una vidriera sobresaliente de la fachada, que recuerda un invernadero agrícola, pero que tiene como fin provocar un efecto de invernadero que permita calentar el muro y el suelo recubiertos por esta vidriera (Figura 4). El muro macizo está provisto de orificios en la parte alta y baja que sirven para poner en contacto el aire caliente del “invernadero” con el espacio interior cuando se desea. Mientras que el Muro Trombe solo consta de una pared maciza vertical, este sistema permite aumentar la masa disponible aprovechando el suelo y disponiendo además de una masa suplementaria en el espacio cerrado con cristales (por ejemplo, en este caso, bidones de agua).

El conjunto no funciona en absoluto como un invernadero habitable (en comunicación con el interior) en el sentido de que el muro macizo intermedio amortigua las temperaturas mínimas y máximas inherentes al invernadero y que la utilización del aire caliente del “invernadero” es modulable gracias a los orificios obturables.

El “invernadero Trombe” está formado por arcos de bóveda metálicos en forma de túnel, separados entre sí 45 cm y sosteniendo una doble membrana de plástico traslúcido de 0.15 mm, con un vacío de aire de 5 cm y

Fuente: Energía solar y agroenergética. Editorial CCC. España.  
Imagen Reproducida con fines académicos.

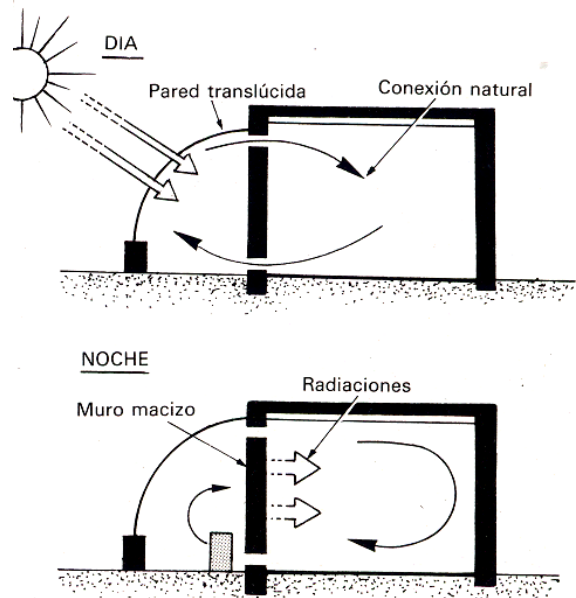


Figura 14.17  
Esquema de funcionamiento de la casa Egri durante el día y durante la noche.

tensada sobre la estructura gracias a unos pesos enganchados en la parte de abajo. Esta doble membrana representa una superficie de 15 m<sup>2</sup> y el volumen del invernadero equivale a 27 m<sup>3</sup>. La masa de almacenamiento del “invernadero” comprende un suelo de 13 m<sup>3</sup> de barro, un muro de adobe.

Un ventilador que se pone en marcha automáticamente sirve para evacuar el aire del “invernadero” hacia el exterior cuando éste sobrepasa los 50°, evitándose así un sobrecalentamiento. Por último, la doble membrana es móvil y puede ser retirada desde el principio del verano hasta el otoño.

En invierno, la radiación solar eleva la temperatura de la masa mixta del “invernadero” calentando el aire del mismo, la abertura de los registros de los edificios hace que se produzca una convección natural de aire entre el interior y el “invernadero” para que las habitaciones se calienten. El muro macizo restituye también, con un desfase útil, su calor hacia el interior por radiación.

En las estaciones intermedias, el ventilador evita que el aire del “invernadero” se caliente demasiado, pero en cambio por la noche permite que se produzca una restitución gracias a la inercia del muro macizo.

En verano no se produce ningún efecto de invernadero, ya que se retira la doble membrana; entonces la inercia térmica de los muros de adobe hace el papel inverso y absorbe el calor diurno del aire.

A vista de todas las experiencias no hay que suponer que en la práctica las instalaciones solares sean solo un mero lujo inmaduro y que requieran con frecuencia la ayuda auxiliar de la energía eléctrica o de los combustibles fósiles. La experiencia adquirida con las casas solares que se han descrito, demuestra de un modo determinante los bien y económicamente que se puede aprovechar la energía solar, muy particularmente en viviendas para una o dos familias.

No obstante, para que la energía solar resulte en general rentable en la calefacción de ambientes, deben cumplirse, al menos hoy por hoy, las siguientes condiciones previas:

1. Bajos costos de inversión. El costo de la instalación no debe de ser superior al 10% del costo de la vivienda. De aquí ya se ha demostrado en el proyecto de inversión solar, costos inferiores al 5%.
2. La energía solar transformada en energía aprovechable, no debe de resultar más cara que la correspondiente obtenida por medios convencionales; siempre y cuando se verifiquen los costos de producción de la energía convencional sin tomar en cuenta los subsidios gubernamentales.
3. Las instalaciones de energía solar deben de funcionar con la misma seguridad que pueden ofrecer los sistemas convencionales; además se puede garantizar la seguridad en los sistemas térmicos que no presentan los riesgos de explosión de los combustibles fósiles.
4. La regulación de las instalaciones solares, así como la comodidad que ofrecen en su manejo, deben de ser la misma que ofrecen las convencionales a las que el usuario está acostumbrado.
5. El estímulo para que el usuario decida una transformación al sistema solar, debe de estar fundamentado en un claro convencimiento de su conveniencia, tanto por parte del constructor como del usuario, así como los beneficios económicos y sociales que representa.

## Presentación de un proyecto de Energía Solar Térmica.

Una vez efectuados todos los cálculos, tanto técnicos como económicos, y realizado un estudio completo de la instalación proyectada, es necesario sistematizar toda la información acumulada y presentarla adecuadamente mediante el **proyecto de la instalación**.

Aunque en las pequeñas instalaciones no es costumbre la elaboración de un proyecto completo propiamente dicho, ya que supondría un costo adicional

que al fin y al cabo habría que ser soportado por el propietario, sí es preceptivo presentar al menos una serie de documentos que describan y expliquen precisa y claramente todos los aspectos de la instalación, adjuntando planos. Dicha documentación servirá de guía a los técnicos que montarán los equipos, caso de ser ejecutada la instalación por una empresa diferente a la que proyectó y, posteriormente, quedará en poder del propietario de la misma.

Aunque la forma de clasificación y presentación de un proyecto dependerá siempre del buen criterio del proyectista, quien podrá elaborar los documentos, planos presupuestos, entre otros, de la manera que considere idónea en función de las peculiaridades de la instalación y, quizás también de los requerimientos del cliente o propietario, se darán unas pautas generales, de acuerdo con la práctica habitual, sin pretender de ningún modo coartar la libre iniciativa del proyectista, el cual podrá efectuar las variaciones que estime convenientes, aunque siempre ha de ajustarse a las especificaciones que, según los casos, podrán serle exigidas.

En un proyecto deberán de definirse todos y cada uno de los elementos que componen la instalación, sus materiales, características, calidades, situación y dimensiones. Especial énfasis se dará a las consideraciones energéticas de la instalación.

El proyecto completo se suele dividir en varias partes. Por ejemplo, una posible división es:

1. Memoria.
2. Cálculos.
3. Planos.
4. Presupuesto.

En el presupuesto, tomado en su acepción más amplia posible, deberán incluirse no sólo las mediciones, el número y precio de cada componente, sino también las condiciones de montaje, las calidades de los materiales de acuerdo con su precio, e incluso se podrá incluir también el pliego de condiciones contractuales, administrativas y comerciales.

Otras veces, en la memoria del proyecto - que puede subdividirse a su vez en varios apartados - se podrán incluir todos los cálculos y segregar todas las condiciones, tanto técnicas como de otro tipo, en el llamado **Pliego de Condiciones**, quedando entonces el proyecto dividido de esta forma:

1. Memoria.
2. Planos.
3. Pliego de Condiciones.
4. Mediciones y Presupuesto.

Como anexo optativo, pero muy conveniente, se podrá efectuar un estudio de la rentabilidad de la

instalación, detallando el plazo de amortización y otros parámetros significativos.

Por último, no debe de descuidarse el aspecto exterior de los documentos que componen el proyecto, que deberá de ser de total pulcritud, pudiendo encuadernarse o presentarse en carpetas adecuadas. Se admite, no obstante que ciertas partes del proyecto, por su naturaleza (tablas, cálculos, entre otros), se presenten manuscritos, aunque el resto del mismo deberá hacerse a máquina, bien sea ésta mecanográfica o impresa de la computadora.

Del original del proyecto es conveniente sacar tantas copias como sea necesario, que serán las que se manejarán, debiéndose firmar cada copia.

La claridad y el aspecto agradable de un Proyecto son cualidades que hablan por sí solas del profesional que lo ha preparado, aunque tampoco se debe de caer en el extremo opuesto, exhibiendo un proyecto demasiado recargado o con una encuadernación demasiado lujosa, lo cual es pérdida de tiempo (y de dinero) innecesaria.

Este proceso, que en la práctica profesional y empresarial se sigue con la elaboración del anteproyecto, proyecto y presupuesto previo, y las normas generalmente aceptadas en cuanto a los honorarios de los distintos profesionales, las relaciones comerciales con el cliente, entre otros; se expone a continuación los aspectos puramente técnicos o formales de los documentos que entran a formar parte del proyecto.

### **Memoria.**

La memoria, en su acepción más amplia, puede comprender varios apartados diferentes.

Se comienza con una breve descripción del objeto y propósito de la instalación, quien va a ser el beneficiario o usuarios de la misma, los datos completos del cliente, sea éste persona física o moral.

Puede incluirse, si se desea, una breve reseña de lo que significa el uso de la energía solar, sus ventajas de tipo ecológico, su posición frente a otras alternativas, entre otros.

A continuación se entra inmediatamente en la memoria técnica, que comienza adjuntando todos los datos de partida y hoja de carga que sirvieron de base para la elaboración del proyecto. Pueden adjuntarse tablas de radiación y datos climatológicos de la zona donde vaya a ubicarse la instalación.

Se describirán los edificios existentes o en proyecto en el entorno de la zona de colectores, especificando el número de plantas permitido por los ordenamientos urbanos de los terrenos vecinos.

Seguirá una descripción del edificio y de sus principales características constructivas y térmicas, así como su capacidad de carga, considerándose el peso de los colectores, la estructura que los soporta y la acción del viento.

A continuación se entra en la parte central de la memoria, que comprende una descripción lo más completa posible de la instalación en sí, haciendo referencia, si es preciso, a los planos del proyecto.

Se justificarán las medidas tomadas para un uso racional de la energía auxiliar, especificándose el tipo de ésta.

Se justificará, si procede, el cumplimiento de las normativas vigentes y, en general, se justificarán debidamente todas las soluciones adoptadas.

La memoria concluye con la exposición de los resultados finales previstos, que se justificarán en el apartado de "Cálculos".

### **Cálculos.**

Partiendo de los datos iniciales, se expondrá claramente y por separado el cálculo de cada elemento de la instalación por los métodos explicados con anterioridad, incluyendo los cuadros o gráficos necesarios. En aquellos casos en que los cálculos hayan sido realizados mediante un programa de computadora podrán adjuntarse, como anexos, las hojas de salida o "corridas" que éste produzca.

Se deberán de redondear los resultados adecuadamente, y no presentar mayor número de cifras significativas que las permitidas por el propio margen de error de cada proceso de cálculo.

Cuando el cálculo se hace en ábacos o tablas no incluidas en el proyecto se deberá explicar con precisión su procedencia (libro, autor, reglamento, entre otros.).

Para justificar las operaciones o pasos intermedios efectuados, podrán adjuntarse las hojas o borradores, incluso manuscritas, que detallen los mismos.

Una memoria de diseño completa, así como el conjunto de los cálculos en relación con la misma, debe contemplar al menos los siguientes puntos:

- Cargas de consumo.
- Energía disponible.
- Superficie colectora.
- Volumen de acumulación.
- Selección de la configuración básica.
- Fluido de trabajo.
- Sistema de captación.



- Sistema de acumulación empleado.
- Sistema de intercambio.
- Circuito hidráulico.
- Sistema de energía auxiliar.
- Sistema eléctrico y de control.
- Características técnicas de los componentes.
- Materiales y protecciones.
- Estructura soporte.
- Descripción del proceso de montaje.
- Recepción y pruebas funcionales de la instalación.
- Mantenimiento.

Se describirán con especial detalle, dentro del capítulo de características técnicas de los componentes, aquellas referidas al colector, acumulador y bombas, extraídas a partir de la información proporcionada por el fabricante del mismo.

Especificaciones referentes a los colectores:

- Dimensiones totales y área de la superficie efectiva de captación.
- Material y transmisividad de la cubierta, así como el tipo de cierre de la misma.
- Tipo de configuración del absorbedor; materiales y tratamiento del mismo.
- Situación y dimensiones de las tomas de entrada y salida.
- Materiales de las juntas de sellado de la cubierta y de las salidas de las conexiones del circuito.
- Material de la carcasa.
- Situación y configuración de los puntos de amarre.
- Materiales aislantes.
- Esquema general del colector.
- Ecuación y gráfico que indique su rendimiento.
- Peso en vacío.

Especificaciones referentes a los acumuladores.

- Capacidad real.
- Principales dimensiones.
- Presión máxima de trabajo.
- Situación y diámetro de las bocas de conexión.
- Situación y especificación de los puntos de sujeción y/o apoyo.
- Temperatura máxima de utilización.
- Tratamiento y protección.
- Material y espesor del aislamiento y características de su protección.
- Peso en vacío.

Especificaciones referentes a las bombas de circulación.

- Tipos de fluidos compatibles.
- Caudales volumétricos y alturas manométricas.
- Temperatura máxima de trabajo.

- Presión de trabajo.
- Velocidad de rotación.
- Potencia absorbida.
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección del motor.
- Marca, tipo y modelo.

### Planos.

No existe regla fija que establezca el número de planos, su tamaño, entre otros, que debe de presentarse pero, en general, se puede afirmar que deberán de realizarse todos los que sean necesarios para una perfecta visualización y comprensión tanto de la instalación globalmente considerada como de sus detalles más importantes, a fin de que el instalador pueda interpretar perfectamente lo que el proyectista haya concebido.

Aunque la presentación en este tipo de papel sea óptimo, no es imprescindible realizar los planos en papel albanene, pudiéndose delinear manualmente o con ayuda de una impresora o “plotter” gobernado por un programa de diseño asistido por computadora (CAD). En ambos casos se requieren los servicios de un profesional especializado (un dibujante).

Si el tamaño de la instalación es pequeño, puede ser suficiente realizar los planos en un formato tamaño carta o DIN A4. si se utilizan tamaños mayores, las copias de los planos deberán plegarse en forma adecuada para ser presentados y archivados en tamaño carta, que resulta más cómodo manejar. En cualquier caso no es recomendable utilizar una escala menor a 1:100.

Como complemento a los planos delineados podrán incluirse croquis a mano alzada siempre que estén perfectamente realizados y no generen dificultades en su interpretación.

Se recomienda elaborar al menos los planos siguientes:

- Un plano de situación general del edificio donde se va a realizar la obra dentro de su entorno geográfico, que permita conocer todos los accidentes naturales o de construcción en los alrededores del mismo. También puede adjuntarse una fotocopia de un mapa local de escala suficientemente alta.
- Un plano general del edificio o vivienda, extraído del proyecto de construcción, en el que se aprecien los elementos que van a guardar relación con la instalación solar (acometidas de agua, instalación hidráulica, eléctrica, entre otras).
- Un plano general de la instalación solar.
- Varios planos mostrando los elementos y partes más característicos (campo de colectores, acumulador, conexión eléctrica, entre otros).

→ Detalle de ejecución de puntos singulares (anclajes, sujeciones de tuberías, válvulas, entre otros).

Todos los símbolos gráficos de los accesorios y elementos de la instalación que se muestran en el plano deberán de ser fácilmente identificables, ajustándose a las normas habituales. En cualquier caso siempre es aconsejable que en aquellos elementos menos frecuentes se rotule su nombre bajo el grafismo utilizado para su representación, con el fin de evitar posibles dudas y confusiones. Un ejemplo de la simbología empleada se muestra al final del presente reporte.

## Presupuestos.

### Aspectos generales que afectan a los presupuestos.

La preparación de un presupuesto ajustado a la realidad de los costos atribuibles a la ejecución de una instalación es un proceso fundamental para el instalador. Los presupuestos mal confeccionados son una de las causas del fracaso empresarial de una instaladora de energía solar. Un caso frecuente, por ejemplo, es no tener suficientemente en cuenta los gastos posteriores a la terminación de la instalación, especialmente durante el tiempo de garantía. En este sentido la coincidencia entre un presupuesto y los costos reales está muy ligada con la calidad de las instalaciones. Una instalación mal realizada es una fuente inagotable de costos adicionales.

Con el presupuesto están relacionados otros documentos y aspectos que pueden influir notablemente sobre su valor final.

#### a) El contrato de la instalación.

El contrato en relación con el presupuesto, junto con lo aspectos legales, además del precio total, debe de

Fuente: *"Instalaciones de energía solar : Curso programado"*, Sevilla : ProgenSA. Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.18

**La partida presupuestaria correspondiente a la mano de obra de la instalación suele ser importante sobre todo si se requieren medios mecánicos.**

especificar con precisión qué trabajos y materiales están incluidos en el precio global y cuales no. Los costos más importantes que usualmente no se incluyen en el presupuesto, y por tanto van a cargo del usuario, son:

- Acometida eléctrica y de agua.
- Consumo de energía y agua durante la instalación.
- Costo de los permisos oficiales.
- Obras auxiliares de albañilería y pintura: construcción de bancadas de obra para equipos y depósitos, recepción de las fijaciones de tuberías, pasamuros, retoques, entre otros.
- Andamiajes.
- Peonaje para el movimiento de carga y descarga de materiales y equipos.

Estos costos adicionales y particularmente las obras de albañilería, son difíciles de evaluar previamente, razón por la cual es aconsejable que corran a cargo del cliente. Esto no ofrece dificultad cuando la instalación forma parte de la obra de una vivienda, cuyo contratista normalmente toma a su cargo estos trabajos.

#### b) Memoria técnica de la instalación.

El presupuesto debe de acompañarse de una memoria técnica o proyecto cuya complejidad dependerá del volumen económico y la dificultad de la instalación. Lógicamente, la exactitud del proyecto incluye los costos finales y, por tanto, en la rentabilidad económica y en la facilidad de venta de la instalación. En el caso de la instalaciones solares conviene diseñarlas muy ajustadas e incluso ligeramente subdimensionadas, es decir, con una relación entre el volumen del depósito y el área de colectores alta. Esto se traduce en instalaciones seguras y económicamente rentables. Por otro lado, las instalaciones deben diseñarse con criterios de simplicidad en el trazado del circuito y coeficiente de seguridad no superiores a 1.5, de forma que sean menos costosas.

#### c) Manual de operación y mantenimiento.

Este documento es importante para el instalador por las consecuencias económicas de una mala operación o mantenimiento de las instalaciones. Debe de entregarse al usuario al finalizar la instalación y su costo incluirse en el presupuesto.

El manual debe de distinguir claramente tres aspectos:

- 1) Las operaciones, siempre sencillas, a realizar por el usuario para el correcto funcionamiento del sistema, tales como las maniobras de arranque y parada de la instalación y la regulación de los termostatos y controles. Por ejemplo: la regulación de la temperatura de suministro de agua caliente o la temperatura de acondicionamiento de espacios en instalaciones de calefacción.

