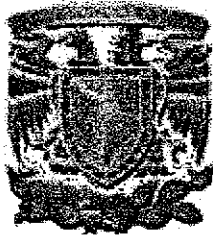


00164



Universidad Nacional Autónoma de  
México

---

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO  
EN ARQUITECTURA

**METODOLOGÍA PARA EL  
DISEÑO DE  
ARQUITECTURA ECOLÓGICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA  
CAMPO DE CONOCIMIENTO EN TECNOLOGÍA

P R E S E N T A

Francisco Amante Villaseñor

2002

MÉXICO, D.F.  
MMII



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**Jurado**

Director de Tesis:

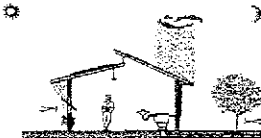
**Dr. David Morillón Gálvez**

Sinodales Propietarios:

**Dr. Jesús Aguirre Cárdenas  
Dr. José Diego Morales Ramírez**

Sinodales Suplentes:

**M en Arq. Francisco Reyna Gómez  
M en Arq. Jorge Rangel Dávalos**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

A mis padres:  
Ing. Francisco Amante Navarro  
Eva Lucia Villaseñor Pérez

A mis Hermanos:  
Ricardo Amante Villaseñor  
Eva Lucia Amante Villaseñor

A mis Tíos:  
Lic. Jesús Villaseñor Pérez  
Vicente Villaseñor Perez ( Mi Amigo Vic)

A mis primos:  
Felipe de Jesús Villaseñor Gudiño  
Armando Gudiño Villaseñor  
Samuel Villaseñor Gudiño  
† Felipe de Jesús Zepeda Villaseñor

A mis amigos:  
Esteban Serrano Labastida  
Pedro Servin romero

A la fundación UNAM gracias  
por su apoyo de la Beca por parte de la  
Dirección General de Intercambio Académico

Un reconocimiento a mis asesor de  
tesis por haberme apoyado en los  
momentos mas difíciles de mi estudios "muchas gracias"

Gracias a todos mis asesores por su gran apoyo:  
Dr. Jesús Aguirre Cárdenas  
Dr. José Diego Morales Ramírez  
M en Arq. Francisco Reyna Gómez  
M en Arq. Jorge Rangel Dávalos

A cada una de las personas que  
compartieron mi trabajo durante estos tres  
años, mi agradecimiento por siempre.



---

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

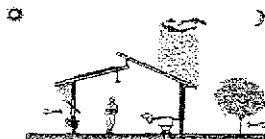
# ÍNDICE

RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	1
1 ANTECEDENTES.....	6
2 ARQUITECTURA Y ECOLOGÍA.....	14
3 PROPUESTA METODOLÓGICA.....	20
3.1 Metodología para el diseño de arquitectura ecológica	
3.2 Información general del diseño bioclimático y diseño de ecotécnicas	
3.3 Diagnóstico del diseño bioclimático y diseño de ecotécnicas	
3.4 Recomendaciones para el diseño bioclimático y análisis para el diseño de ecotécnicas	
3.5 Sistemas de climatización pasiva y diseño de ecotécnicas: selección, dimensionamiento y adaptación	
3.6 Proyecto	
4 VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA: DISEÑO DE CASA ECOLÓGICA.....	31
4.1 Diseño bioclimático de la casa ecológica	
4.1.1 Información general del diseño bioclimático	
4.1.2 Diagnóstico del diseño bioclimático	
4.1.3 Recomendaciones para el diseño bioclimático	
4.1.4 Sistemas de climatización pasiva	
4.1.5 Proyecto final: evaluación térmica de la vivienda ecológica	
4.2 Diseño de ecotécnicas de la casa ecológica	
4.2.1 Información general del diseño de ecotécnicas	
4.2.2 Diagnóstico del diseño de ecotécnicas	
4.2.3 Análisis para el diseño de ecotécnicas	
4.2.4 Diseño de ecotécnicas: selección, dimensionamiento y adaptación	
4.3 Calentador solar de agua a circulación natural	
4.4 Captación, filtración y almacenamiento de aguas pluviales	
4.5 Sistemas fotovoltaicos aislados	
4.6 Lámparas ahorradoras de energía	
4.7 Refrigerador solar	



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

4.6	Destilador solar de agua	
4.9	Secador solar de ropa	
4.10	Composta	
5	COSTO-BENEFICIO DE LA ARQUITECTURA ECOLÓGICA.....	61
5.1	Análisis de mercado	
5.2	Análisis del producto	
5.3	Criterios del análisis costo-beneficio	
5.4	Costo-beneficio de sistemas ecotécnicos y diseño bioclimático empleados en la casa ecológica	
5.5	Beneficios ambientales de la arquitectura ecológica	
	CONCLUSIONES.....	72
	BIBLIOGRAFÍA.....	79
	ANEXOS.....	a



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# RESUMEN



En la actualidad, los diseños arquitectónicos y las propias edificaciones, regularmente no contemplan un estudio sobre el impacto ambiental, ahorro de energía y agua, ni consideran el confort térmico dentro de los espacios habitables por el ser humano. Esto trae como consecuencia la necesidad de buscar nuevas alternativas de diseño en las edificaciones, las cuales sirvan para aprovechar mejor los recursos renovables y no renovables, con miras a preservar el ambiente.

La presente tesis, tiene como objetivo el de proponer una metodología adecuada para el diseño de arquitectura ecológica, entendiéndose por este término como una forma de expresar la necesidad de "proyectar con la naturaleza" y de asumir un modo o conducta de responsabilidad ambiental. Lo anterior se logra mediante la utilización de energías alternas o renovables, incluye el diseño de ecotécnicas y el diseño bioclimático-, que posibilite proyectar edificaciones en las que se contemple el impacto ambiental, las integre con los ecosistemas existentes en las diferentes fases del proyecto: planeación, diseño, ejecución, operación y/o mantenimiento, y genere y optimice el uso de la energía y del agua.

Con la metodología planteada, se podrán proponer y analizar las necesidades de la vivienda –energía y agua– al igual que las del ser humano –confort térmico–, y aunar la parte estética del diseño arquitectónico –integración de las ecotécnicas en el aspecto estético del diseño arquitectónico–. La propuesta metodológica pretende que en la edificación se aprovechen al máximo posible los recursos naturales –energía solar, eólica, biomasa, entre otras– para abastecerse de energía y otros insumos, tratando de depender los menos posible de elementos externos, como son los servicios públicos convencionales. De esta forma, disminuirá el deterioro ambiental y se logrará un diseño adecuado al ambiente.

La metodología se valida mediante un proyecto 'casa ecológica', el cual se ubicará en la ciudad de Morelia, Michoacán. En este diseño se propone la utilización de ecotécnicas del calentador solar de agua, la planta de tratamiento de agua, la utilización de celdas fotovoltaicas y lámparas ahorradoras de energía, entre otras. La vivienda se diseña tomando en consideración los elementos climatológicos –temperatura, humedad, radiación solar, etcétera–, y materiales de construcción, acordes al clima del lugar del proyecto, con el propósito de lograr confort térmico dentro de ella.

Otro aspecto importante del presente trabajo es la evaluación de los beneficios energéticos, económicos y ambientales de la arquitectura ecológica, como son el diseño bioclimático y los sistemas ecotécnicos. En lo referente al diseño bioclimático se analizó el nivel del confort de los ocupantes de la vivienda, esto se pudo cuantificar mediante el cálculo térmico realizado en dicha edificación, el resultado fue de 1565 watts, los cuales podrán ser evitados con la propuesta de circulación cruzada en el área de sala comedor –ver capítulo cuarto–; y en cuanto a los sistemas ecotécnicos –calentador solar de agua, lámparas ahorradoras de energía y planta de tratamiento de agua– se realizó un estudio financiero-ambiental, que permite conocer la viabilidad de la adquisición de estos sistemas. Este estudio nos arrojó resultados satisfactorios debido al tiempo de recuperación de la inversión de los sistemas ecotécnicos que oscila de los 4 a 17 años, lo que permite que estos sistemas sean una inversión rentable.