2) El mantenimiento primario a cargo del usuario, que en ocasiones se incluye entre las operaciones de funcionamiento, pero que conviene distinguir. Las principales operaciones de mantenimiento son:

- Control de la presión del circuito.
- Purgado del circuito.
- Sustitución de fusibles.

3) El mantenimiento a cargo del instalador, que incluye las operaciones que por su dificultad deben de ser por personal autorizado.

El manual de operación y mantenimiento puede, indirectamente, influir sobre el costo real, ya que una operación o mantenimiento deficientes son causa frecuente de averías, que si se producen durante el período de garantía, fácilmente se transforman en costos adicionales a cargo del instalador.

realizadas en forma periódica por el uso normal de la instalación y cuyo costo debe de ser abonado por el usuario. En contrato de mantenimiento es importante para el instalador, ya que a éste no le conviene que la instalación no esté adecuadamente mantenida y pueda tener problemas durante el período de garantía, situación que siempre es fuente de gastos.

### Tipos de presupuesto.

La forma de realizar un presupuesto depende básicamente del tamaño y complejidad de la instalación. Así tenemos:

- Presupuestos de grandes y medianas instalaciones, que normalmente deben de realizarse por partidas completas de obra, de forma similar a los presupuestos utilizados en la construcción.
- Presupuestos de instalaciones medianas y pequeñas, para los que puede utilizarse la forma anterior o los

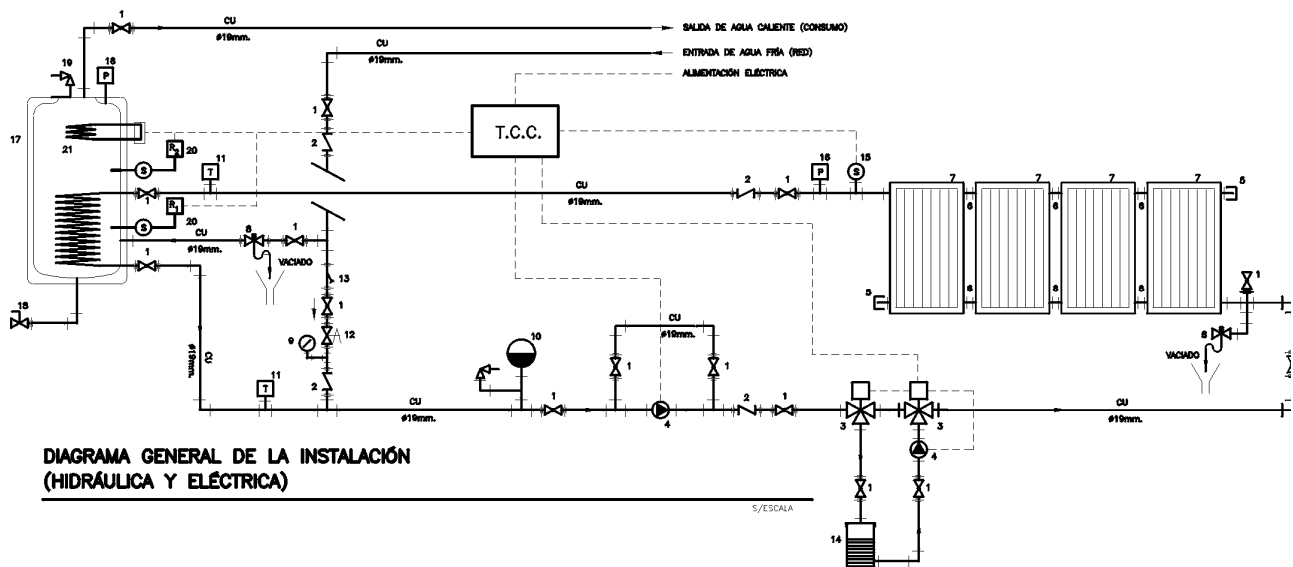


Figura 14.19  
Plano de una instalación para agua caliente solar. CRZ

d) Garantía.

La garantía debe incluir claramente el plazo de revisión y los materiales y equipos cuyo fallo implica su sustitución. En este sentido conviene no confundir lo incluido en la garantía con lo que corresponde al contrato de mantenimiento.

e) Contrato de mantenimiento.

El contrato de mantenimiento debe de ser establecido desde el comienzo de la entrada en servicio de la instalación, debiendo procurarse que en todo caso sea obligatorio para el período de garantía y el de mantenimiento. El contrato de mantenimiento incluye las operaciones y cambio de componentes que deben de ser

presupuestos por partidas globales de materiales, equipos y mano de obra total.

- Presupuestos de instalaciones compactas unifamiliares, que pueden ser realizados en forma muy simplificada.

a) Presupuestos por partida de obra.

Esta forma de presupuestar es adecuada para instalaciones de cierta importancia y preferible en todo caso en las grandes instalaciones. Suele ser exigido cuando la instalación solar forma parte de la obra de un edificio, como una de las grandes instalaciones del mismo, de forma que el presupuesto de la instalación solar constituya una de las partidas del total de la obra.

SIMBOLOGÍA FRECUENTEMENTE UTILIZADA EN LAS INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

	Acumulador		Intercambiador exterior.
	Aislante		Intercambiador interior.
	Bomba de circulación		Luz piloto.
	Calentador instantáneo a gas.		Manómetro.
	Colector solar		Manta aislante.
	Colector solar		Instrumento de medida en general.
	Compensador de dilatación		Noche.
	Depósito de expansión y recogida.		Llave de paso abierta.
	Depósito de reserva.		Llave de paso cerrada.
	Día		Presostato.
	Dilatador		Purgador de aire.
	Embudo de llenado.		Purgador de aire.
	Vaso de exoansión abierto.		Purgador automático.
	Vaso de expansión cerrado		Quemador atmosférico.
	Grifo o punto de consumo.		Quemador de presión.
	Grifo macho.		Regulador diferencial.
	Grifo de purga.		Serpentín.
	Hielo o riesgo de heladas.		Sonda de insolación.
	Interacumulador.		Sonda de temperatura.
			Tapón.

Figura 14.20. Simbología empleada en proyectos de instalaciones solares térmicas. CRZ



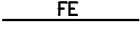
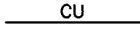


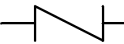


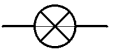

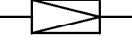




	Termo individual eléctrico.
	Termostato.
	Tubo de acero.
	Tubo de cobre.
	Válvula de tres vías.
	Válvula de cuatro vías.
	Válvula antirretorno.
	Válvula de esfera.
	Válvula de flotador.
	Válvula o llave de paso en general.
	Válvula de mariposa.
	Válvula reductora de presión.
	Válvula de retención.
	Válvula de seguridad.
	Válvula de seguridad.
	Válvula de seguridad.

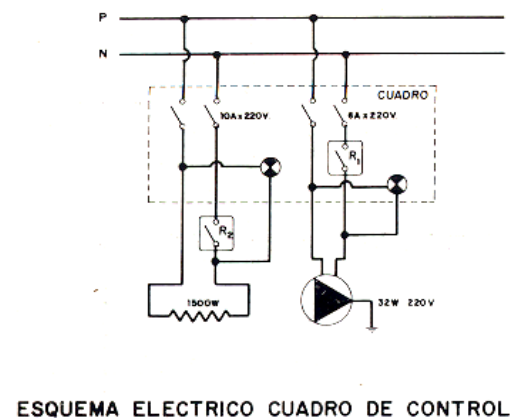
Figura 14.21  
Simbología empleada en proyectos de instalaciones solares térmicas. CRZ

El presupuesto se realiza dividido en partidas, cada una de las cuales incluye el total de los materiales, equipos, mano de obra y trabajos subcontratados (si los hay) necesarios para ejecutar un conjunto bien diferenciado de la instalación.

Las ventajas de este sistema son:

- Permite calcular mejor los costos de mano de obra, materiales y accesorios necesarios, al dividirse en operaciones técnicamente bien definidas y conocidas, de las cuales el instalador tiene experiencia y datos de otras obras.
- Permite juzgar y comparar mejor el presupuesto, ya que se trabaja sobre datos reales procedentes en parte de la obra, especialmente cuando la instalación forma parte de una edificación y es el contratista el que juzga en nombre del usuario.
- Permite al instalador obtener mayores beneficios de los descuentos sobre materiales y equipos, que se producen como resultado de su iniciativa y volumen de ejecución. Este aspecto es importante ya que en él reside parte de los resultados económicos reales atribuibles a una instalación concreta, que en relación con los gastos totales de la empresa, tanto financieros como de funcionamiento, y del volumen total de la

Fuente: "Instalaciones de energía solar: Curso programado", Sevilla: Progensa. Imagen reproducida con fines académicos.



**SIMBOLOS ELECTRICOS**






	AUTOMATICO MAGNETOTERMICO.
	REGULADOR O TERMOSTATO DIFERENCIAL.
	TESTIGO FUNCIONAMIENTO BOMBA Y RESISTENCIA.
	CUADRO DE CONTROL.
	RESISTENCIA DE APOYO.

Figura 14.22.  
Esquema eléctrico de una instalación de agua caliente solar.

obra ejecutada en el período contable, determinarán los beneficios reales. En otras palabras, es en este punto donde normalmente incide una parte del resultado económico real que debe de obtenerse de una instalación.

El presupuesto normalmente se realiza en hojas normalizadas. El número de partidas no es necesariamente fijo y depende de las costumbres del instalador. A modo de ejemplo se pueden señalar las siguientes:

- Construcción, montaje, protección y pintura de la bancada de fijación de colectores, incluidos materiales, fabricación y mano de obra de instalación de prueba. No suele incluirse la mano de obra de albañilería para el recibo de la estructura.
- Montaje de la batería de colectores, incluido el costo de los colectores, accesorios y mano de obra de instalación y prueba.
- Montaje del depósito acumulador, incluido el costo del depósito, válvula de seguridad, llaves de cierre, circuito de descarga, aislamiento y mano de obra para el movimiento y recibo del acumulador.
- Intercambiador de calor (cuando es exterior), incluido el costo del equipo, accesorios, aislamiento y mano de obra de instalación y prueba.
- Grupo de bombeo, definido en forma similar.
- Montaje de tuberías, definido como “montaje de un número determinado de metros de tubería aislada, completamente terminada y probada, incluidos materiales y mano de obra”. En este grupo pueden incluirse los equipos de llenado y drenaje, accesorios, vaso de expansión, purgadores y otros equipos o especificarse por separado.
- Montaje del cuadro eléctrico, control y sensores, incluidos equipos, mano de obra de instalación y pruebas eléctricas.
- Anticongelante, inhibidores y mano de obra, para las operaciones de llenado.

A estas partidas deben de sumarse las siguientes cantidades:

- Beneficio industrial, calculado como un porcentaje del valor total de las partidas anteriores de acuerdo con las normas usuales para las instalaciones industriales.
- Impuestos oficiales (IVA)

El presupuesto se completa con los siguientes aspectos:

- La indicación clara de los materiales y trabajos no incluidos en el costo global y que por tanto va a cargo del usuario.
- El plazo de garantía.
- El plazo de entrega.
- Las condiciones de pago.

Usualmente, la garantía es de un año, con excepción de las instalaciones subvencionadas que deben ajustarse a lo exigido por el Organismo que subvenciona. En todo caso conviene distinguir entre la garantía de la instalación global, de la cual es responsable directo el instalador, de la garantía de los equipos, que debe de ser repercutida por el instalador sobre el fabricante. En todo caso el instalador debe de procurar no dar garantías superiores a las fabricadas por los fabricantes de los equipos.

Un último aspecto del presupuesto son las cláusulas de revisión del costo, de acuerdo con las disposiciones oficialmente aprobadas. Es aconsejable incluir estas cláusulas en el presupuesto cuando se trata de instalaciones grandes donde se prevé que el montaje se prolongará e incluso pueda depender de la terminación de otras fases de obra, como ocurre cuando la instalación solar forma parte de un edificio en construcción.

#### b) Presupuestos por partidas globales.

Esta forma de presupuestar puede ser de ejecución más sencilla en obras pequeñas y para instaladores con escasa experiencia. En general, tiene mayor dificultad de evaluación para los contratistas experimentados, aunque permite comparar fácilmente los costos de los equipos. En grandes obras presenta mayores riesgos de error para el instalador.

Fuente: “*Instalaciones de energía solar : Curso programado*”, Sevilla : Progen. Imagen reproducida con fines académicos.

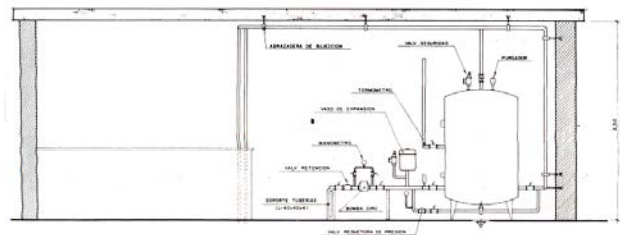


Figura 14.23  
Vista en alzado del depósito acumulador de ACS.

El presupuesto puede dividirse en las siguientes partidas:

- Costo de los colectores.
- Costo de la construcción de la estructura de fijación.
- Costo del depósito o depósitos acumuladores.
- Costo del intercambiador de calor cuando esta al exterior.
- Costo de tuberías y accesorios.
- Costo del vaso de expansión.
- Sistema eléctrico y de control.
- Aislamiento.
- Pequeño material y varios: oxígeno, acetileno, cáñamo, pinturas, electrodos, entre otros.
- Anticongelante e inhibidores.

- Mano de obra de instalación.
- Transporte a obra.
- Dirección técnica.
- Pruebas de funcionamiento.
- Beneficio industrial.
- Impuestos (IVA)

Fuente: “*Instalaciones de energía solar : Curso programado*”, Sevilla : Progensa. Imagen reproducida con fines académicos.

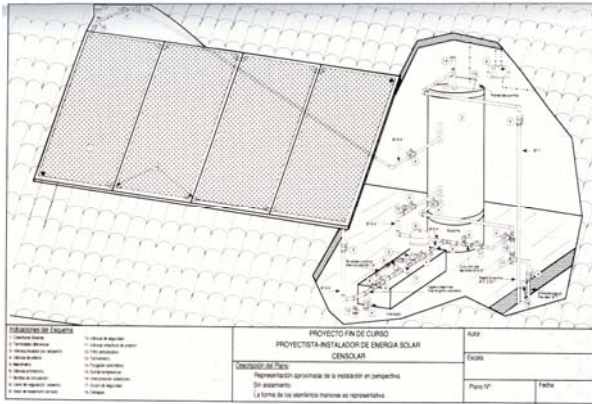


Figura 14.24  
**Perspectiva de una instalación de ACS, mostrando simultáneamente los colectores sobre el tejado y los demás componentes detrás del mismo, resulta muy explicativo y ayuda al instalador a hacerse una perfecta idea del conjunto.**

Un caso particular son los costos generales de la empresa (costos indirectos), los cuales pueden repercutirse en las partidas anteriores o incluirse de forma separada como un porcentaje del valor total.

El presupuesto de completa de forma similar al caso anterior.

#### c) Presupuestos de sistemas compactos unifamiliares.

Este tipo de presupuestos, dado su bajo costo global, debe de ser muy simplificado. Por otro lado, el sistema compacto se fabrica íntegramente en la fábrica lo cual fija su costo, al mismo tiempo que el instalador realiza únicamente funciones muy simples de instalación, como es la fijación en obra del equipo y las conexiones hidráulicas a la red, al circuito de agua caliente y a la toma eléctrica. La instalación se termina con el llenado y puesta a punto.

De forma práctica el presupuesto debe de realizarse de forma global, sin partidas diferenciadas, o utilizarse el sistema de partidas globales, de las cuales el principal es el costo del equipo compacto.

### PRESENTACIÓN DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO.

Los aspectos generales sobre la elaboración de proyectos mencionados para los proyectos fototérmicos son

también aplicables para que caso de que éstos sean de generación de electricidad fotovoltaica, aunque suelen ser más simples y reducidos que los proyectos de energía solar térmica. En los casos más simples, de instalaciones de menos de 100 W de potencia instalada, incluso puede sustituirse el proyecto por una breve reseña de las características de la instalación. Para instalaciones mayores se recomienda elaborar un proyecto, compuesto de las partes que se describen en los apartados siguientes.

### Memoria.

La memoria comienza con las hojas de datos, en las que habrá recopilado toda la información previa referente a la instalación.

Una vez especificado el objeto del proyecto, se señalará la ubicación exacta del lugar de la instalación, el tipo de construcción que afecta (si se trata de vivienda, local industrial, nave agrícola, entre otros), y las características de ésta (superficie, volumen, orientación, posibles sombras, accesibilidad, entre otros.).

No han de olvidarse los datos referentes al titular de la instalación (nombre, profesión, señas, entre otras) y si ésta se va a realizar por cuenta del propio titular o futuro usuario, o bien por medio de terceros (contratistas). Así mismo, si el destino de la instalación va a ser un servicio público, hay que especificar el organismo estatal o autónomo responsable, departamento, entre otros.

Puede seguir una información de datos geográficos y meteorológicos de la zona, tablas de radiación, condiciones extremas de viento, temperatura, humedad, entre otros.

Se reseñarán antecedentes si es que existen, de otras instalaciones fotovoltaicas de la zona y, si se conocen, de su comportamiento y resultados.

Se hará constar la distancia mínima del lugar de la instalación a la red general de distribución de energía eléctrica, así como de la existencia o no, por parte de la Compañía Eléctrica correspondiente, de planes de variación o trazado de nuevas líneas en un futuro cercano.

A continuación se pueden intercalar hojas de datos referentes a la necesidad y características del consumo, haciendo un estudio lo más completo posible de las necesidades a cubrir, de acuerdo con las conversaciones previas con los propios usuarios y obteniendo unos valores para la energía requerida, bien sean diarios, semanales, mensuales o anuales, con todas las consideraciones que se juzgue conveniente hacer (opciones alternativas, necesidad de convertidores, recomendaciones, entre otras).

Llegados a este punto, y con toda la información anterior, ya se puede hacer una exposición razonada de la conveniencia y viabilidad de la instalación, justificando la opción elegida y demostrando que puede cubrir, con el adecuado dimensionado, las necesidades expuestas. En este apartado puede incluirse una breve descripción de lo que significa el proceso de generación fotovoltaica, sus ventajas y limitaciones.

Si los cálculos se han segregado, como es recomendable, del cuerpo principal de la memoria, formando capítulo aparte, se hará referencia en la misma a los resultados obtenidos, que compeltarán los datos cuantitativos de la solución adoptada. También, si fuese necesario, se harán referencia a los planos, numerando y clasificando éstos para mayor comodidad.

En resumen, le memoria describirá compeltamente la instalación en sí y cada una de sus partes, ayudándose, si es preciso, con copias de la documentación de componentes obtenidas de los catálogos de los fabricantes.

Se hará constar en la memoria que se cumplen con las disposiciones legales vigentes que puedan afectar a la instalación y aquellas otras derivadas de condicionamientos particulares (imposiciones del

proyecto general, requisitos para ayudas oficiales, entre otros.)

Por último, hay que justificar la conveniencia de la instalación efectuando un pequeño estudio de comparación drente a otras posibles alternativas (tendido de una nueva línea, generadores de combustible, entre otros) en el que se tendrán en cuenta tanto los factores de tipo económico como de tipo ambiental y social.

La memoria puede terminar con la información que el proyectista juzgue conveniente adjuntar referente al tiempo estimado de duración de la obra, referencias técnicas o bibliográficas, posibilidades de obtención de financiamiento u otras ayudas, entre otros.

El orden secuencial que se ha descrito para la confección de los documentos que integran la memoria puede ser alterado por el proyectista para, dentro de un criterio lógico, adaptar ésta a su estilo particular, sin que exista una norma rígida que imponga restricciones en ello.

La extensión total y el grado de detalle también puede ser variable, aunque se recomienda ser concretos, evitando prolongar innecesariamente la exposición de cada capítulo. Considerar que la memoria y el proyecto

EJEMPLO

CENSOL 4.0 (Windows-16 bit), © PROGNSA, 1998-2000

Fecha: 25-10-06  
 Aplicación: Fotovoltaica (sin nombre)  
 Situación: Ciudad de México: (19.1 °N)

DATOS	RESULTADOS
Mes más desfavorable: DIC	Rendimiento (R): .78
Días de autonomía: 3	Horas de sol pico: 4.67
Pn de cada panel (w): 110	Capacidad de batería: 1099 A·h
Vn de la batería (V): 12	Número de paneles: 5
Corrección de H: 0.95	
Inclinación: 20°	
Desviación N-S (B): 0°	
kb (acumulador): 0.05	
ka (autodescarga): 0.005	
pd (prof. descarga): 0.5	
kc (convertidor): 0.0	
kv (varias): 0.15	
Consumo total (w·h): 1705	

Consumos medios diarios:

Descripción	Potencia (w)	Tiempo (h)	Consumo (w·h)
Computadora PC (CPU)	150	4	600
Monitor	100	4	400
Escaner	18	1	18
Impresora	87	1	87
Televisión	95	5	475
Luminaria	25	5	125
<b>TOTAL:</b>	<b>475 w</b>		<b>1705 w·h</b>

Figura 14.25

Ejemplo de la salida de impresora de un programa que calcula el número de paneles y la capacidad necesaria del acumulador con sólo introducir datos sobre la localización de la instalación y el consumo. CRZ



completo de una pequeña o mediana instalación deben de ser breves y sencillos, ya que un gran proyecto sería superfluo y haría subir el presupuesto, al repercutir en el costo de la elaboración del mismo.

### **Cálculos.**

Se agruparán en esta parte del proyecto los cálculos de cada uno de los componentes de la instalación.

Como mínimo es imprescindible calcular, además de la energía necesaria, el número de paneles y su potencia, y dimensionar el acumulador, sistemas de regulación, convertidor y cableado.

Si los cálculos se realizan mediante un programa de computadora, se aduntarán todas las salidas impresas que produzca el programa, justificando la validez del mismo y acreditando su procedencia.

Los resultados de los cálculos que conduzcan al dimensionado de los elementos de la instalación deberán de ser conformes con las especificaciones mínimas legales vigentes o, por el contrario, adoptar los valores mínimos conforme a dichas especificaciones en sustitución de los calculados.

### **Planos.**

Se recomienda adjuntar al menos un plano general de la instalación y otro específico del cableado de la misma (para facilitar a los operarios la conexión) en el que se distinga perfectamente la polaridad de cada conductor.

Además, deben de añadirse otros planos de detalle, croquis o fotocopias de documentación técnica que posibiliten una clara comprensión de la forma de conectar cada elemento con los conductores correspondientes.

También es preciso proporcionar planos o croquis de la estructura de los paneles, para que su montaje se realice sin complicación.

### **Presupuesto.**

La confección del presupuesto no suele ofrecer dificultad, ya que únicamente han de obtenerse los precios del mercado en la fecha de elaboración del mismo de todos los componentes de la instalación, que no son numerosos.

Las partidas más importantes corresponderán lógicamente, a la de los paneles y la batería de acumuladores, aunque si la instalación lleva convertidor senoidal, éste, según su potencia, puede tener un costo incluso superior al del resto de los elementos.

El presupuesto para una instalación fotovoltaica real se desglosará, como mínimo, especificando el costo unitario de los siguientes elementos:

- Paneles.
- Estructura de los paneles.
- Obra de albañilería necesaria ( en caso de que ésta sea también contratada).
- Cableado.
- Reguladores.
- Acumuladores.
- Convertidores.
- Otros sistemas de control y regulación.
- Elementos de consumo (luminarias, bombas, entre otros) en caso de incluirse.
- Otros elementos auxiliares del circuito de consumo (interruptores, llaves, entre otros).
- Pequeño material (abrazaderas, tornillos).
- Transporte.
- Mano de obra.
- IVA.

Los precios de los diversos aparatos se ajustarán al normal en el mercado minorista. Ha de tenerse en cuenta que, sin embargo, los proveedores suelen hacer al instalador un descuento, variable según los casos y cantidades, por lo que éste obtendrá un beneficio adicional, que a veces es prácticamente el mismo margen con que se cuenta.

Es importante que el cliente acepte el presupuesto en el menor tiempo posible, ya que la fluctuación del mercado, sobre todo en el precio de los paneles fotovoltaicos, puede afectar sensiblemente la oferta. En cualquier caso el tiempo máximo que debe de especificarse que el presupuesto será mantenido deberá de ser de un mes.

Tampo hay que olvidar que la aceptación del presupuesto se hace de forma implícita al firmarse el contrato de la instalación y que la empresa instaladora queda comprometida a partir de dicho instante a realizar la instalación en el tiempo y modo previstos y, lo que es muy importante, a mantener las garantías exigibles, bien sean obligadas por ley o voluntariamente reflejadas en el contrato.

En la valoración del transporte hay que tener en cuenta no sólo la distancia del lugar de la instalación, sino la posible dificultad del camino, que a veces hace necesario el alquiler de vehículos todo terreno.

En el cálculo del costo de la mano de obra es preciso saber si se van a necesitar los servicios de personal ajeno (subcontratos), por ejemplo los de los electricistas o albañiles, y consultar previamente los precios de los mismos, que a veces son muy variables según las zonas y la mayor o menor facilidad de contratar personal calificado.

El presupuesto en realidad forma parte inseparable del contrato de instalación, que a su vez se referirá al proyecto presentado (caso de realizarse) o al menos al

pliego descriptivo de las características de la misma. También el plazo de ejecución, garantías, asistencia técnica, entre otros, quedarán reflejados documentalmente con toda claridad.

La tramitación de las posibles subvenciones o ayudas corresponde al titular de la instalación, aunque es costumbre que la empresa instaladora, como parte evidentemente interesada, facilite a éste las gestiones, ya que tendrá experiencias anteriores, e incluso efectúe la presentación de la solicitud ante el Organismo correspondiente.

**Simbología usada en instalaciones fotovoltaicas.**




















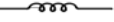


	Amperímetro.
	Batería.
	Borne.
	Caja de derivación.
	Condensador.
	Contador de amperes-hora.
	Contador de Watts-hora.
	Corriente alterna.
	Corriente continua.
	Cruce con conexión.
	Cruce sin conexión.
	Derivación.
	Diodo.
	Interruptor bipolar.
	Empalme desmontable.
	Empalme fijo.
	Interruptor unipolar.
	Fusible.
	Generador.
	Inductancia.
	Interruptor.
	Lámpara.

Figura 14.26 Simbología empleada en instalaciones fotovoltaicas. CRZ

	Motor
	Panel fotovoltaico.
	Panel fotovoltaico.
	Resistencia.
	Tubo fluorescente.
	Tierra.
	Transformador.
	Voltímetro.
	Watímetro.

Figura 14.26 Simbología empleada en instalaciones fotovoltaicas. CRZ

Fuente: <http://www.censolar.org/menu9.htm>  
 Imagen reproducida con fines académicos.



Figura 14.27 En un tejado solar las propias fotoceldas sirven de acabado a la cubierta en sustitución de las propias tejas.

Fuente: <http://www.censolar.org>.  
 Imagen reproducida con fines académicos.

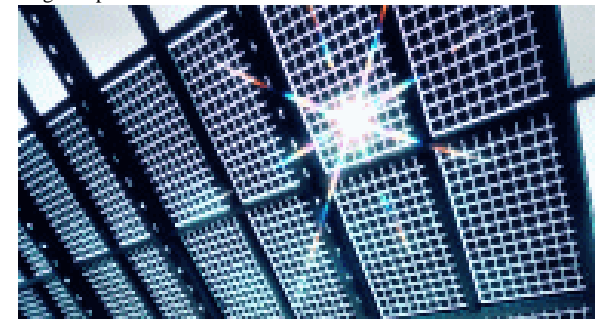


Figura 14.27 Módulos fotovoltaicos translúcidos.

## **15. Caso de estudio. Curso en línea en la Facultad de Arquitectura. UNAM**

A lo largo de la historia de la humanidad, los avances y estilos arquitectónicos han respondido ante una necesidad en la técnica y tecnología de los procesos constructivos. La arquitectura contemporánea, busca responder a una necesidad estética y ha olvidado tomar en cuenta al Sol para la orientación y a las condiciones del medio ambiente.

La necesidad presente en la población mundial actual está relacionada con la energía, su ahorro y eficiencia en todos los aspectos incluyendo a la arquitectura, es así como surge la arquitectura bioclimática y el diseño sustentable como respuesta y como estilo arquitectónico de los tiempos presentes y futuros.

Como punto de partida el alumno contestará una primera encuesta indicada en el recurso anexo y lo devolverá al aula virtual para que al finalizar el curso compare los resultados del trabajo final con las respuestas dadas en este cuestionario.

Ante la atenta invitación del Jefe de la División de Educación Continua de la Facultad de Arquitectura, el Arq. Marcos Mazari, de elaborar un curso en línea, o también conocido como un curso a distancia, dado que he vivido ya la experiencia de un curso programado a distancia, el curso de proyectista instalador de energía solar que cursé durante un período de año y medio desde el Centro de Investigaciones de Energía Solar, en Sevilla, España; ahora me corresponde ser el profesor y editor de un curso sobre los temas de la Arquitectura Bioclimática y sustentable.

Tomando también como punto de partida del trabajo e invitación del Arq. Eduardo Rettally Muñoz, quién ha creado y administrado el aula virtual de la Facultad de Arquitectura, es en este sitio en donde se ha montado y preparado las temáticas del curso, en un servidor de Internet localizado en el taller Arq. Carlos Lazo de la Facultad y administrado por el Arq. Eduardo Rettally.

El curso se ha planeado de tal forma que tenga la categoría de diplomado con los siguientes módulos:

1. Arquitectura Bioclimática: En este módulo, el alumno a distancia revisará los temas relacionados con los sistemas pasivos de climatización entre los cuales están:
  - a. Climatología.
  - b. Geometría Solar.
  - c. Orientación y emplazamiento.
  - d. Sistemas pasivos y control térmico de las edificaciones.
  - e. Ventilación natural.

2. Arquitectura solar. En este módulo, el alumno a distancia se vinculará con los sistemas activos de la energía solar al elaborar los ejercicios reactivos a:

- f. Sistemas fototérmicos. Colectores solares.
- g. Sistemas fotovoltaicos. Módulos fotovoltaicos.
- h. Refrigeración solar.
- i. Normatividad energética.
- j. Estudios de amortización e inversión solar.

3. Arquitectura sustentable: En el presente módulo se revisarán los temas centrales de la sustentabilidad, entre ellos se tiene:

- k. Vegetación y ecología.
- l. Uso racional del agua y tratamiento de aguas residuales.
- m. Biodigestores.
- n. Ahorro de energía.
- o. Iluminación natural.
- p. Desechos sólidos. Reuso, reducción y reciclaje.

Al finalizar el diplomado, al alumno desarrollará un trabajo de integración arquitectónica de todos los temas estudiados en el diplomado, con el apoyo del asesor en línea.

Este primer curso a distancia de la Facultad de Arquitectura, marcará la pauta para que otros profesores se sumen con la edición de sus cursos a distancia; siendo así, en un futuro, al incrementarse los cursos a distancia, será necesario contar con un servidor propio de la División de Educación Continua para dar cabida y resguardo del material didáctico ahí colocado.

Es de aclarar que el curso propuesto será totalmente a distancia, no se prevé la oportunidad de tener un encuentro presencial entre el alumno y el asesor aunque no se descarta la posibilidad de un posible encuentro.

El curso se ha planeado para que en el momento de la publicación de la convocatoria, la cual será en los medios de difusión habituales de los cursos presenciales (gaceta, trípticos, notiarq, repentina, entre otros), se tenga una primera plática introductoria; posteriormente el alumno interesado al solicitar informes en la División de Educación Continua (DEC) recibirá las instrucciones para realizar su pago en la cuenta bancaria de la DEC o de la Facultad de Arquitectura, tan pronto como se reciba su pago, deberá de ponerse en contacto, vía Internet y correo electrónico para recibir su cuenta de usuario y contraseña de parte del administrador del aula virtual y recibir también la contraseña del curso en línea de parte del asesor; en este momento empieza a contar su tiempo, que se ha estimado en dos meses por módulo, de esta forma, en un tiempo de 6 meses el alumno deberá de haber concluido todas las actividades del diplomado en línea.

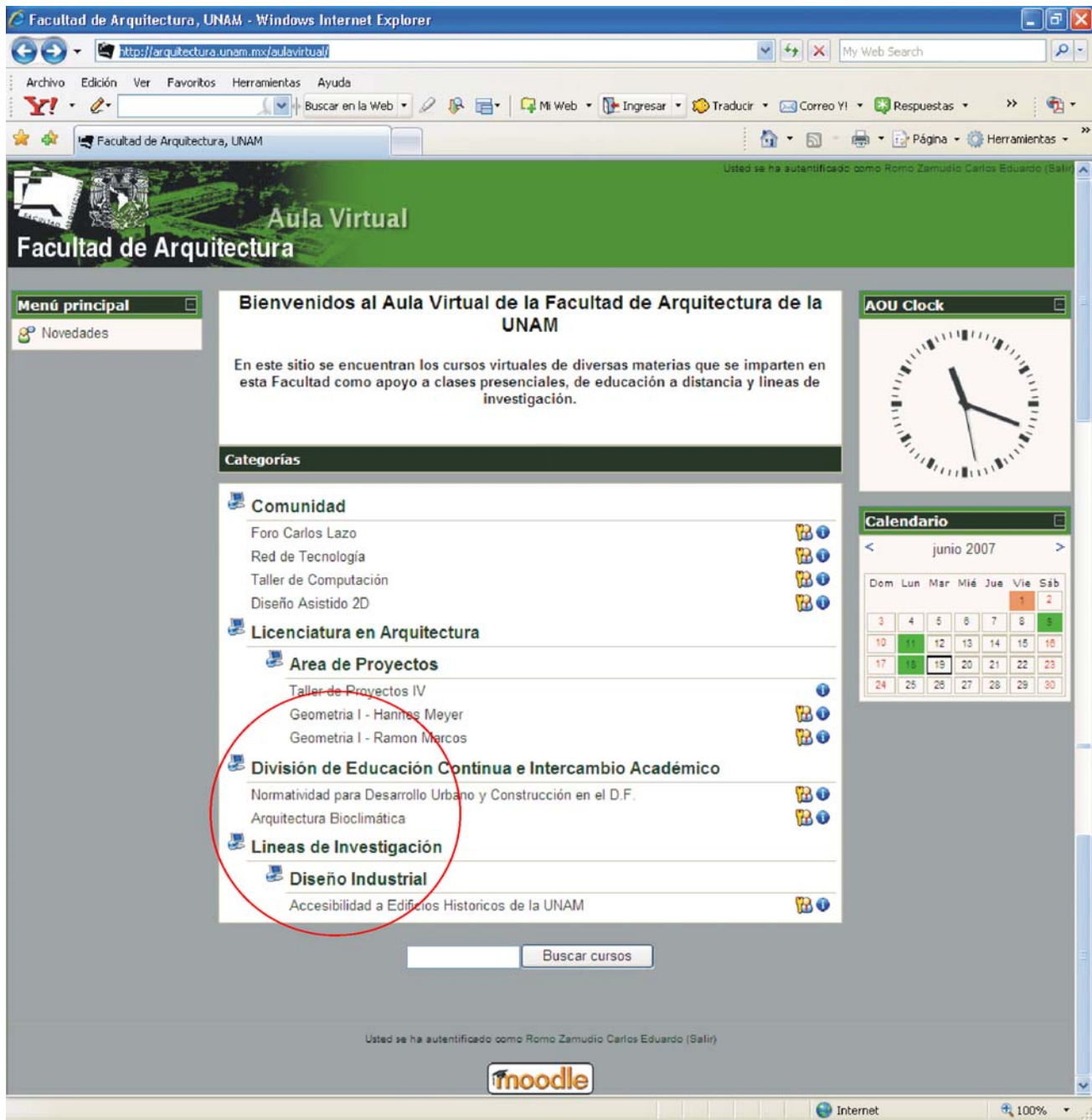


Figura 15.1

Página de inicio del aula virtual, en donde se puede encontrar el primer curso en línea de arquitectura bioclimática y sustentable.

Entre los recursos y material didáctico disponible se tiene:

1. Encuestas.
2. Tablas de cálculo.
3. Archivos de texto.
4. Vínculos a páginas WEB entre otros.
5. y por supuesto, la asesoría en línea del profesor.

7. Tareas.
8. Proyectos.
9. Cuestionarios o exámenes.
10. Bases de datos
11. Foros de consulta.
12. Mesas de discusión o Chat.
13. Glosarios.
14. Lecciones entre otros.

Entre las actividades asignadas en el curso se encuentran:

6. Encuestas.

En cuanto a la climatología Escoger un proyecto real o académico y elaborar el inventario climatológico del sitio en el cual se encuentra.

El alumno leerá el capítulo 3 "Climatología" del libro **"Manual de Arquitectura Solar"** del Arq. Héctor Ferreiro León, et. al. editorial Trillas. pag. 33 a 118. Si se te complica conseguir el libro, puedes solicitar el archivo del capítulo 3 a tu profesor en línea.

Obtener el año tipo para los factores del clima (temperatura, humedad, precipitación y vientos

Un aspecto a considerar también en la catalogación y para fines arquitectónicos y urbanos es el conocimiento del tipo de raíz; además se indicarán las zonas y regiones climatológicas en donde se presente el crecimiento óptimo del árbol en estudio.

El catalogo será elaborado en archivo word, con un tamaño no mayor a 10 Mb y enviado al aula virtual para su verificación y calificación, además de que se integrará a una base de datos general para su consulta por parte de todos los alumnos inscritos al curso.