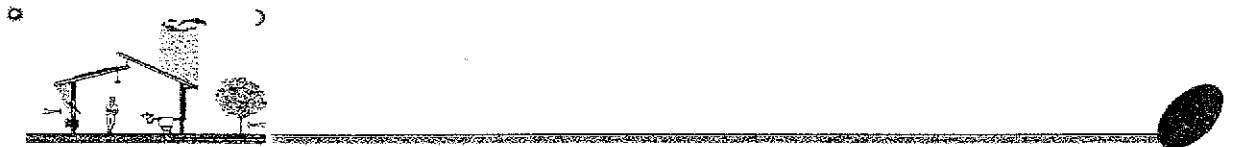
La hipótesis de este trabajo tiende a lograr una metodología para el diseño de arquitectura ecológica la cual sirva como guía a diseñadores en edificaciones y con lo cual se logre: el uso adecuado del consumo de energía; la generación de energía para satisfacer las necesidades de una vivienda, como es el caso de la cocción de alimentos, iluminación, calefacción y calentamiento de agua, entre otras; y el logro del equilibrio ecológico, mediante el uso eficiente de los recursos naturales.

Además se comenta que, en una búsqueda sobre antecedentes de metodologías de arquitectura ecológica no fue encontrada ninguna como tal, únicamente fueron halladas algunas metodologías de diseño bioclimático y casos prácticos de arquitectura ecológica autosuficiente y sustentable en donde las edificaciones abordaban características del ambiente (diseños adecuados al ambiente), además contemplaban el aprovechamiento -al máximo posible- de los recursos naturales, incluían la autosuficiencia y propiciaban las condiciones que determinan la sensación de bienestar térmico del ser humano en los interiores de las construcciones .

Para finalizar es importante mencionar la forma en que se desarrollo la información de este documento, para ello fue necesario recurrir a diversas fuentes de información como son: bibliografías, internet, entrevistas, cursos, revistas especializadas, manuales, visitas, tesis y congresos. Con todo lo anterior y una aportación por parte del autor pudo ser posible la realización de este trabajo.



# INTRODUCCIÓN



Uno de los propósitos de este trabajo es apoyar a los diseñadores en arquitectura para acceder al empleo de la metodología planteada, como una herramienta más que ayude al diseño de espacios térmicamente confortables y bajo consumo energético, a fin de contribuir a un mejoramiento de la vida humana, por medio del decremento del deterioro del medio ambiente y el abastecimiento adecuado de las necesidades básicas del hombre, especialmente del agua y la energía.

Los objetivos del presente documento son:

- ① Proponer una metodología para el diseño de arquitectura ecológica.
- ② Validar la metodología mediante un proyecto
- ③ Evaluar los beneficios económicos y ambientales de los sistemas ecotécnicos y del diseño bioclimático.

La presentación de la tesis se desarrolla por medio de cinco capítulos que, secuencialmente, abordan la problemática energética-ambiental, los antecedentes, la propuesta metodológica –proceso de diseño de la arquitectura ecológica–, y el costo-beneficio de la arquitectura ecológica propuesta.

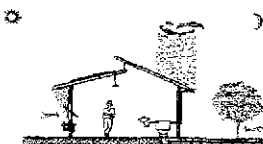
En el primer capítulo, se presentan algunos antecedentes de metodologías de diseño bioclimático y casos representativos sobre el proceso de diseño en arquitectura ecológica autosuficiente. En el segundo, se explica la relación que existe entre la arquitectura y la ecología, con la finalidad de proponer una arquitectura que salvaguarde el medio ambiente habitado por el hombre.

La parte medular del trabajo se ubica en el tercer capítulo, al proponerse la metodología para el diseño de arquitectura ecológica, como una importante herramienta de diseño, en la cual se toma en cuenta el confort térmico de los espacios arquitectónicos, y la utilización apropiada de las ecotécnicas que proporcionan cierto grado de autosuficiencia de agua y energía.