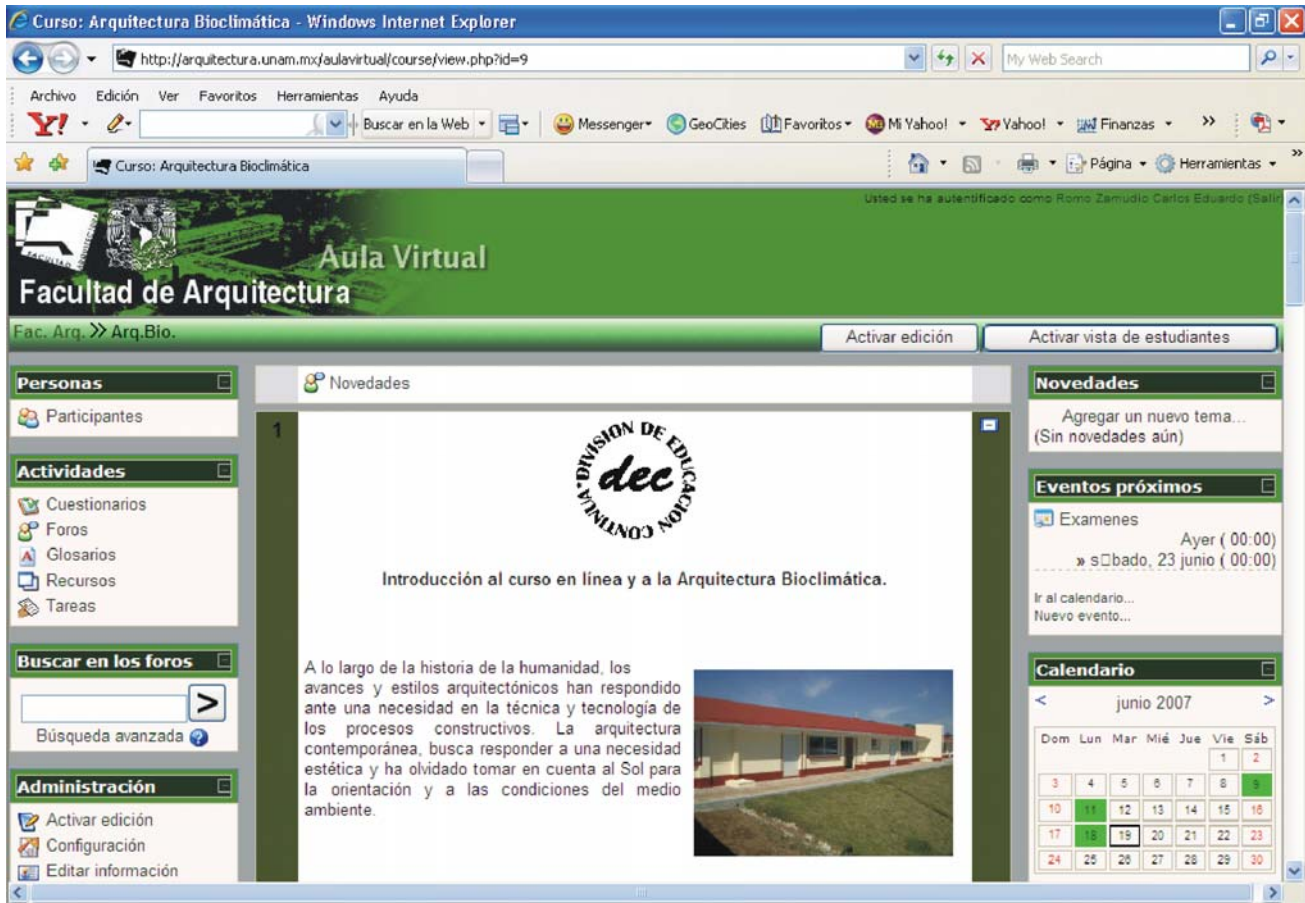


Figura 15.2  
Página temática del curso en línea.

dominantes). Calcular la zona de confort para el uso y actividad del proyecto.

- En cuanto a la vegetación Elaborar y catalogar los árboles más adecuados al sitio en el cual se encuentra el proyecto de estudio. Se recomienda la visita a los viveros de la región para disponer de la información adecuada de parte de informantes calificados.

El catálogo deberá contener la fotografía de la fronda del árbol así como de sus principales detalles: rama, tallo, flor y fruto (en su caso).

En cuanto a la orientación y el emplazamiento y el análisis histórico de la Arquitectura vinculado con el estudio de las condiciones geográficas o ambientales permite acercarnos a las soluciones particulares de los edificios.

Durante siglos, la orientación ha sido determinante en el diseño de las construcciones, y si bien tiene su origen en la búsqueda del bienestar físico predominan las implicaciones simbólicas y culturales.

En cuanto a la geometría solar de toda la gama de factores naturales y condicionantes ambientales que interactúan en un proyecto, el Sol es sin lugar a dudas el que influye de manera más importante en el proceso arquitectónico. El control de la acción del Sol en la Arquitectura tiene un carácter prioritario.



Figura 15.3  
Las condiciones climatológicas y la orientación de este edificio permitieron obtener esta fotografía "nocturna" con luz natural. CRZ

Se revisarán los métodos para determinar las coordenadas solares en un momento dado, así como su aplicación en el diseño y evaluación de dispositivos de sombreado y control solar en la Arquitectura y el Urbanismo.

En cuanto a los sistemas pasivos y el control térmico en edificaciones el alumno basado en los materiales y sistemas constructivos originales del proyecto de estudio, elaborará un cálculo térmico del proyecto de estudio (el profesor le asignará un área específica); de acuerdo a los resultados, establecer una estrategia de confort térmico.

Ventilación e iluminación natural se Investigará un edificio que maneje la ventilación natural como herramienta de diseño y uno que use la iluminación natural para el mismo fin. El edificio puede ser a nivel nacional o internacional.

Se discutirá con los compañeros del curso cual es la diferencia entre la arquitectura solar pasiva y la arquitectura solar activa.

En cuanto a los colectores solares se realizará un cálculo de la superficie de captación más adecuada en base al proyecto escogido por el alumno y se elaborará el diagrama de la instalación.

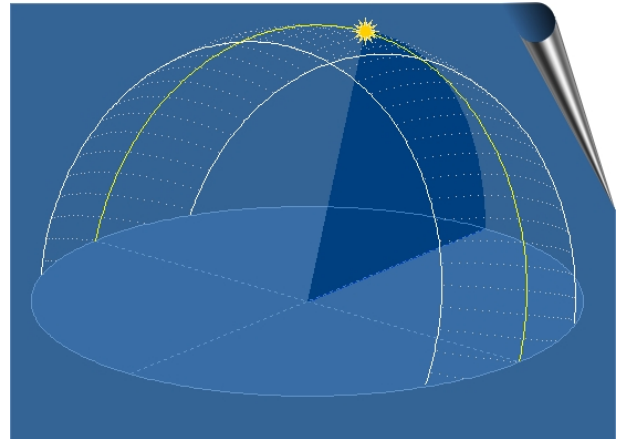


Figura 15.4  
Modelo por computadora de la gráfica solar tridimensional. Programa Censol V.5 Progenssa. Sevilla, España.

En cuanto a la electricidad fotovoltaica se realizará un cálculo de módulos fotovoltaicos para electrificación autónoma y elaborará el diagrama de la instalación del proyecto de estudio, se elaborará el presupuesto del proyecto en estudio y elaborará el análisis y evaluación financiera del proyecto bioclimático y solar de inversión de acuerdo a las tasas de interés vigentes y las condiciones de los créditos bancarios.

Establecer conclusiones a mediano y largo plazo del análisis financiero basados en las condiciones económicas del usuario, aquí hay que hacer hincapié en que los beneficios económicos y financieros se empezarán a detectar a mediano plazo (mínimo tres años) siendo que en los primeros años, los ahorros logrados con los sistemas alternos de energía son empleados en los pagos requeridos de los financiamientos y créditos bancarios que en un momento dado se hayan elaborado para la adquisición de los equipos de energía alterna.

Se analizarán edificios a nivel mundial que incluyen la tecnología bioclimática y solar. Aplicar los criterios de todo el curso para su integración en el caso de estudio y se elaborará una breve memoria descriptiva de los criterios empleados en y discutirás si los criterios son adecuados para la región y clima del lugar en donde se encuentra ubicado.

Se elaborará una investigación del sistema de refrigeración por absorción que se emplea en los sistemas

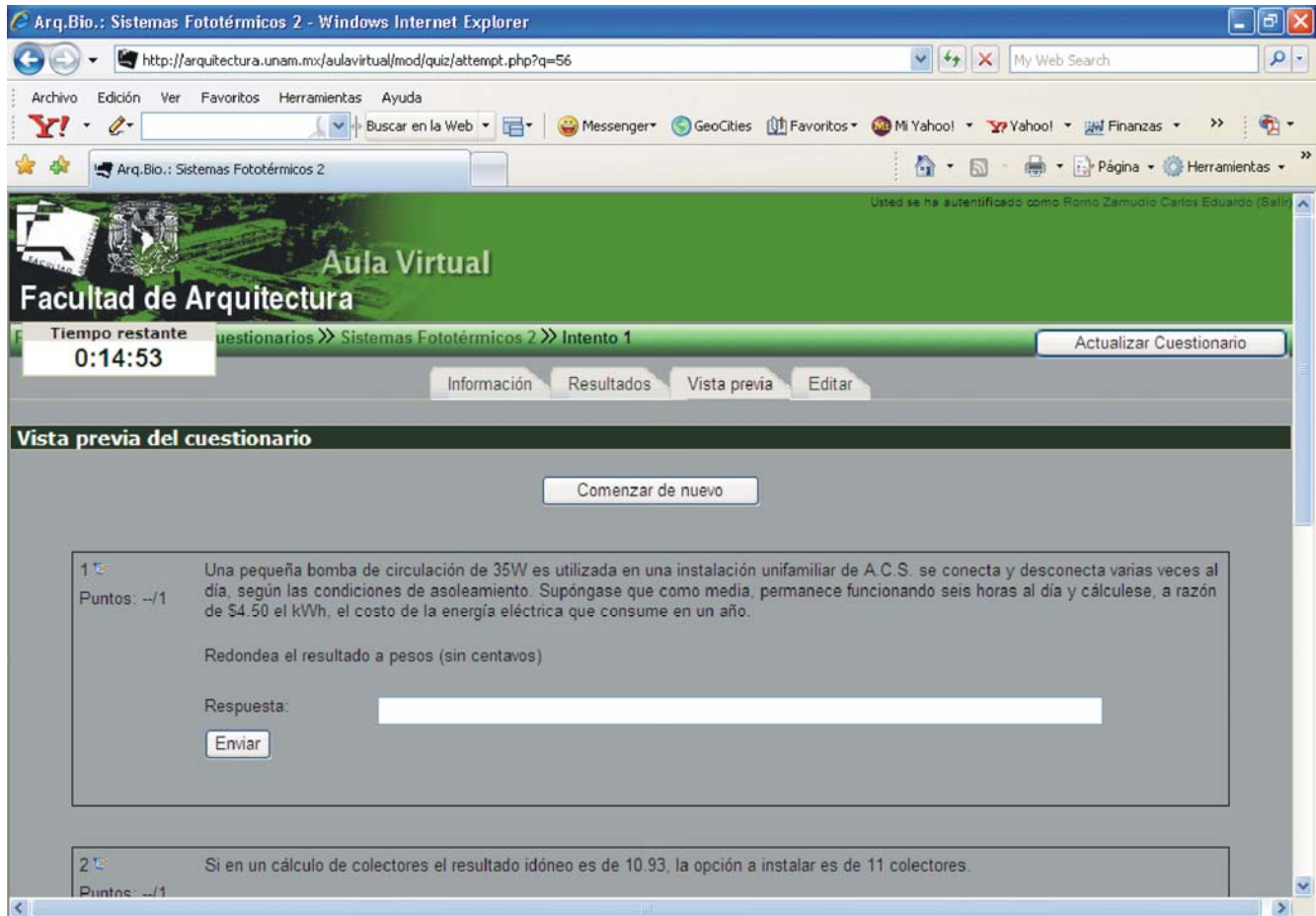


Figura 15.5  
Ejemplo de un examen en línea

de refrigeración solar y discutirlo con los compañeros del curso.

El alumno leerá críticamente las normas emitidas por la Comisión Nacional para la Ahorro de Energía (CONAE) relacionadas con el uso y aplicación de colectores solares en edificios no residenciales y en la eficiencia energética de la envolvente de edificios no residenciales.

Se desarrollará una investigación de edificios nacionales e internacionales que usen criterios de la arquitectura bioclimática y solar.

Se presentará el proyecto final a través del aula virtual para su calificación y aprobación; siendo aprobado el curso, el alumno recibirá de parte de la DEC el diploma o constancia que acredite su participación del curso.

El contacto entre el alumno y su asesor será a través de la plataforma educativa del aula virtual y del correo electrónico.

La asistencia que se le ofrece al alumno, a diferencia de un curso presencial, es personal e individual.



Figura 15.6  
Árboles y vegetación en Ciudad Universitaria. México D.F. CRZ

Los datos de registro del curso para su publicación aparecen en la página siguiente.

### Datos de registro del curso en línea

Curso en línea	Diplomado en línea
Nombre del curso o diplomado.	<b>Arquitectura Bioclimática y Sustentable.</b>
Número de módulos.	3
Nombres de los módulos	Arquitectura Bioclimática.
	Arquitectura Solar.
	Arquitectura sustentable.
Fecha de plática introductoria.	Lunes 27 de Octubre de 2007.
Modalidad de plática introductoria	Presencial en aulas de la División de Educación Continua.
Duración de cada módulo	2 meses.
Tiempo de dedicación del alumno.	40 horas por módulo <sup>1</sup>
Recursos necesarios	Espacio en el servidor de Internet localizado en el Taller Arq. Carlos Lazo y administrado por el Arq. Eduardo Rettally. <sup>2</sup>
Dirigido a:	Alumnos y profesionistas de Arquitectura e Ingeniería.
Cobertura.	Mundial
Idioma preferente.	Español

#### Temáticas de los módulos

<b>Módulo</b>	<b>Temas generales.</b>
Arquitectura Bioclimática	Climatología. Geometría solar. Orientación y emplazamiento. Sistemas pasivos y control térmico. Ventilación e iluminación natural.
Arquitectura solar.	Sistemas fototérmicos. Sistemas fotovoltaicos. Refrigeración solar. Normatividad energética. Estudios de inversión y amortización solar.
Arquitectura sustentable.	Vegetación y ecología. Uso racional del agua. Plantas de tratamiento. Biodigestores. Ahorro de energía. Desechos sólidos. Reuso, reducción y reciclaje

<sup>1</sup> El tiempo de dedicación de parte del alumno es variable, depende de la propia administración de su tiempo, el dato registrado se estimó en base al mismo curso de manera presencial. El alumno se registró por el tiempo destinado para terminar cada módulo el cual es de dos meses.

<sup>2</sup> Al ser el primer curso a distancia, se cuenta con el espacio suficiente para el curso a distancia, a medida que se integren más cursos a distancia, será necesario contar con un servidor de Internet propio de la División de Educación Continua y que deberá localizarse físicamente en las instalaciones de la DEC, en este caso el Administrador general de las Aulas Virtuales, el Arq. Rettally, nombrará un administrador secundario para el servidor de la DEC. Es muy importante que el servidor permanezca encendido durante las 24 horas del día y los 365 días del año



## Conclusiones

---

Se siguieron los objetivos propuestos y en particular se ha demostrado al estudiante de arquitectura el manejo adecuado de la gráfica solar como herramienta de diseño arquitectónico; esta herramienta manejada conjuntamente con la información climatológica de un lugar ayudó para la justificación en la zonificación de las diferentes áreas del proyecto.

Se estableció un comparativo entre el costo de los sistemas solares y el costo de una construcción, un sistema solar representa menos del 3% del costo de una obra, lo que da pauta para el interés en un sistema alternativo de energía, de aquí no debe de hablarse de instalaciones caras pero sí de inversión que se recupera a mediano plazo (a partir del tercer año de servicio de la instalación).

Se ha fomentado entre los estudiantes de la Facultad de Arquitectura el conocimiento por los sistemas solares, desde el manejo de la gráfica solar, hasta los sistemas híbridos de aprovechamiento.

En un principio se planteó la hipótesis de que el espacio proyectado por lo arquitectos será totalmente diferente a lo que están los arquitectos acostumbrados a ver, a raíz de las exposiciones y el desarrollo de la investigación y las asesorías brindadas a la fecha, no solo los arquitectos conciben los espacios de manera diferente sino los usuarios a quienes están destinados los espacios no esperaban los resultados espaciales obtenidos, cada espacio fijado en un proyecto debe de atender a las condiciones de clima, orientación, aprovechamiento de la energía solar, entre otros, y estas condiciones sirven de argumento para la defensa del proyecto.

Durante el transcurso de los estudios de Maestría en Arquitectura, campo de conocimiento Tecnología realicé diversos trabajos en los seminarios y temas selectos del programa de tal manera que se adecuen al proceso de investigación y como resultado fui integrando el desarrollo de la misma; así como también actividades adicionales relacionadas con el área de la arquitectura solar, todo ello con la finalidad de ofrecer a las futuras generaciones de estudiantes de arquitectura los conocimientos más relevantes y necesarios para el ejercicio profesional que demanda la sociedad actual.

Al concluir los estudios de maestría tuve la oportunidad de verificar la encuesta realizada por el Gobierno del Distrito Federal llamada "Consulta Verde", entre las preguntas indicadas, lamentablemente ninguna de ellas hacía referencia al uso de energías alternativas, entre ellas la energía solar, para aplicarla a las construcciones.

La labor realizada en el campo de la arquitectura solar me hizo involucrarme también en el concepto de la sustentabilidad, siendo que el uso y manejo adecuado de los combustibles fósiles y la implementación de fuentes de energía alterna se encuentran incluidos en una de las ramas de la arquitectura sustentable, es por ello que se decidió nombrar el diplomado en línea de Arquitectura Bioclimática y Sustentable, además de considerar en el título un tema que sea conocido para la gente y que la gente descubra en él curso las novedades presentadas en este documento.

A lo largo de este tiempo tuve la oportunidad también de presentar estos conocimientos en la Fundación El Manantial en donde presenté las conferencias de Metodología para la realización de un proyecto de arquitectura sustentable, cálculo de sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica, y colectores solares planos; presenté la síntesis de la presente investigación durante la XXX Semana Nacional de Energía Solar (ANES) en el puerto de Veracruz y ofrecí también una plática de Arquitectura Bioclimática en el marco de la presentación del proyecto de la Universidad Autónoma de Nayarit, campus Bahía de Banderas; durante el 1er. Congreso Académico Internacional de la Computación y la Informática realizado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, presenté el tema de los modelos de simulación por computadora de sistemas fototérmicos y fotovoltaicos ofreciendo al público la secuencia de cálculo para la determinación de las superficies requeridas en un proyecto determinado para aprovechar la energía solar; esto último debido a que en fechas recientes se han estado realizando en la Facultad concursos y proyectos de intercambio con temas que involucran la sustentabilidad pero que al ser analizadas las propuestas, éstas carecen de los criterios esenciales solicitados tales como: uso adecuado de la geometría solar, orientaciones y materiales constructivos adecuados con las regiones, uso de energías alternativas, reutilización del agua y desechos sólidos entre otros; en pláticas con el Jefe del Colegio Académico de Tecnología de la Facultad de Arquitectura comenté que no es culpa de los alumnos, sino del programa, el hecho de que los proyectos hayan carecido de una solución congruente con el tema se debe a que no se les han dado las herramientas adecuadas para resolverlos, es por ello que ante la falta de "horas" de clase presencial se propone el curso en línea con la promoción y el apoyo de la División de Educación Continua.

Entre las actividades que apoyan la educación en línea puedo mencionar la videoconferencia del 1er Simposio Nacional de Tecnología en Arquitectura, transmitido al Instituto Tecnológico Centroamericano en la República de El Salvador, realizado con la finalidad de que las investigaciones realizadas en el Posgrado sean conocidas más allá de los muros y salones de la Facultad,

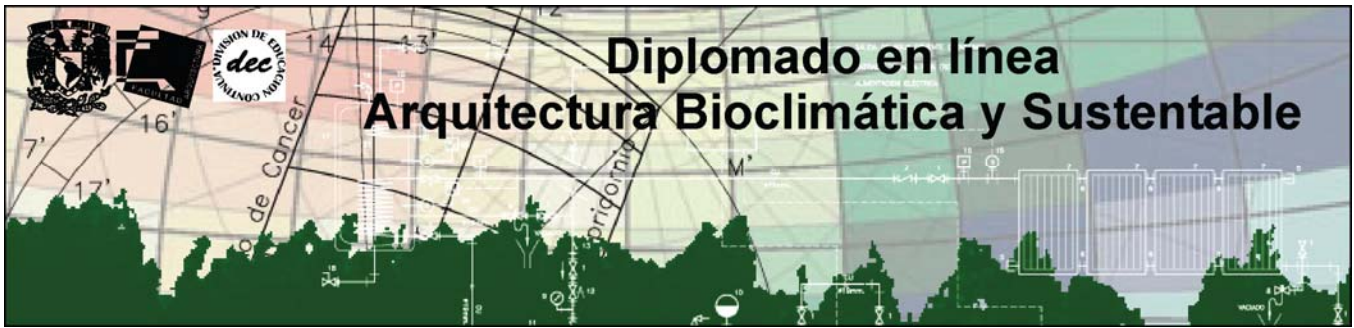


Figura 16.1. Banner propuesto para la difusión y promoción del curso en línea. CRZ

con la videoconferencia se pudieron traspasar las fronteras del país y con ello el tema aquí presentado de la Arquitectura Solar.