La metodología integra dos importantes áreas: una de ellas es el diseño bioclimático, que sirve para proporcionar un mayor confort térmico dentro de la edificación; y la otra, el diseño de las ecotécnicas –sistemas alternos que ayudan al hombre a cubrir sus necesidades, teniendo en cuenta, primordialmente, el equilibrio ecológico–. Se consideran, además, los factores necesarios para la elección de cada sistema ecotécnico, como son su descripción, su rendimiento, ventajas y desventajas, costo, etcétera.

Se cumplimenta en el capítulo cuatro la validación de la metodología, mediante el diseño arquitectónico de una casa ecológica. Finalmente, en el quinto capítulo se presenta el análisis costo-beneficio de la arquitectura ecológica, al que se integra el análisis financiero y ambiental, tanto del diseño bioclimático como de los sistemas ecotécnicos, como son el calentador solar de agua, la planta de tratamiento de agua y el foco ahorrador de energía.

Por otra parte se comenta a continuación la justificación de este documento desde el punto de vista energético-ambiental:



A partir de la Revolución Industrial, con la optimización de los sistemas de producción y transformación, comenzó, a gran escala, la explotación de los recursos naturales no renovables; el avance acelerado de la tecnología a la par que la explosión demográfica, han provocado un deterioro ambiental, en ciertos casos irreversible; la desecación de lagos y lagunas, la deforestación, la extracción de los hidrocarburos de manera irracional, sumado a la extinción de varias especies animales y vegetales, ha dado como resultado el interés del hombre por buscar sistemas alternativos que satisfagan sus necesidades, sin renunciar a la calidad de vida a que está acostumbrado.

El surgimiento de la conciencia ecológica a finales de los años 70, aún no ha detenido el desgaste ambiental, a causa de intereses económicos muy fuertes que han obstaculizado los avances tecnológicos, en la búsqueda de sistemas alternativos que no destruyan el espacio vital del hombre.

Al hacer referencia a la ecología, se aborda un tema de gran importancia para la humanidad, debido a su inherente pretensión de rescatar valores que en toda la historia del hombre no se le había dado la importancia debida, sobre todo, tratándose del aspecto substancial de la arquitectura.

Como el objetivo principal de un arquitecto es el de proporcionar albergue, confort y protección al hombre, al diseñar espacios que servirán para cumplir con estas prioridades, hoy en día, los procesos de diseño arquitectónico están cambiando considerablemente, debido a los problemas ambientales.

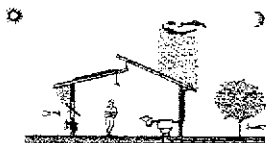
En México, la aparente abundancia y bajo costo de los energéticos, aunada a la implementación de estrategias energéticas inadecuadas, como son los subsidios, la monodependencia energética y otros, ha provocado patrones de consumo irracionales y un uso ineficiente de la energía; situación que ha prevalecido en México, sobre todo en los últimos 30 años, lo cual ha ocasionado un consumo acelerado de los energéticos no renovables, que afecta la productividad y la economía nacionales y provoca un gran deterioro ambiental y una considerable reducción de vida<sup>1</sup>.

El ahorro de energía en las edificaciones está tomando un nuevo curso, debido a la problemática que conlleva a su producción y repercusión en el medio ambiente, por lo que la necesidad de reducir el consumo de energía es hoy de gran importancia, ya que se podría lograr una arquitectura que impactara lo menos posible a la naturaleza, al producir edificaciones ecológicas.

En México, el sector residencial, en el año de 1999, consumió 700594 petajoules, lo que significó el 18.4 % del consumo nacional de energía (figura 1), que fue empleada para satisfacer las necesidades de cocción de alimentos, iluminación, calefacción y calentamiento de agua, entre otras<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>García Chávez José Roberto (1999), "Potencial de Ahorro de Energía y Uso de Fuentes Alternativas en las Edificaciones, Perspectivas para el Próximo Milenio, Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, México D.F

<sup>2</sup>Balance nacional de energía 1999, Secretaría de Energía 2000. México 2000.



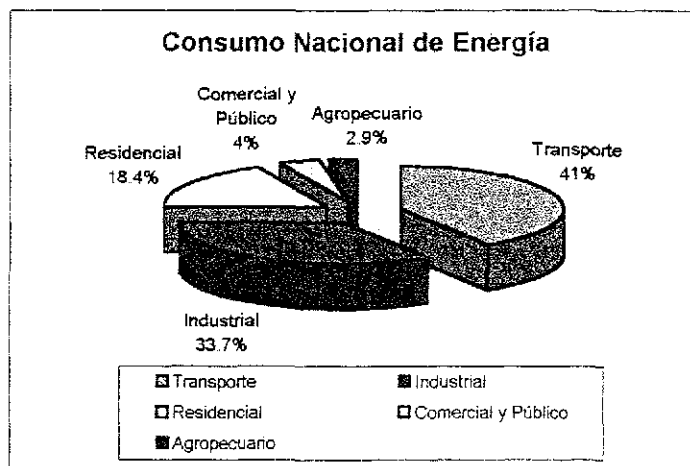


Figura 1. Consumo Nacional de Energía

Para poder satisfacer las mencionadas necesidades de energía, se utilizó gas licuado, el cual participó con un 42.2 % del total, la leña en un 35.6 %, la electricidad con el 17.2%, el gas natural con el 4.8% y las kerosinas con 0.2 %<sup>3</sup> (figura 2).

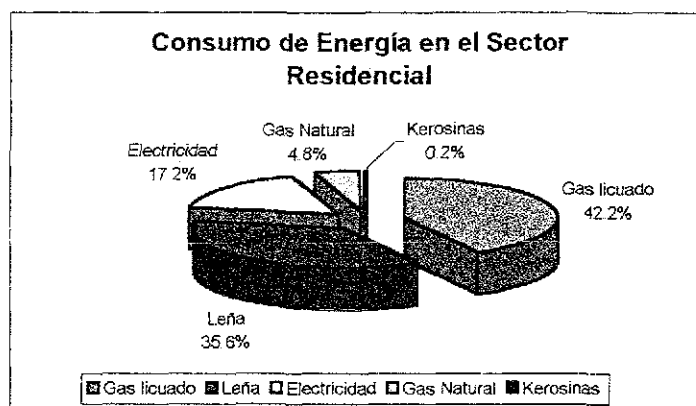


Figura 2. Consumo de Energía en el Sector Residencial

Ante la creciente demanda de estos energéticos en el sector residencial, surge pues la necesidad de proponer sistemas alternos de energía (solar, eólica, biomasa, entre otras), combinados con ecotécnicas como la captación, calentamiento y tratamiento del agua, los cuales cubran las necesidades de los servicios públicos de agua, energía eléctrica, drenaje y demás, dependiendo de las condiciones climatológicas del lugar del proyecto, y se evite, así, el uso irracional de la energía y el deterioro del medio ambiente.

<sup>3</sup>Balance nacional de energía 1999, Secretaría de Energía 2000. México 2000

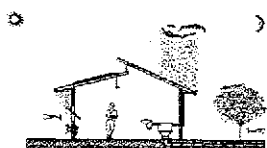


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Lo expuesto en este trabajo, sobre los problemas que el uso irracional del hombre ha causado en el contexto ambiental, quizá no sea aún suficiente para crear conciencia de la necesidad determinante con que los actuales y futuros arquitectos debemos abocarnos a la planeación, el diseño y construcción de una arquitectura que contribuya significativamente a salvaguardar el medio ambiente, que asegure el equilibrio ecológico e integre al hombre y a sus espacios con la naturaleza, por medio de una alianza permanente



**CAPITULO 1**  
**ANTECEDENTES**



La importancia del presente capítulo, es conocer algunas metodologías de diseño bioclimático y ecológico autosuficiente, y presentar ejemplos representativos sobre arquitectura ecológica autosuficiente.