De las presentaciones realizadas para El Manantial y para la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) han surgido invitaciones para colaborar como asesor, consultor y proyectista en sistemas de arquitectura bioclimática y sustentable; para la UAN se realizó el balance térmico del proyecto de la Unidad Académica y de la Torre de Rectoría presentados en Bahía de Banderas y a la fecha se está proponiendo la elaboración del proyecto de electrificación fotovoltaica de la Unidad Académica.

Para la XXXI Semana Nacional de Energía Solar que se llevará a cabo en la Ciudad de Zacatecas, Zac. Se presentará el artículo de Proyecto de Inversión Solar, correspondiente al capítulo 12 de la presente investigación.

De las pláticas en la Fundación El Manantial ha surgido la invitación para realizar un proyecto y obra de una casa habitación compacta sustentable en el Fraccionamiento Ojo de Agua, Municipio de Tecamac, Estado de México, proyecto que incluye el uso y aplicación de los temas revisados en la presente investigación: gráfica solar, orientación, materiales constructivos, colectores solares para calentamiento de agua y aire, sistemas fotovoltaicos para alumbrado, un biodigestor para generación de gas metano, uso de agua pluvial, tratamiento de aguas residuales, espacios para la separación de la basura, entre otros elementos que complementan un proyecto arquitectónico; a la fecha se ha realizado el estudio de mecánica de suelos para resolver la estructura de la construcción.

Se han realizado encuestas entre los alumnos de la Facultad en donde se establece un comparativo entre las instalaciones que se enseñan en la carrera y las elaboradas profesionalmente, así como los gastos y consumos de energía eléctrica y gas para uso doméstico; entre los comentarios recibidos al respecto se puede mencionar:

- Existe el interés en el tema con posibilidades en encontrar una especialización en ello.
- Se deberían de aprovechar de manera más eficiente los recursos naturales renovables para ayudar al medio ambiente y a la economía familiar así como también contrarrestar el calentamiento global.
- La mayoría de los alumnos mostraron interés en tomar un curso sobre energía solar y aplicarlo en los proyectos que están realizando.

Con la presente investigación se ha podido comprobar que el diseño arquitectónico no solo se basa en teorías estéticas, sino que tiene un gran sustento en aspectos y conocimientos científicos y tecnológicos, tal como el tema tratado; el uso de la energía solar ha dejado de ser una "opción" y pasa a ser un asunto de necesidad social y económica para el país; incluso se ha empleado el término de fuentes alternas de energía en las campañas presidenciales del año 2006 en México.

Es entonces cuando la Arquitectura y el arquitecto que diseña y construye tiene que atender estos llamados, no de candidatos presidenciales, sino de la población en general para poder satisfacer la demanda energética actual pero también requiere escuchar y revisar el cambio climático global, las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, el creciente efecto de invernadero y la extinción de especies animales y vegetales.

Ante los avances tecnológicos de nuestro tiempo y ante las demandas crecientes de energía es la Arquitectura la que tiene que devolverle al planeta lo que a lo largo de los años de su historia, que es la historia de la humanidad misma, ha obtenido. Así, la tecnología arquitectónica está al servicio del planeta visualizando una nueva teoría del pensamiento y del diseño arquitectónico como lo ha sido el High Tech, el Posmodernismo o el Minimalismo; solo que ahora serán la Arquitectura y el Urbanismo sustentables<sup>4</sup>.

En la actualidad, diversos países alrededor del mundo han llevado a cabo investigaciones de sistemas alternos de energía con aplicaciones arquitectónicas, industriales, comerciales y urbanas a gran escala,

previando la reducción de los combustibles fósiles y en consecuencia el aumento de sus precios de mercado; esto es un llamado para que en México se implemente esta tecnología en la Arquitectura ya que existen investigaciones muy valiosas que tienen que ponerse en práctica y cuyos únicos beneficiarios son los propios usuarios, usuarios a los que hay que convencer, e inclusive obligar, en el uso e implementación de los dispositivos de control solar y equipos de aprovechamiento de la energía que nos provee el Sol como fuente inagotable de energía.

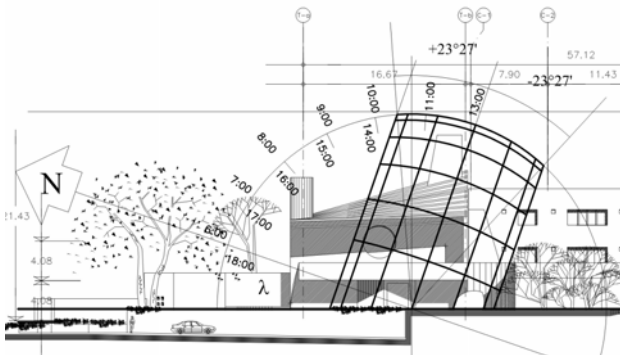


Figura 16.2. Gráfico propuesto para la difusión del diplomado en línea en la Revista Bitácora. CRZ

He recibido comentarios de otros arquitectos que la introducción de una nueva fuente de energía en arquitectura y urbanismo crearía una crisis económica porque la economía del país está basada en el petróleo y sus derivados; ante estos comentarios puedo decir que cuando fue el cambio de la madera al carbón y del carbón al petróleo se tuvieron que cambiar los modelos de producción, la tecnología en sí, y hasta se puede pensar en una crisis económica surgida por el cambio de la fuente energética; pero si ese es nuestro pensar y el de la mayoría de la gente, ¿Qué sucederá cuando verdaderamente los combustibles fósiles se agoten y las escasas reservas estén en manos de aquellos países que detentan el poder mundial? ¿Acaso no habrá una crisis económica? La comunidad científica y tecnológica tendría que ponerse a experimentar en “carne propia” de los usuarios para incrementar la eficiencia y rendimiento de los sistemas alternos de energía, pero la población exigirá resultados honrosos, siempre lo ha hecho de los productos de la ciencia y la tecnología, es conveniente entonces comenzar desde ahora implementando la hibridación de los sistemas: sistemas convencionales con sistemas alternos en las construcciones nuevas y en las existentes para evaluar sus correspondientes rendimientos y centrar las futuras investigaciones en el mejoramiento de la eficiencia y en un futuro próximo llevar a cabo la completa sustitución del sistema convencional de energía.

Claro está que es primordial el conocimiento de esta tecnología por parte de los estudiantes de las escuelas de arquitectura ya que de aquí surgen las propuestas a los usuarios y habitantes de la arquitectura, de las ciudades, es en las escuelas en donde surgen las autoridades que avalan los proyectos que han de construirse y los que no, y es también en las escuelas y universidades en donde surgen los dirigentes políticos y económicos del país. Es entonces una labor de crear la conciencia desde la etapa de formación de todas estas personas mencionadas, involucradas en el campo de la arquitectura y construcción para que la Arquitectura Solar pueda llevarse a cabo con beneficios para todos.

La arquitectura ha sido a lo largo de su historia un reflejo de las culturas en general de la sociedad; a la vez era una respuesta a las necesidades económicas, políticas, sociales, cultura y religiosas de su tiempo, obtenidas con los procedimientos y técnicas constructivas disponibles.

Es el momento de atender la problemática mundial actual para que la arquitectura responda con los recursos con los que se cuenta (tecnología, informática, internet, energías alternas, entre otras).

Una propuesta para el nuevo plan de estudios en la Facultad de Arquitectura, es la vinculación con los resultados obtenidos en el posgrado, mismos que se integrarán a los proyectos realizados en los distintos talleres. El empleo del sol como herramienta de diseño arquitectónico no es un lujo, sino una necesidad básica para todo ser vivo.

Se deberá de aceptar el avance en los conocimientos adquiridos, sin importar la complejidad que éstos puedan representar.



Figura 16.3 Fachada de acceso de una casa habitación compacta sustentable realizada en el Fraccionamiento Ojo de Agua. CRZ

# Apéndice I

## Experiencias durante la XXX Semana Nacional de Energía Solar. ANES en Veracruz, Ver.

Fuente:  
<http://www.mundoaldia.com/mexico/mapas.asp?IdEstado=Veracruz>  
 Imagen reproducida con fines académicos.



Figura A.1  
 Mapa del estado de Veracruz

Fuente:  
<http://veracruz.magazine.net/maps>  
 Imagen reproducida con fines académicos.

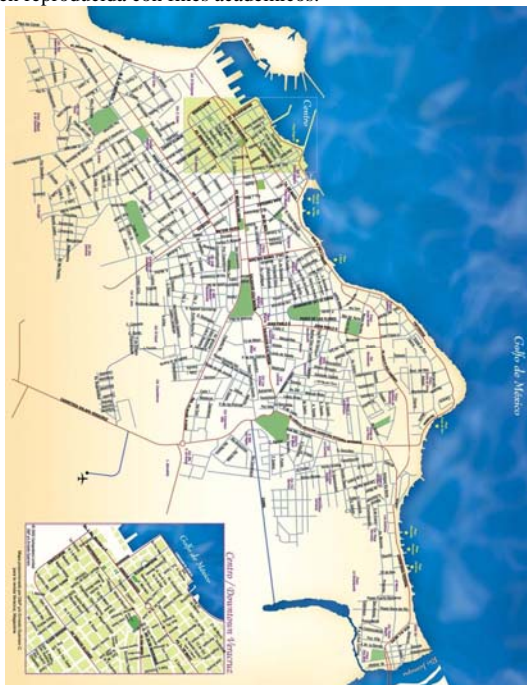


Figura A.2

### Plano de la ciudad de Veracruz

Coordenadas geográficas del puerto de Veracruz

19.19° Lat. N  
 96.13° Long W 4.00 msnm

Condiciones climatológicas:  
 t° max = 35°C t° mín = 25°C

Considerando la humedad existente, la temperatura se percibe de 42° C a 45° C

*Sedes de los cursos de actualización durante los días 2 y 3 de octubre de 2006.*

Unidad de Servicios Bibliotecarios y de Información (USBI) de la Universidad Veracruzana

Entre los asistentes con los cuales pude tener conversación coincidimos en la falta de la consideración del clima en la arquitectura de el edificio aquí mostrado, ya que actúa como un invernadero ante las condiciones de temperatura y humedad del puerto de Veracruz.



Figura A.3  
 Unidad de Servicios Bibliotecarios y de Información (USBI) Universidad Veracruzana. Veracruz, Ver. CRZ



Figura A.4  
 Troncales de Acondicionamiento de Aire de la USBI. CRZ

Para mantener una temperatura interior de confort en la USBI, requiere de un complicado sistema de acondicionamiento de aire como se puede detectar en los troncales arriba presentados.

El Instituto de Ingeniería, dentro del campus de la USBI de la Universidad Veracruzana fue la sede del curso de Arquitectura Bioclimática impartido por el Dr. Diego Morales; en esta misma unidad de información se impartieron los demás cursos con temas de:

- Calentamiento solar de agua
- Arquitectura Bioclimática.
- Evaluación del potencial energético de la Minihidráulica.
- Bombeo de agua con energía fotovoltaica.
- Aire Acondicionado Solar.
- Bioenergía
- Evaluación del Recurso solar.

En el curso de Arquitectura bioclimática se revisaron generalmente los siguientes temas:

- Se planteó la metodología para el diseño térmico de un edificio.
- El clima y la arquitectura.
- Las estrategias de diseño bioclimático
- El cálculo térmico de las edificaciones.
- Ejemplos representativos:
  - Centro de Investigaciones en energía. CIE – UNAM
  - Museo de Sitio de Xochicalco.
  - Edificio de oficinas y gobierno del Instituto Nacional de Salud. Cuernavaca, Mor.

Fuente:  
Ejemplos de Arquitectura Bioclimática en México.  
Dr. José Diego morales Ramirez.  
Imagen reproducida con fines académicos.



Figura A.5  
Plaza de acceso del Centro de Investigaciones en Energía en Temixco, Mor. (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

*Sede del congreso del 4 al 6 de octubre.*

Las conferencias magistrales y sesiones técnicas se llevaron a cabo en el auditorio y edificio de aulas audiovisuales del campus Torrente Viver de la Universidad Cristóbal Colón.



Figura A.6  
Auditorio de la Universidad Cristóbal Colón. CRZ

*Objetivos del congreso:*

- El aprovechamiento de las energías renovables contando con 500 socios de ANES distribuidos en todo el país.
- Programa de normalización del sector energético. Norma NADF AMBT 008 sobre especificaciones técnicas de colectores solares.
- Memoria histórica de las energías renovables.
- Atender el reto planteado por el presidente electo sobre eficiencia energética y fuentes renovables.
- Análisis sectorial de consumo de energía por sectores; además de que se requiere mapear los potenciales reales de las energías renovables del país.

*Instrumentos de política y Regulación de la CONAE*

- Ley para el aprovechamiento de energías renovables.
- Contratos de interconexión de fuentes intermitentes.
- Prospectiva de las energías renovables para el año 2050
- Asistencia técnica y capacitación.
- Financiamiento
- Políticas de fomento.
- Desarrollo tecnológico y social.
- Presencia internacional.
- Presupuesto histórico en educación.

*Recursos de energía renovable (Figura 8.7)*

Mínihidráulica	3,500 MWh
Solar (Alta radiación)	5 KWh/día/m2
Biomasa, bagazo de caña	500 MWh
Biogas	1,000 MWh
Geotermia	2,400 MWh

Eólico 15,000 MWh

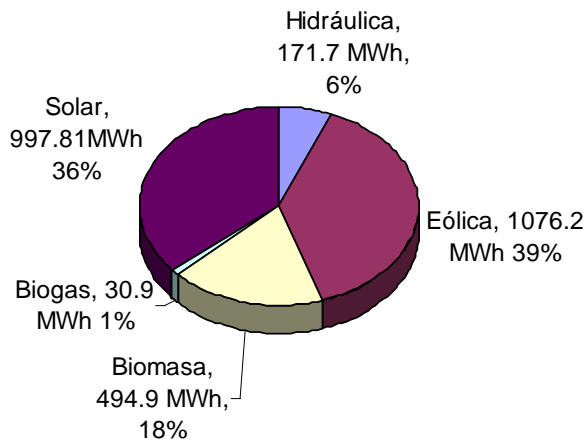


Figura A.7 .  
Recursos de energía renovable. CRZ

Temáticas del congreso:

- ERE Energías Renovables en Edificios
- TST. Tecnología Solar Térmica. TST.
- SFA Sistemas Fotovoltaicos y aplicaciones.
- TSIA Tecnología Solar Indirecta y Aplicaciones.

- QSTH química Solar y Tecnología del Hidrógeno.
- ERS Evaluación del Recurso Solar.
- AEAT Aspectos de Educación, Ambiente y Tecnología. Bioenergía
- SRES Sistemas para Refrigeración y Enfriamiento Solar.
- ASME Sociedad Americana de Ingenieros mecánico – electricistas.

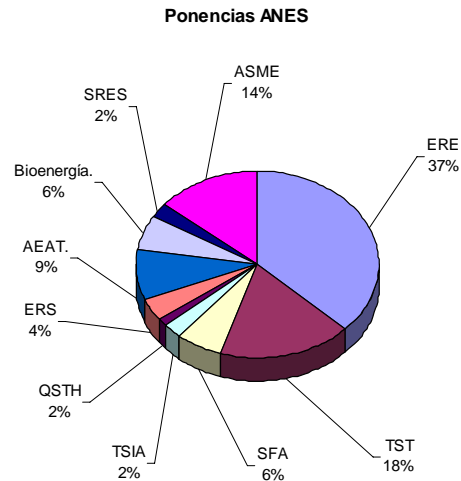


Figura A.8  
Temáticas del congreso. CRZ

Es de notar aquí que en el rubro de las energías

## Participación Institucional

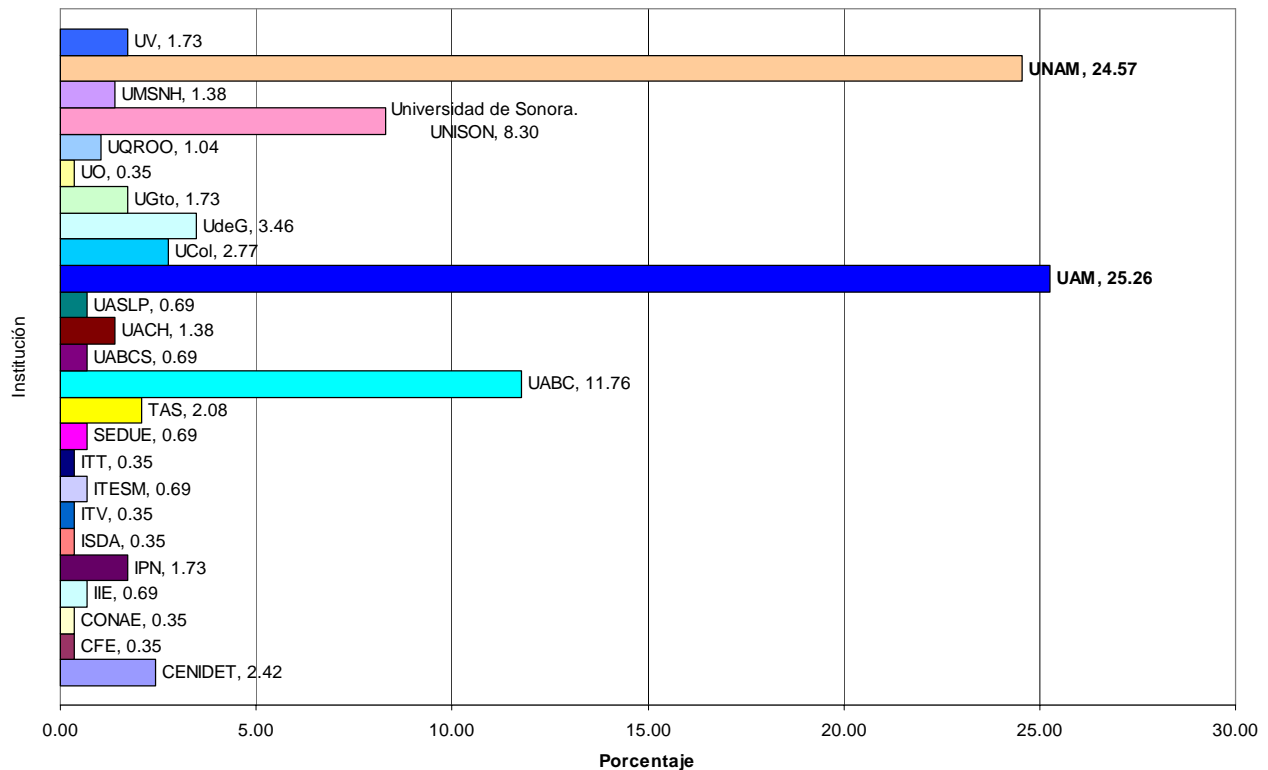


Figura A.9  
Participación institucional en cuanto a artículos en la ANES. Fuente: 30 años de la Arquitectura Bioclimática en México.

renovables en edificios es en donde los arquitectos deberían de tener mas participación, es en esta temática en donde se incluyen los temas de arquitectura bioclimática, asoleamiento, balance térmico, entre otros, pero las personas que elaboran estas investigaciones son en su mayoría ingenieros, astrónomos, físicos, científicos y muy escasos arquitectos.

De igual manera, en la participación institucional, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) encabeza la participación, esencialmente por los trabajos realizados en sus planteles de Azcapotzalco e Iztapalapa en el marco de la Arquitectura Bioclimática, le sigue en segundo lugar la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) gracias a las investigaciones llevadas a cabo en el Centro de Investigaciones en Energía (CIE) y en el Instituto de Ingeniería, nuevamente se detecta la poca participación de los arquitectos, con excepción de los asistentes representantes del Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

#### *Conferencias magistrales*

Eficiencia energética y fuentes renovables.

Dr. Juan Mata Sandoval. CONAE.

Una perspectiva global de las tecnologías solares.

Dr. Frank Kreith.

La Bioenergía en México.

Dr. Omar Masera.

Sistemas Fotovoltaicos conectados a red.

Dr. Jorge Huacuz. IIE

*Sistemas Fotovoltaicos conectados a red.*

*Dr. Jorge Huacuz. IIE*

Aclaración de los mitos existentes al respecto de los sistemas fotovoltaicos.

- #1. Los módulos fotovoltaicos solo sirven para electrificación rural
- #2. CFE y CLyF no tienen interés en los sistemas fotovoltaicos.
- #3. Los sistemas fotovoltaicos no son económicamente competitivos.
- (Consumidor DAC)
- #4. Los sistemas fotovoltaicos son cosa del futuro. Subsidios con potenciales de hasta 2,500 MW
- #5. Los problemas tecnológicos están todos resueltos. Valores y beneficios de los sistemas de aprovechamiento de la energía solar.

Entre las actividades propias del congreso, también se llevaron a cabo diversos eventos sociales y culturales propios del Puerto de Veracruz, tales como una Cena de

Gala, un danzón dedicado a la Anes en el Centro y una comida Típica en el Café La Parroquia, en lo personal, cuando realizo un viaje de este tipo, armo también mis propios eventos turísticos, como un recorrido por el centro de la ciudad y la apreciación del paisaje del lugar, tal como se manifiesta en las siguientes fotografías.



Figura A.10  
Amanecer en Playa Villa del Mar. Fotografía tomada el 7 de octubre de 2006. 7:31 AM (tiempo oficial) CRZ



Figura A.11  
Reloj de sol ubicado en el cruce de las avenidas Paseo de la Armada y Salvador Díaz Mirón. Veracruz, Ver. Fotografía tomada el día 2 de octubre de 2006. 8:28 AM (tiempo oficial) CRZ



Figura A.12  
Baluarte de Santiago. Fotografía tomada el 7 de octubre de 2006 a las 11:36 AM (tiempo oficial) CRZ

## Glosario.

---

**Ábaco Psicrométrico.** Diagrama en el que se presenta el grado de humedad de una mezcla de vapor de agua y aire para distintos valores de humedad relativa.

**Absorbedor o superficie de absorción.** Parte del colector que recibe la radiación solar, la convierte en calor y transmite éste al fluido caloportador.

**Absorbencia solar.** La fracción de la radiación solar incidente que es absorbida por una superficie. La radiación no absorbida es reflejada.

**Absorbente.** Elemento que absorbe las radiaciones solares e infrarrojas disponibles en el interior de un colector y que transmite el calor al fluido conductor de calor. Se caracteriza por su excelente coeficiente de absorción y una inercia débil (para que su temperatura de superficie sea elevada).

**Absorción (factor de).** Cociente entre la energía absorbida por una superficie y la energía total incidente. Siempre es inferior a 1.

**Absortancia.** Capacidad de un material para absorber energía radiante, dada por la razón de cantidad de radiación absorbida entre la cantidad de radiación incidente. Fracción de radiación incidente absorbida por una superficie. Relación entre la radiación absorbida por una superficie y la radiación que incide en ella. La energía no absorbida se transmite o refleja, dando lugar a los factores de transmisión (transmitancia) o reflexión (reflejtancia).

**Acondicionamiento de aire.** Proceso de tratamiento del aire en el que se controla simultáneamente su temperatura, humedad y calidad.

**A.C.S.** Agua caliente sanitaria. Sistema de aprovechamiento solar térmico de baja temperatura.

**Acumulador de calor.** Material utilizado en el sistema de almacenada, en el que la mayor parte de la energía se mantiene bajo la forma de calor latente o calor sensible.

**Adiabático.** Proceso en el que no hay intercambio de calor con el exterior.

**Adiabática (transformación).** Paso de un fluido de un estado a otro sin recibir ni transmitir calor.

**Aislamiento.** Material poco masivo de alta resistencia térmica utilizado para disminuir la transferencia de calor por conducción.

**Aislamiento térmico.** Propiedad de un material de impedir la transmisión de calor. Material que presenta una resistencia relativamente alta al paso del calor y que se emplea para disminuir el flujo de éste. Uso de material aislante (como poliuretano o fibra de vidrio) o de cámaras o burbujas de aire, que se integra a los materiales de construcción o se adosa a éstos en el caso de reconversión solar y que sirve para minimizar la pérdida o ganancia solares. Sustancia que reduce la interacción calorífica entre un sistema y su entorno.

**Albedo.** Factor de reflexión de una superficie, expresado en %. Fracción de energía reflejada o difundida por la superficie de un cuerpo que recibe energía luminosa.

**Aleros, partesoles, enramadas y pérgolas.** Elementos constructivos que no permiten el paso directo del sol e impiden el deslumbramiento y la radiación solar, con lo cual se favorece el enfriamiento solar pasivo.

**Altitud.** Altura con respecto al nivel del mar.

**Altura solar.** Coordenada celeste para precisar la posición del Sol en una hora y día determinados. Ángulo formado por la posición del rayo solar en el espacio con respecto al plano horizontal.

**Amortiguamiento térmico.** Relación que existe entre la temperatura máxima interior de un espacio y la temperatura máxima exterior.

**Ángulo cenital.** Es el formado por el rayo luminoso y la vertical.

**Ángulo de incidencia.** Ángulo formado entre el rayo solar y la normal de una superficie. Ángulo con el que incide la radiación solar sobre una superficie.

**Ángulo de incidencia del colector.** Ángulo formado por el colector y una superficie horizontal o a nivel.

**Año tipo.** Año de registros climatológicos de una localidad, que resulte significativo de un período que abarque por lo menos 10 años (para determinarlo se selecciona el año de registros que más se acerque a sus valores anuales al promedio aritmético de los valores de la década de los parámetros de temperatura media anual, lluvia total anual, viento dominante y asoleamiento total anual – deducido de heliogramas –. En México, esto es factible si se analizan los promedios anuales del registro climatológico y las normales climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional.

**Antirreflectante.** Tratamiento que se aplica sobre la superficie de los cuerpos en los que se desea reducir pérdidas por reflexión.

**Apertura solar.** Porción de una pared solar cubierta por vidrio. La orientación de la abertura debe de estar dentro de los 30° con relación al sur para ser considerada como una abertura solar.

**Aporte solar, factor de.** Porcentaje de la energía total demandada, cubierta por la energía solar.

**Árido.** Grava o arena que forman parte de la composición del concreto.

**Arquitectura bioclimática.** Arquitectura proyectada para funcionar de acuerdo con el clima y que proporciona a sus usuarios un bienestar natural, así como un respeto al balance ecológico que redunde en su beneficio. En ella se pueden usar sistemas activos o pasivos.

**Arquitectura solar.** Conjunto de soluciones arquitectónicas que permiten la captura, almacenamiento y distribución de la energía solar que incide sobre el edificio, mediante la combinación de paredes opacas y transparentes, de la masa térmica del edificio, de la circulación natural del aire y de



colectores solares, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas locales.

**Asoleamiento.** Horas de insolación en el transcurso de un período determinado de tiempo. Tiempo que dura la insolación.

**Azimut.** Una de las coordenadas celestes para precisar la posición del Sol. El ángulo de la proyección horizontal del rayo solar con respecto al sur verdadero o meridiano del lugar, tiene valor negativo en horas matutinas, y positivo en horas vespertinas. (se mide a partir del sur y puede tener valores desde  $-180^\circ$  hasta  $+180^\circ$ )

**Barrera térmica.** Aislamiento térmico que se coloca en los perfiles de las ventanas para interrumpir el puente térmico.

**Bomba de calor.** Aparato que, mediante la ayuda de una energía exterior, generalmente eléctrica, es capaz de transferir energía térmica desde un recinto a otro de mayor temperatura.

**Brillo.** Luminancia o luminosidad de un objeto.

**BTU (Unidad térmica británica).** Una unidad de calor, específicamente, el calor que se necesita para elevar la temperatura de una libra de agua  $1^\circ\text{F}$ .

**Caída de presión.** Pérdida de presión estática en la presión de un fluido.

**Calor.** Forma de la energía que se transfiere en virtud de una diferencia de temperatura. Forma de la energía manifestada por el grado de actividad molecular de la materia.

**Calor auxiliar.** Calor transmitido a un edificio por sistemas convencionales para complementar el calor solar.

**Calor específico.** Relación de la cantidad de calor requerido para elevar la temperatura de una sustancia un grado, con la cantidad necesaria para elevar un grado la temperatura de una masa igual de sustancia estándar (generalmente agua). Cantidad de energía calorífica que requiere cada material para producir un cambio de unidad de temperatura por unidad de masa. Es una constante para cada material ( $\text{J}/\text{Kg}^\circ\text{C}$ )

**Calor específico volumétrico.** Calor específico de los gases ( $\text{J}/\text{m}^3^\circ\text{C}$ )

**Calor latente.** Cantidad de calor requerida para realizar un cambio de estado, sin que exista un incremento de temperatura. Cantidad de energía calorífica que absorbe una sustancia por unidad de masa durante un cambio de estado sin que haya cambio de temperatura ( $\text{J}/\text{kg}$ )

**Calor sensible.** Calor asociado a un cambio de temperatura. Cantidad de energía calorífica que absorbe una sustancia por unidad de masa al elevar su temperatura sin que haya cambio de estado físico ( $\text{J}/\text{kg}$ )

**Caloría.** Unidad empleada para evaluar las cantidades de calor. Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de  $14.5^\circ\text{C}$  a  $15.5^\circ\text{C}$ , a una presión atmosférica normal.

**Cambios de aire.** Medida de intercambio de aire en un edificio, debido a infiltración o ventilación. Un cambio de aire ocurre cuando el volumen de aire total de un edificio ha sido reemplazado.

**Cambio de estado.** Cambio de una fase (de sólida, líquida o gaseosa a otra.)

**Camino opcional (bypass).** Tubería o ducto generalmente controlado por una válvula para conducir un fluido alrededor de un elemento de un sistema.

**Capacidad calorífica.** Cantidad de calor que puede almacenar un cuerpo o material por unidad de volumen (capacidad calorífica de volumen) o de masa (calor específico). Para obtenerla se debe multiplicar la masa de volumen por el calor específico, y se expresa en  $\text{W}/\text{m}^3$ . Capacidad para almacenar calor que poseen todos los materiales. Producto de la masa por el calor específico y se mide con la cantidad de calor necesaria para producir en el cuerpo el incremento de una unidad de temperatura. ( $\text{J}/^\circ\text{C}$ )

**Carga.** La demanda de energía requerida e cualquier momento para compensar por las diferencias entre las condiciones exteriores existentes y las condiciones interiores deseadas.

**Carga calorífica.** La pérdida neta de calor de una construcción para un período determinado.

**Carga térmica.** Cantidad de calor a añadir o eliminar de un local, por el equipo de acondicionamiento o calefacción.

**Caudalímetro.** Instrumento para medir el caudal.

**Cenit.** Punto de la esfera celeste situado justamente en la vertical del lugar considerado.

**Ciclo de Carnot.** Proceso cíclico formado por cuatro procesos consecutivos, dos isoterms y dos adiabáticos, alternados entre sí.

**Cielo despejado.** Cielo con ausencia de nubes o cuando la cantidad de ellas cubre menos de la tercera parte de aquél.

**Cielo nublado o cerrado.** Cielo cubierto de nubes, totalmente o en mas de las dos terceras partes de aquél.

**Clavos de cabeza perdida.** Clavos en los que la cabeza queda oculta en la madera.

**Clima.** Del gr. *κλιμα*. inclinación. Combinación particular de elementos (por ejemplo, radiación solar, temperatura del aire y del suelo, precipitación, evapotranspiración, humedad el suelo, viento, entre otros) que dan a una región geográfica su individualidad.

**Climatología.** Estudio de los climas, de su distribución geográfica y de sus tipos principales y secundarios.

**Clo.** Medida del valor de aislamiento de la ropa. Por ejemplo,  $0.3 \text{ Clo}$ , es un valor típico de la ropa ligera de verano;  $0.8 \text{ Clo}$  es un valor típico para ropa gruesa de invierno.

**Coefficiente de forma.** Para calcularlo, se relaciona la superficie total de las paredes en contacto con el aire exterior y con el volumen habitable.

**Colector.** Dispositivo destinado a captar la radiación solar incidente para convertirla, en general, en energía térmica y transferirla a un fluido portador de calor.

**Colector solar concentrador.** Colector solar que cuenta con reflectores, lentes u otros dispositivos ópticos destinados a concentrar los rayos solares, que penetran por la abertura, sobre una zona focal cuya superficie es menor que la de la abertura del colector.

**Colector solar sin concentración. (colector solar plano).** Colector solar que no utiliza dispositivos concentradores.

**Componente del cielo del factor de iluminación natural.** La porción del factor de iluminación natural aportado por la luminosidad del cielo, excluyendo la luz solar directa.

**Concentración, razón, factor, relación, índice o régimen de.** Relación entre la apertura y el área del absorbedor.

**Concentrador.** Parte del colector solar concentrador que dirige la radiación solar sobre la superficie absorbedora.

**Concentrador solar.** Colector solar que enfoca o concentra los rayos solares sobre una absorbente de área menor que la superficie total colectora, logrando de esta forma aumentar la intensidad de la radiación incidente.

**Conducción.** Transferencia de calor a través de un cuerpo o de cuerpos en contacto directo. Implica un flujo de energía de molécula a molécula, siempre y cuando exista un diferencial de temperatura.

**Conducción térmica.** Desplazamiento de energía en forma de ondas en el interior de un mismo material, durante un tiempo que le es propio y que depende de su coeficiente de conductividad.

**Conductancia.** Conductividad correspondiente de un cuerpo con un espesor dado ( $W/m^2\text{°C}$ ).

**Conductancia térmica.** Rapidez con la que un flujo de calor pasa a través de un área unitaria y un espesor unitario de un material homogéneo, en condiciones estacionarias cuando se tiene un gradiente de temperatura en dirección perpendicular al área. Los materiales se consideran homogéneos cuando el valor de la conductividad térmica no es afectado por la variación del espesor o tamaño de la muestra.

**Conductancia térmica.** Cantidad de calor transmitida en la unidad de tiempo a través de la unidad de área, dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría.

**Conductividad térmica.** Medida de la facilidad con que fluye el calor por conducción en un material.

**Constante solar.** Cantidad de radiación solar que incide (por unidad de tiempo y área) sobre una superficie normal a los rayos solares que se encuentra fuera de la atmósfera a la distancia media entre el Sol y la Tierra ( $1,370 W/m^2$ ). El valor de la constante solar es de  $1,353 W/m^2$ .

**Convección.** Transferencia de calor entre una superficie y un fluido adyacente (usualmente agua o aire), por medio de la circulación de ese fluido, inducido por una temperatura diferencial. Movimiento de un fluido líquido o gaseoso, debido a la gravedad y al calentamiento diferencial. Cuando esta circulación se produce sin mecanismo alguno, se denomina *convección natural* y cuando interviene algún mecanismo para asegurar dicho movimiento se llama *convección forzada*.

**Convección forzada.** Es aquella en la que el movimiento del fluido se produce gracias a un agente externo.

**Convección natural.** Transferencia de calor entre una superficie y un fluido adyacente (usualmente agua o aire), realizada solamente por la circulación del fluido inducido únicamente mediante diferencias de temperatura y no por medios mecánicos.

**CPC.** Colector parabólico concentrador.

**CPP.** Colector de placa plana.

**Coquillas.** Tubos hechos de material aislante que sirven para aislar térmicamente las tuberías.

**Cuanto.** Unidad elemental de energía. El cuanto de energía luminosa se llama también fotón.

**Cubierta.** Material o materiales transparentes que recubren la abertura del colector y que, expuestos a la radiación solar, reflejan la radiación infrarroja emitida por el absorbedor, produciendo el efecto invernadero.

**Cuerpo negro.** Cuerpo teórico capaz de absorber la totalidad de las radiaciones a las que es sometido y de volver a emitir las íntegramente. Este término sirve para determinar los materiales cuyo factor de absorción o emisión se aproxima al valor ideal.

**Chimenea pasiva para enfriamiento (efecto chimenea).** Aprovechamiento de la tendencia del aire caliente a subir por convección, debido a su más baja densidad, y sacarlos por las ventanas superiores de tal modo que se puede enfriar la construcción. No necesariamente ha de ser una chimenea, sino que puede ser un balcón o una ventana.

**Declinación solar.** Ángulo formado entre el plano de la eclíptica y el plano ecuatorial terrestre.

**Delta T ( $\Delta t$ ).** Una diferencia en temperatura, generalmente se refiere a la diferencia entre temperaturas exteriores e interiores.

**Densidad de flujo de energía.** Energía que incide en una unidad de superficie en una unidad de tiempo.

**Deshumidificación.** Condensación de vapor de agua existente en el aire. La deshumidificación se puede efectuar si se enfría abajo del punto de rocío, o por extracción del vapor de agua mediante elementos químicos o físicos.

**Deslumbramiento.** Una luz muy brillante o una luz cuyo alto contraste la hace desagradable o difícil de mirar.

**Desalinizador solar.** Destilador solar utilizado para obtener agua dulce a partir de agua salobre.

**Destilador solar.** Recipiente en el que se utiliza la energía solar para purificar las aguas, haciéndolas

aptas para su consumo. Consta de un recinto cerrado cubierto por vidrio en cuya superficie interior se condensa el agua evaporada por el calor del Sol y resbala hasta un depósito.

**Día promedio mensual.** Aquel que resulta de la media aritmética de cada uno de los 24 valores horarios de los registros de un mes, para los diversos parámetros de una localidad.

**Días grado de calentamiento (DG).** La suma de las diferencias entre una temperatura interior escogida y la temperatura media exterior diaria. Solamente las diferencias positivas se suman, esto es, cuando la temperatura media exterior sea menor que la temperatura base escogida, la media diaria es computada como el promedio de las temperaturas mínima y máxima diarias.

**Difusividad térmica.** Medida del tiempo requerido por un pulso u “onda” de calor, para viajar sobre una trayectoria dada. Velocidad de propagación de energía calorífica, que se expresa como la conductividad entre el producto de la densidad y el calor específico del material ( $m^2/s$ ). afecta la proporción de cambio de temperatura con respecto al tiempo.

**Distribución de la luminosidad del cielo – la norma para cielo nublado.** Proporción de iluminación del cielo completamente nublado a una altura  $\theta$  sobre el horizonte para la luminosidad en el cenit se estima que es  $(1+2\text{sen}\theta/3)$

**Domó.** Abertura en el techo, cubierta con burbujas o láminas de acrílico transparente o difuso, que permiten el paso de la radiación solar y la iluminación natural al interior. Puede ser hermética o permitir también el paso del aire.

**Eclíptica.** Trayectoria aparente que sigue el sol a lo largo del año en la esfera celeste.

**Edificio no solar de referencia.** Una edificación similar a otra solar, pero con una pared de energía neutral en lugar de una pared solar y con una constante temperatura interior de referencia. Usada para evaluar el rendimiento de edificios solares.

**Edificio solar ligado, asoleadero.** Un cuarto que se duplica como un colector solar; también llamado invernadero ligado o solarium. El térmico ligado también implica un espacio que comparte una pared común con la edificación correspondiente.

**Efectividad, eficiencia o rendimiento del colector.** Relación entre la energía útil recogida y la incidente (disponible) sobre el colector.

**Efectividad, eficiencia o rendimiento del intercambiador de calor.** Relación entre la transferencia real de calor y el máximo teórico que se lograría en un intercambiador infinitamente grande.

**Efecto de invernadero.** Fenómeno provocado por una pared translúcida puesta sobre un recinto cerrado. Se traduce en una buena penetración de la radiación solar, por formar una barrera frente a las radiaciones

infrarrojas y por una disminución de las pérdidas debidas a la convección.

**Efecto Venturi.** Aprovechamiento del aire al pasar por un pasaje más estrecho, cuando aumenta su velocidad, para apresurar la salida del aire caliente de una construcción y así enfriarla más rápidamente.

**Emisividad, emitancia o factor de emisión.** Capacidad de una sustancia para emitir energía radiante. Está dada por la relación del flujo de energía emitido por un cuerpo negro ideal, a la misma temperatura.

**Endotérmico.** Proceso que absorbe calor.

**Energía.** Capacidad para realizar un trabajo (J). Toma diferentes formas, como mecánica, eléctrica, química, radiante, entre otras.

**Energía interna.** Suma de las energías cinética y potencial que contiene una sustancia, debido a los estados de movimiento y separación de sus moléculas, átomos y electrones, incluido el calor latente que corresponde al incremento de energía durante la evaporación.

**Energía solar pasiva.** Calentamiento solar pasivo. Aprovechamiento *natural* del calor del Sol mediante domos, espejos, invernaderos, ventanas u otros medios, sin el auxilio de combustibles o electricidad.

**Energía solar pasiva.** Enfriamiento pasivo. Aprovechamiento de las brisas o vientos de una región para promover la salida de aire caliente por el techo, ventilación cruzada que, junto con el uso adecuado de los materiales y de la vegetación, ayudará a enfriar una construcción sin el auxilio de combustible o energía.

**Enfriamiento.** Disminución de la temperatura de una sustancia debido a la extracción de calor hasta una temperatura mayor que la del punto de congelación.

**Enfriamiento del aire.** Reducción de la temperatura del aire, debido a la extracción de calor como resultado de su contacto con el medio que se mantiene a una temperatura menor que la del aire. El enfriamiento puede estar acompañado por adición de humedad (evaporación) o extracción de aquella (deshumidificación) o hacerse sin cambio en la humedad.

**Enfriamiento evaporativo.** Implica el intercambio adiabático entre el aire y una superficie húmeda o agua esperada. El agua adquiere la temperatura del bulbo húmedo del aire, la cual permanece constante a lo largo del intercambiador.

**Entalpía.** Magnitud termodinámica de un cuerpo. Es igual a la suma de su energía interna más el producto de su volumen por la presión exterior.

**Entropía.** Relación existente entre la cantidad de calor que un cuerpo gana o pierde y su temperatura absoluta.

**Eólico.** Relativo al aire y al viento.

**Equinoccios.** Momentos del año en que la duración del día es igual al de la noche. En estos días la eclíptica cruza con el ecuador celeste

**Erosión.** (del latín *erosio, ónis*: roedura). Depresión o rebajamiento producido en la superficie del suelo por el roce de diversos elementos, como agua de lluvia, viento, polvo, entre otros. El producto final de la erosión es la pérdida de la capa edafológica o suelo.

**Espacios acondicionados y no acondicionados.** Los espacios acondicionados necesitan tratamiento del aire como aumento de calor, eliminación de calor, eliminación de humedad o eliminación de contaminación. Los espacios no acondicionados no necesitan tal acondicionamiento del aire y no requieren de un esfuerzo adicional para el control de la infiltración.

**Estacionario.** Proceso o condición en el que sus características físicas permanecen invariables a lo largo del tiempo, o bien varían de forma periódica.

**Estación meteorológica.** Instalación con instrumentos que proporcionan los datos básicos de la observación realizada a una hora determinada mediante un resumen climatológico diario.

**Estado del cielo (nubosidad).** Masa de vapor acuoso suspendida en la atmósfera.

**Estanque solar.** Estanque de agua salada que es capaz de almacenar energía solar en forma de calor, gracias a un efecto de estratificación por la diferente densidad de las distintas capas que lo componen.

**Estratificación.** La tendencia de los fluidos, como el aire y agua, para formar capas cuando se calientan uniformemente. El fluido más caliente se eleva a la parte alta del recinto, y el fluido frío baja al fondo.

**Evaporación.** Medida del cambio del estado líquido del agua al de vapor, debido a la acción del calor.

**Evaporación total.** Medida aritmética de la cantidad total de la evaporación acumulada mensual y anual durante el número de años estadísticos.

**Exotérmico.** Proceso que desprende calor.

**Factor masa de aire.** Relación que existe entre la longitud de la trayectoria atmosférica efectiva de los rayos solares y el espesor atmosférico que atravesarían esos rayos si incidieran perpendicularmente en la superficie terrestre. Afecta a la insolación que recibe una superficie plana, sobre la superficie terrestre.

**Fertilidad (del suelo).** (Del latín *fertilitas, fertilitatis*). Virtud que tiene la tierra para producir copiosos frutos. Característica del suelo de poder sustentar el crecimiento vegetal, nutriéndolo.

**Fluido de transporte térmico.** Aire, agua u otro fluido que pasa a través del colector solar o está en contacto con él, extrayendo la energía térmica captada.

**Foco.** Punto en el que inciden los rayos solares tras su reflexión o refracción en las superficies o en los medios correspondientes.

**Forma de un edificio, factor de.** Relación entre la superficie exterior de un edificio y el volumen encerrado por ella.

**Fotólisis.** Proceso químico causado por la luz.

**Fuerza de Coriolis.** Fuerza debida a la rotación de la Tierra sobre sí misma: la atmósfera, al no tener la misma densidad que la de la superficie de la terrestre, no está sometida a la misma rotación se traducen en desviaciones aparentes de los movimientos de aire, atribuibles a la fuerza de Coriolis.

**Fuentes internas.** Las fuentes de ganancia internas de calor ajenas al equipo de calentamiento del espacio, como aparatos, luces y gente.

**Ganancia aislada.** Transferencia de calor dentro de un espacio desde un colector que está térmicamente aislado por separación física o aislamiento. Los ejemplos incluyen colectores convectivos de serpentín y asoleaderos conectados por una pared común aislante.

**Ganancia de calor.** La cantidad de calor que penetra a un espacio, puede ser radiación incidente o de fuentes internas como ocupantes, luces y equipo.

**Ganancia directa.** La transmisión de luz solar directa dentro del espacio a ser calentado, donde se convierte en calor por absorción en las superficies interiores.

**Ganancia indirecta.** La transferencia de calor dentro del espacio a ser calentado por un colector adyacente al espacio por medios conductivos o convectivos sin aislamiento; por ejemplo, paredes de almacenamiento térmico y cubiertas estanque.

**Ganancia interna de calor.** Calor generado dentro de la construcción por fuentes ajenas al equipo de calentamiento del espacio, usualmente por aparatos, luces y personas. Energía disipada en el interior del espacio a calentar por las personas o las máquinas en funcionamiento que lo ocupan. Esta energía contribuye a disminuir los requerimientos de calentamiento del espacio.

**Ganancia solar directa.** Radiación solar directa que pasando a través de las áreas acristaladas contribuye al calentamiento del espacio interior.

**Ganancia solar indirecta.** Transferencia de energía solar al espacio a calentar, a través de un colector unido a dicho espacio, mediante un medio transmisor de calor. Ejemplos de estos colectores son los muros o techos de almacenamiento térmico.

**Granizo.** Precipitación sólida acuosa de forma irregular.

**Helada.** Ocurre cuando la temperatura del aire en contacto con la superficie terrestre es igual o menor que el punto de congelación del agua. Cuando no existe un instrumento para la medición (termómetro a la intemperie), este fenómeno es estimado.

**Heliógrafo.** Instrumento que mide la insolación o tiempo en que el Sol luce en un día determinado.

**Helióstato.** Dispositivo capaz de orientarse automáticamente hacia el Sol, o bien capaz de reflejar sus rayos constantemente hacia un mismo punto. Sistema que comprende un dispositivo absorbedor o reflectante, orientable de forma tal, que la radiación directa incidente es absorbida o reflejada en este

último caso en un punto fijo, independientemente de la posición del Sol, durante las horas de luz diurna.

**Heliotérmico.** Proceso en el cual interviene la radiación solar y la energía térmica.

**Hidrónico.** Sistema de calefacción por agua.

**Horno solar.** Dispositivo capaz de alcanzar temperaturas muy elevadas enfocando los rayos solares sobre un pequeño receptor.

**Higrómetro.** Aparato que mide la humedad relativa del aire.

**Humedad.** Cantidad de vapor de agua que se halla en la atmósfera. Los valores de este parámetro se deducen de las lecturas del psicrómetro o del hidrógrafo, cuyas medidas se efectúan a una altura de 1.25 m a 2.00 m. del nivel del suelo.

**Humedad absoluta.** Cantidad de vapor de agua (masa) contenida por unidad de volumen de aire.; se expresa en gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire.

**Humedad relativa.** Relación que existe entre la cantidad de vapor de agua y la necesaria para la saturación. O bien, cantidad de vapor de agua existente en el aire con relación a la máxima cantidad de vapor de agua que puede tener para saturarse a la misma temperatura.

**Humidificación.** Adición de vapor de agua en la atmósfera o en cualquier sustancia.

**HVAC.** Sistema mecánico para calentamiento, ventilación y acondicionamiento de aire.

**Iluminación natural.** La luz solar puede iluminar los interiores y reducir el consumo de energía eléctrica al tiempo que aumenta el confort en ellos.

**Inercia térmica, masa térmica o capacidad calorífica.** Dimensión que introduce un retraso en la transmisión de un flujo de calor por una pared; se representa muchas veces por la capacidad térmica de los materiales que constituyen la pared. O bien, térmico que expresa la magnitud del efecto que tiene un material para amortiguar y retardar la temperatura máxima en el interior de un espacio en relación con la temperatura exterior. Característica de los materiales que indica la cantidad de energía que tienen que absorber para incrementar su temperatura en un grado.

**Infiltración.** Intercambio de aire entre el espacio interior y el exterior, resultando en ganancia o pérdida de calor. Entrada de aire involuntaria de magnitudes pequeñas que se lleva a cabo a través de las rendijas de un edificio; se ocasiona por las diferencias de presión entre el interior y el exterior y se origina por el viento y las diferencias de temperatura.

**Insolación.** La cantidad total de radiación solar directa, difusa y reflejada que llega a una superficie. Intensidad de radiación recibida por una superficie terrestre expuesta a los rayos solares. Potencia radiante que recibe una superficie unitaria plana, tanto por efecto de la acción directa de los rayos solares, como por la componente difusa a través de la

atmósfera. Intensidad de la radiación en la superficie terrestre expuesta a los rayos solares.

**Interacumulador.** Sistema acumulador de calor al que se ha incorporado un intercambiador de calor.

**Intercambiador de calor.** En circuitos indirectos, lugar donde se produce la transferencia de calor entre el circuito primario y el circuito secundario, generalmente por medio de un serpentín. Dispositivo que transfiere el calor de una sustancia a otra sin mezclarlas.

**Inventario climatológico.** Proceso metodológico diseñado con el fin de conocer el comportamiento del clima tal como se manifiesta.

**Invernadero, efecto.** Efecto que se produce en un dispositivo parcialmente cerrado por un vidrio, al comportarse como transparente a la radiación solar de onda corta y como opaco a la radiación emitida en la zona del infrarrojo por los elementos interiores al calentarse.

**Invernaderos.** Cubiertas de cristal o acrílico que acumulan el calor del sol para distribuirlo a la casa posteriormente.

**Inversor.** Aparato que convierte la corriente directa a corriente alterna.

**Irradiancia.** Flujo de radiación solar que incide sobre la unidad de superficie por unidad de tiempo. Se trata de una densidad de potencia.

**Isobaro.** Proceso en el que la presión permanece constante.

**Isohelia.** Línea que une los puntos geográficos que tienen igual número de horas de sol al año.

**Isotermo.** Proceso que se realiza sin variación de temperatura.

**Langley.** Unidad de medida de la intensidad de la radiación solar, cada vez más en desuso, que equivale a 1 cal/cm<sup>2</sup>.

**Latitud.** Una de las coordenadas geográficas que sirven para ubicar un punto sobre la superficie terrestre; se define por el ángulo que forma la vertical del lugar con el plano del ecuador.

**Lente de Fresnel.** Lámina de plástico transparente en cuya superficie se disponen una serie de surcos concéntricos tallados de forma tal que el conjunto es capaz de enfocar la luz de forma análoga a la de un lente convencional.

**Longitud.** Coordenada geográfica definida por el ángulo diedro que forma el meridiano que pasa por el lugar con otro meridiano considerado como origen.

**Macroclima.** Conjunto de fenómenos que integran las características climáticas de grandes extensiones de la superficie terrestre.

**Masa de aire (AM).** Distancia que recorre la radiación solar a través de la atmósfera; se considera como unidad la trayectoria vertical al nivel del mar. Relación entre la longitud de la trayectoria recorrida por un rayo a través de la atmósfera terrestre y la

longitud de dicha trayectoria en el momento en que el Sol está en el cenit.

**Masa de almacenamiento térmico.** Elementos constructivos de alta densidad como mampostería o agua en contenedores diseñados para absorber el calor solar durante el día y liberarlo más tarde cuando el calor sea necesario.

**Masa térmica.** El calor captado en una construcción se puede conservar en algunos materiales con mayor capacidad para almacenar calor. Como adobe, concreto, agua, tabique o piedra.

**Materia orgánica (del suelo).** Constituyente de los más importantes del suelo vivo en lo que concierne al desarrollo de las plantas. Consta de: *a) Materia orgánica de reserva*, es decir, la fracción que permanece sin ser descompuesta o que está en proceso de descomposición, y *b) humus*, es decir, la porción totalmente descompuesta que se encuentra en estado coloidal.

**Medio nublado.** Aquel en el que la cantidad de nubes observadas cubre de una a dos terceras partes de la bóveda celeste.

**Mesoclima.** Conjunto de condiciones climáticas que se manifiestan en un entorno aislable, o de extensiones en que se particularizan los macrofenómenos climáticos por causa de las características locales.

**Mesoclima (del predio).** Subclasificación del clima de una región. El clima puede modificarse por condiciones urbanas, distancia a cuerpos de agua, a zonas verdes, topografía, orientación del predio, ubicación y altura de las estructuras que lo rodean.

**MET.** Medida de calor producida por una persona en estado sedentario.

**Metabolismo.** Sistema de producción de energía del cuerpo humano que proporciona la energía necesaria para el cumplimiento de las tareas y que mantiene la temperatura central a 37°C; o bien, proceso químico-biológico por medio del cual el cuerpo genera su energía y mantiene el funcionamiento de sus sistemas vitales.

**Metabolismo basal.** Energía mínima que se requiere para mantener la temperatura del cuerpo en estado de reposo absoluto.

**Metabolismo muscular.** Desprendimiento de calor por actividad muscular al desarrollar un trabajo.

**Meteorología.** Se encarga del estudio cotidiano de los fenómenos atmosféricos según sus causas físicas, con el fin principal de predecir el tiempo. (Éste se define como las condiciones específicas o estado de la atmósfera en un lugar y momento determinados). La predicción del tiempo se basa en observaciones y datos transmitidos de forma simultánea desde numerosos observatorios y estaciones meteorológicas.

**Microclima.** Condiciones atmosféricas muy localizadas, detectadas a pocos metros de la superficie, que constituyen el ambiente más estrechamente relacionado con el hombre y sus actividades, así como

con otras especies biológicas; afecta a un área geográfica muy reducida y difieren apreciablemente de las predominantes de su entorno.

**Muro Trombe.** Sistema de captación de calor radiante, que consiste en una placa de vidrio colocada frente a un muro con alta capacidad calorífica, controlando el flujo de calor mediante movimientos convectivos de aire ubicado entre la vidriera y el muro; o bien, muro diseñado por el Dr. Félix Trombe, pintado en su lado exterior de color oscuro y que almacena energía solar para luego soltarla hacia el interior de la casa. Dicho muro tiene pequeñas aberturas en sus partes inferior y superior, y está separado por varios centímetros de un vidrio con las mismas dimensiones, el cual lo aísla del exterior.

**Neopreno.** Caucho artificial de gran duración.

**Nevada.** Precipitación sólida acuosa, constituida por pequeños cristales de hielo.

**Niebla.** Oscuridad en las capas inferiores de la atmósfera, que reduce la visibilidad en la superficie terrestre, causada por la suspensión de pequeñas partículas de polvo o humo.

**Observatorio meteorológico.** Estación que cuenta con los instrumentos apropiados para efectuar las observaciones para fines climatológicos y obtener registros horarios.

**Opaco.** No apto para transmitir la luz, por ejemplo paredes sin ventanas.

**Orientación.** Ángulo de desviación respecto al sur solar de una superficie. El sur solar, real o verdadero no debe confundirse con el magnético, del que se diferencia por efecto de la declinación magnética.

**Oscilación.** Diferencia entre los valores máximo y el mínimo registrados de un parámetro.

**Oscilación de la temperatura.** Diferencia entre el valor máximo y el mínimo registrados de un parámetro meteorológico (temperatura y humedad).

**Paralaje.** Variación de la posición relativa aparente de un objeto, al ser observado desde dos puntos diferentes y distantes del mismo.

**Pared de agua.** Una pared de almacenamiento térmico de agua en contenedores localizada entre la apertura solar y el espacio calentado. El calor es transferido dentro del espacio por conducción y convección a través del agua.

**Pares de cubierta.** Elementos estructurales de cubierta que van desde el alero hasta la cumbre.

**Patrones de diseño.** Planteamientos conceptuales de solución o aprovechamiento de las manifestaciones microclimáticas de una localidad específica, basadas en el conocimiento de la técnica (principios físicos), aplicables en el desarrollo del proyecto arquitectónico y urbano, para obtener el bienestar humano.

**Período de foliación.** Regularidad o periodicidad en que una planta tira sus hojas. Las plantas *perennifolias* son aquellas cuyas hojas resultan persistentes y se mantienen adheridas a la planta, aun cuando el agua

sea escasa y/o la temperatura ambiente resulte baja. Las plantas *caducifolias* son las que poseen hojas percederas, que en épocas secas y frías, se marchitan y caen como conjunto, por lo que la planta se ve desnuda.

**Pérdida calórica.** Suma total de calor que abandona un espacio por medio de flujo de calor a través de la envolvente del edificio o por infiltración de aire.

**Piranómetro.** Instrumento para medir la radiación solar hemisférica global (directa + difusa). Generalmente se mide en una superficie horizontal. Cuando se desea medir la radiación difusa, sobre el piranómetro se coloca una banda que obstaculiza la radiación.

**Pirheliómetro.** Instrumento en que se emplea un detector colimado para medir la radiación solar directa, a incidencia normal.

**Policarbonato.** Material orgánico translúcido utilizado como cubierta de los colectores en sustitución del vidrio.

**Poliestireno expandido.** Material muy ligero de color blanco utilizado para embalaje y como aislante térmico.

**Poliestireno extruido.** Material aislante plástico ligero, mas resistente al agua que el poliestireno expandido.

**Polietileno.** Material orgánico, el cual, en láminas muy finas y translúcidas, se usa para aprovechar el efecto invernadero, principalmente en agricultura.

**Poliuretano.** Aislante orgánico usado en las carcasas de los colectores solares y en muchas otras aplicaciones en el campo de la construcción.

**Precipitación.** Cualquier depósito acuoso en la superficie terrestre proveniente de la atmósfera, ya sea en forma líquida o sólida.

**Precipitación máxima.** Cantidad de lluvia más alta acumulada a nivel diario y horario durante la longitud de años de observación.

**Precipitación mínima.** Cantidad de lluvia más baja acumulada en un mes durante la longitud de años con datos en el período.

**Psicrómetro.** Instrumento para medir la humedad relativa del aire.

**Punto de fusión.** Temperatura a la que las fases sólida y líquida de una sustancia se encuentran en equilibrio a una presión dada.

**Punto de rocío.** Temperatura a la que comienza a condensarse el vapor de agua del aire.

**Quad.** Unidad de energía igual a  $10^{15}$  BTU

**Radiación.** Transferencia de energía a través de ondas electromagnéticas.

**Radiación de longitud de onda larga (IR).** Radiación originada por fuentes que se encuentran a temperaturas cercanas a la del ambiente y que tienen longitudes de onda mayores a 3 micras, también llamada radiación calórica o calor.

**Radiación difusa.** Componente de la radiación solar que ha sido dispersado por las partículas atmosféricas. La

radiación difusa se supone que está distribuida uniformemente en la bóveda celeste.

**Radiación directa.** El componente de la radiación solar que llega directamente del disco solar sin ser dispersada o reflejada, no existe cambio de dirección de los rayos.

**Radiación nocturna hacia el cielo.** El inverso del principio de insolación de luz de día. Tal como la energía solar radiada durante el día a través del espacio vacío, también la energía calorífica puede viajar libremente en la noche, desde la superficie de la Tierra hacia el espacio. En una noche despejada, la tierra, como cualquier otro objeto caliente, puede enfriarse a sí misma mediante la radiación de una onda larga de energía calorífica al cielo frío. En noches nubladas, la cubierta de nubes actúa como un aislante y evita que el calor escape al cielo frío.

**Radiación solar.** Radiación emitida por el Sol incluyendo la radiación infrarroja, la radiación ultravioleta y la luz visible.

**Radiación térmica.** Energía transferida en forma de ondas electromagnéticas desde un cuerpo en virtud de su temperatura, incluyendo radiación infrarroja, ultravioleta y luz visible.

**Radiación umbral.** Intensidad de la radiación solar tal que, para un colector dado, hace que su rendimiento sea nulo, es decir, la energía solar absorbida es exactamente igual a las pérdidas térmicas del colector.

**Radiómetro.** Medidor de cualquier tipo de radiación.

**Recarga acuífera.** Aumento o recuperación del nivel del agua subterránea o manto acuífero.

**Reconversión solar pasiva.** Conversión de una construcción demasiado calurosa o fría a otra confortable, mediante sistemas de calentamiento o de enfriamiento pasivos.

**Reflectancia.** Fracción de la radiación incidente reflejada por una superficie.

**Reflexión (factor de).** Cociente entre la energía reflejada por una superficie y la energía total incidente. Siempre es menor que 1. en los cuerpos opacos, la suma de los factores de reflexión y de absorción siempre es igual a 1.

**Resistencia térmica.** Una medida del valor de aislamiento o resistencia a la conducción de calor de los elementos o materiales constructivos; específicamente es recíproco de la conductividad térmica, se denota con la letra R.

**Retardo térmico.** Desfasamiento horario de la temperatura máxima interior de un espacio con respecto a la temperatura máxima exterior.

**Rocío.** Condensación del vapor de agua sobre una superficie

**Rompimiento térmico (barrera térmica).** Un elemento de baja conductividad de calor localizado dentro de una construcción de forma tal que reduzca el flujo de calor.

**Serpentín.** Conducto o tubería de forma helicoidal. Intercambiador de calor de forma helicoidal.

**Sistema de cubierta de estanque.** Un sistema de ganancia indirecta de calor y frío en el cual la masa, la cual es el agua contenida en la cubierta del espacio para ser calentado o enfriado. Un sistema de cubierta estanque absorbe radiación solar para calentar en invierno e irradiar calor al cielo nocturno para enfriar en el verano.

**Sistema híbrido.** Sistema de calentamiento o enfriamiento de energía solar que combina elementos pasivos y activos, alternos y convencionales.

**Sistema pasivo.** Un sistema que no utiliza medios mecánicos para satisfacer las cargas de frío o calor. Sistema de calefacción solar que no utiliza fluidos en movimiento, sino que aprovechan un diseño arquitectónico óptimo.

**Sistema de piedras de almacenamiento.** Sistema de almacenaje de la energía solar en el cual el calor o el frío captado es almacenado en una cama de piedras para ser usado mas tarde. Este tipo de almacenamiento puede ser utilizado en un sistema activo híbrido o pasivo.

**Sotavento.** Zona de presión negativa que se forma en el lado opuesto a la incidencia del viento.

**Tec.** Tonelada Equivalente de Carbón. Cantidad de energía igual a la obtenida quemando 1 tonelada de carbón. Equivale a  $2.93 \times 10^{10}$  joules.

**Tedlar.** Plástico utilizado en las cubiertas de colectores.

**Temperatura.** Magnitud que sirve para indicar el grado de actividad molecular de un cuerpo.

**Temperatura ambiente.** Temperatura del aire circundante, tanto dentro de un cuarto o alrededor de un edificio.

**Temperatura de estancamiento.** Es la alcanzada en una placa captadora cuando no hay circulación del fluido caloportador.

**Temperatura del aire.** Estado de la atmósfera según los diversos grados de calor o humedad. Se mide a una altura de 1.25 a 2.00 m. del nivel del suelo, de manera que los termómetros se instalan en el interior de una caseta.

**Temperatura del cielo.** Temperatura ficticia que considera a la atmósfera como un cuerpo negro, irradiando y absorbiendo energía como tal. La temperatura del cielo es aproximadamente igual a  $0.055 T_a^{3/2}$ , donde  $T_a$  es la temperatura ambiente absoluta.

**Temperatura de bulbo húmedo.** Temperatura en la cual el agua pura puede evaporarse dentro de una muestra de aire.

**Temperatura de bulbo seco (ambiente).** Media aritmética de los promedios mensuales y anuales de la temperatura del ambiente, calculada con los datos del período

**Tempestad eléctrica.** Actividad de las nubes con desarrollo vertical (cumulonimbos), manifestada con

una o más descargas eléctricas repentinas (relámpagos o rayos).

**Tensión del vapor de agua.** Medida de presión parcial que ejerce el vapor de agua en la atmósfera, la cual es registrada de forma indirecta por medio del psicrómetro.

**Tep.** Tonelada Equivalente de Petróleo. Unidad de energía igual a  $4.19 \times 10^{10}$  joules.

**Termocirculación.** La circulación de un fluido por convección. Por ejemplo desde una zona caliente a una zona fría a través de aberturas de una pared común.

**Termostato.** Dispositivo que, a través de un sensor de temperatura, envía una señal al sistema de control con el fin de que éste mantenga la temperatura de un recinto en torno a unos ciertos valores prefijados de antemano.

**Tiempo solar verdadero.** Hora del día ajustada de modo que el Sol esté al sur verdadero en el mediodía.

**Tonelada de refrigeración.** Potencia de refrigeración equivalente a 3.5 KW.

**Total de horas de insolación.** Media aritmética de la cantidad de horas de insolación acumulada mensual y anualmente durante la longitud del período de observaciones.

**Total de precipitación.** Media aritmética de la cantidad de lluvia acumulada mensual y anual durante el número de años con estadísticas

**Transmitancia.** Capacidad de un material para transmitir energía radiante. Está dada por el flujo de radiación transmitido por un cuerpo entre la radiación incidente en él.

**Turbidez.** Parámetro que indica la transmitancia atmosférica.

**Turbina eólica.** Chimenea que se encuentra en el techo y que tiene por objeto forzar la extracción de aire caliente de la parte superior de la construcción, que por su menor densidad puede subir.

**Valor R.** Una medida de la resistencia térmica de un elemento constructivo, es recíproco del valor U.

**Valor U (coeficiente de transferencia de calor).** Medida del flujo de calor. Es recíproco de la resistencia o valor R.

**Ventilación (natural).** Flujo de aire a través y dentro de un espacio estimulado por distribución de los gradientes de presión alrededor de un edificio o fuerzas térmicas causadas por gradientes de temperatura entre el aire interior y el exterior.

**Ventilación cruzada.** Favorecimiento de la entrada y salida de brisas y vientos de una construcción, por medio de aberturas colocadas en paredes paralelas, con lo cual se facilita la ventilación pasiva y el enfriamiento. Dichas paredes deben ser perpendiculares a la dirección de los vientos.

**Viento.** Movimiento de aire originado por diferencias de presión.



## Referencias:

### Bibliográficas

Alcor Cabrerizo, Enrique

**“Instalaciones solares fotovoltaicas”** / Enrique Alcor Cabrerizo. 2a ed. Sevilla, España : Progensa, c1995. 292 p. : il. ISBN 84-86505-54-

Almanza Salgado, Rafael.

**“Ingeniería de la energía solar”**. México : El Colegio Nacional, 1994. 418 p. ISBN. 968-6664-79-5.

Anderson, Bruce.

**“Guía fácil de la energía solar pasiva. Calor y Frío Natural”**. 1ª. Edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 1984. 195 pp. ills.

Behling, Sophia.

**“Sol power : la evolución de la arquitectura sostenible”** / Sophia y Stefan Behling ; en colab. Con Bruno Schindler ; prologado por Norman Foster Barcelona : G. Gili, c2002

Bertrán de Quintana, Miguel

**“El Sol en la Mano. Estudios de iluminación, orientación y relojes solares.”** 3ª. Edición Editorial Universidad Nacional Autónoma de México 1987. 281 pp. ills.

Campbell, Stu

**“Construya su propio calentador solar”** / Stu Campbell ; versión castellana de Ramon-Albert Duch Martorell ; revisión bibliográfica por Xavier Guell Gili. México : Gili, 1983, 117 p.

Cantarell Lara, Jorge

**“Geometría, energía solar y arquitectura”** / Jorge Cantarell, Lara. México : Trillas, 1990.

Jose Casanova Colas, et. al.

**“Curso de energía solar”** Valladolid : Universidad de Valladolid, Secretariado de Publicaciones : Caja de Salamanca y Soria, c1993 606 p

Castro Gil, M., Colmenar Santos, A,

**“Energía Solar Fotovoltaica.”** 1ª. Edición. [Sevilla]: Progensa, c2000, 68 p.: ills. Monografías técnicas de energías renovables; 7

Castro Gil, M.

**“Energía solar térmica de baja temperatura”** / M. Castro Gil, A. Colmenar Santos, Sevilla, España : Progensa, 2000, 94 p. : il. Serie Monografías técnicas de energías renovables ; 5

Castro Gil, M. et. al.

**“Energía solar térmica de media y alta temperatura”** 1ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 2000. 69 pp. ills.

Colección: Monografías Técnicas de Energías Renovables.

Colectivo.

**“Instalaciones de energía solar : Curso programado”**, Sevilla : Progensa, 198-. ISBN 84-86505-16-x (Obra completa).

Cengel, Yunus A.

**Termodinámica** / Yunus A. Cengel, Michael A. Boles ; tr. Gabriel Nagore Cazares. 2a ed. México: McGraw-Hill, c1996. 2v.

Traducción de: Thermodynamics. Termodinámica.

Energía Solar y Agroenergética. Editorial CCC. España.

Embacher, Franz.

**“Teoría y construcción : Relojes de sol”**; tr. José Basadre e Ingrid Nebel. Sevilla : Progensa, 1988. 120 p

Ferreiro, Héctor. et. al.

**“Manual de Arquitectura Solar”** 1ª. Edición. Editorial Trillas. México 1991. 292 pp. ills.

Fuentes Freixanet, Víctor.

**“Criterios de Adecuación Bioclimática en Arquitectura. 7300”**. 1ª. edición. Editorial Instituto Mexicano del Seguro Social. México 1992. 420 pp. ills

Meinel, Aden B.

**“Applied solar energy : An introduction”** / By a. b. Meinel and m. p. Meinel. Massachusetts : Addison-Wesley, 1976.

Manrique, José A.

**Energía solar.** Fundamentos y aplicaciones fototérmicas. 1ª. Edición. Editorial Harla. México. 1984. 255 pp. ills.

Olgay, Víctor.

**“Arquitectura y clima. Manual de diseño Bioclimático para arquitectos y urbanistas”**. 1ª. Edición. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 1998. 203 pp. ills.

Quadri, Nestor.

**“Energía Solar”** 3ª. Edición. Librería y Editorial Alsina. Buenos Aires. 2003. 165 pp. ills.

Sánchez Quintana, Fernando.

**“Instalaciones de calefacción por suelo radiante”**. 2ª. Edición. Editorial Progensa. Sevilla, España. 1992. 182 pp. ills.

Semana Nacional de Energía Solar (25 : 2001 : San Luis Potosí, S.L.P.).

**“Memoria : XXV Semana Nacional de Energía Solar, 1 al 5 de octubre de 2001, San Luis, Potosí, S.L.P.”** / editores Ruben J. Dorantes Rodriguez ...[et al.]. Mexico : ANES, [2001?]. 614 p. : il.

**30 Semana Nacional de Energía Solar** del 2 al 6 de octubre de 2006. Sede. Universidad Cristóbal Colón. Veracruz, Ver. ANES. ASME. ISES. Universidad veracruzana.

Soler Gaya, Rafael

**“Diseño y construcción de relojes de sol : Prontuario para la construcción de relojes de sol con la justificación de los métodos y fórmulas”** Madrid : Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos : Demarcación de Baleares, c1989. 379 p. *Serie Colección de ciencias humanidades e ingeniería ; no. 29*

Szokolay, S. V.

**“Energía solar y edificación”** / S. v. szokolay ; traducción por kyrill pawlowsky Barcelona: Blume, 1978. 196 p.

Szokolay, Steven Vajk.

**“Introduction to architectural science : the basis of sustainable design”** / Steven V. Szokolay ; graphics assistance by Christopher Brisbin Amsterdam ; Elsevier : **Architectural**, 2004 xviii, 327 p. : ill.

**“Curso de actualización en energía solar”** : Del 26 de marzo al 6 de abril 1984, Mexico UNAM, Unidad Académica de los ciclos profesional y de posgrado, 1984, # vi, 252 p.

**30 años, Evolución y Desarrollo de la Arquitectura Bioclimática en México.** Editores. David Morillón Gálvez y Manuel Rodríguez Viqueira.. CD-ROM. ANES. México. 2006.

Hemerográficas

Gaceta oficial del Distrito Federal. 7 de abril de 2006.

Ramírez, Muricio.

**“Eco – City Dongtan”**. En revista Obras Junio 2007, año XXXV No. 414.

Guía Universitaria.

Directorio de Universidades. Selecciones del Reader's Digest. 2004 – 2005.

Internet.

<http://www.eco2site.com>  
<http://www.arq.com.mx/documentos/Detalles/25716.html>  
<http://www.modulosolar.com.mx>  
<http://saecsaenergiasolar.com>  
<http://www.anes.org/>  
[http://www.conservaenergia.com/informacion\\_util.htm](http://www.conservaenergia.com/informacion_util.htm)

<http://www.updce.ipn.mx>  
<http://www.sitiosolar.com>  
[www.decopasion.com/temas/casas\\_bioclimaticas](http://www.decopasion.com/temas/casas_bioclimaticas)  
[www.renewables-made-in-germany.com](http://www.renewables-made-in-germany.com)  
[www.solarjiennense.com/fotovoltaica.htm](http://www.solarjiennense.com/fotovoltaica.htm)  
[http://cursos.arq.com.mx/Arquitectura\\_Bioambiental/](http://cursos.arq.com.mx/Arquitectura_Bioambiental/)  
[http://www.arq.com.mx/cursos/Arquitectura\\_Solar/](http://www.arq.com.mx/cursos/Arquitectura_Solar/)  
<http://www-azc.uam.mx>  
<http://www.ic-solar.com/>  
<http://www.bioclimarq.com/>  
<http://solartronic.com>  
<http://www.energiasolarsinlimites.com/>  
[http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec\\_6.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/119/htm/sec_6.htm)  
<http://www.solenal.com>  
<http://www.pti.iteso.mx>  
[http://www.radiocom.com.mx/solar/h\\_solar.htm](http://www.radiocom.com.mx/solar/h_solar.htm)  
[http://congreso\\_cuba.tripod.com.mx/congresointernacionaldepedagoga2003/id8.html](http://congreso_cuba.tripod.com.mx/congresointernacionaldepedagoga2003/id8.html)  
<http://www.solarite.com.mx/>  
<http://www.smf.mx>  
<http://www.heliocol.com.mx>  
<http://www.prodigyweb.net.mx/esscom/energia.html>  
<http://www.censolar.org/>  
<http://www.calderon-trueba.com/servs.html>  
<http://www.amper.org.mx/>  
<http://www.casaamida.com/>  
<http://www.ingcivil-acatlan.org/article21.html>  
<http://integra.arq.tripod.com/solar.htm>  
<http://www.arquisolar.com.ar>  
[http://www.multivi.com.mx/solar\\_fr.html](http://www.multivi.com.mx/solar_fr.html)  
[http://www.solorzano.com.mx/jesus/esb/en\\_el\\_frio.htm](http://www.solorzano.com.mx/jesus/esb/en_el_frio.htm)  
<http://www.conae.gob.mx>  
<http://www.arisa.com.mx/plantas.html>  
<http://alfasolar.com.mx/index.php>  
<http://www.eco-sistemas.com.mx/>  
<http://www.cronica.com.mx/nota.php?idc=104844>  
<http://www.modulosolar.com.mx/>  
<http://xml.cie.unam.mx/xml/>  
<http://ecoapuntos.homestead.com/files/ProdPrim.htm>  
<http://www.riraas.net/documentos.htm>  
<http://www.unam.mx/pue/proyecto.html>  
<http://alephzero.udlap.mx>  
[http://www.iie.org.mx/publica/bolsepoct99/entre\\_so.html](http://www.iie.org.mx/publica/bolsepoct99/entre_so.html)  
<http://ecoapuntos.homestead.com/files/AmbFisico.htm>  
<http://www.arq.com.mx/noticias/Detalles/5422.html>  
[http://www.famaac.org/horno\\_solar.htm](http://www.famaac.org/horno_solar.htm)  
<http://www.funtener.org/lascitas.html>  
<http://members.tripod.com.mx>  
<http://www.protect-sun.com.mx/beneficios.html>  
<http://dafer.8m.com/solar.html>  
<http://www.sees.cinvestav.mx/SOLAR.HTM>  
<http://www.ecamisa.com/EnergiasRenovables.htm>  
<http://www.sunwaymx.com/>  
[http://www.her-maq.com/alberca\\_colectores.html](http://www.her-maq.com/alberca_colectores.html)  
[http://www.tsa.net.mx/sistemas\\_fotovoltaicos.html](http://www.tsa.net.mx/sistemas_fotovoltaicos.html)  
<http://www.energia.org.mx/>