Se considera que el concepto de arquitectura ecológica autosuficiente surgió en los años 60 en los países industrializados, donde el movimiento ecologista y la conciencia sobre la problemática ambiental comenzaron a tomar en cuenta a la ecología<sup>1</sup>.

A mediados de los años sesenta, los hermanos Olgyay proponen el término “*diseño bioclimático*”, con el cual tratan de interrelacionar las sensaciones de bienestar fisiológico del ser humano con el clima, considerando la temperatura del aire, la humedad, el viento y demás factores que lo integran; esta relación fue denominada como *bioclima*. Con la metodología planteada, los hermanos Olgyay propusieron un procedimiento para construir *una casa climáticamente balanceada*, que dividieron en cuatro pasos: **1) el análisis climático**, que incluye temperatura, humedad, radiación, viento, etcétera; **2) la evaluación biológica**, que se basa en las sensaciones humanas, **3) las soluciones tecnológicas**, con referencia a la selección del sitio, la determinación de sombras, la forma de la casa, los movimientos de aire, el balance térmico; y **4) la expresión arquitectónica**, en la que se desarrollan los conceptos arquitectónicos<sup>2</sup>.

Por otra parte, Szokolay propuso una metodología también bioclimática, con cuatro etapas: **1) los estudios preliminares**, con una recopilación concisa del lugar, el estudio de las condiciones climatológicas y la definición de los esquemas espaciales; **2) el anteproyecto**, que incluye la generación de ideas, la formulación y la prueba de la hipótesis, así como la definición de una propuesta energética; **3) el proyecto**, en el que se detallan las decisiones de diseño, tomando en cuenta las consecuencias energéticas de cada decisión, la elaboración de planos, los detalles y las especificaciones; y **4) la evaluación final**, en la que se deben hacer los análisis, tanto térmicos como de ventilación, lumínicos y demás, así como la estimación del uso de la energía para todos los propósitos<sup>3</sup>.

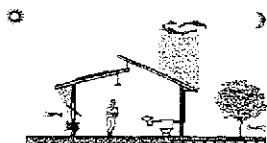
La metodología propuesta por Fuentes Freixanet, fue desarrollada y complementada para satisfacer los requerimientos particulares en la docencia e investigación en arquitectura bioclimática, aunque también puede ser utilizada en la práctica profesional. Esta metodología parte de los objetivos, luego propone un análisis del sitio y del entorno, la recopilación de la información del usuario, la integración de las estrategias de diseño y la propuesta de los conceptos de diseño bioclimático. Una vez realizado lo anterior, se obtiene el anteproyecto, y enseguida se hace una evaluación para, posteriormente, obtener el proyecto final<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Carmen Buerba Franco, José Arias Chávez, Una Década Viviendo en una Casa Ecológica, Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, 1999.

<sup>2</sup>Fuentes Freixanet Víctor A. (2000), Notas del Curso Especializado “Arquitectura Bioclimática”, Ises Millenium Solar Forum 2000, México, D F

<sup>3</sup>Item

<sup>4</sup>Item





Igualmente, se ha considerado la propuesta creada por Morillón, en la que el autor plantea una metodología para el diseño bioclimático de edificios. Esta metodología parte de la información general que inicia con un análisis del clima del sitio y prosigue con la recopilación de la información sobre el tipo y usos del lugar donde se ubicará la edificación. Posteriormente, se realiza un diagnóstico en el que se incluyen los rangos de confort de las personas que ocuparán el edificio; un análisis, en el cual se pretenden seleccionar cualitativamente, los dispositivos o componentes, así como su forma, los materiales de construcción y su disposición en el edificio. Tras lo anterior, se plantea una envolvente para el edificio, en la que es posible simular térmicamente las condiciones de la edificación, prediciendo el funcionamiento que tendrá en sus condiciones reales, a fin de lograr la optimización del edificio, desde que se elabora el proyecto. Con los resultados de la simulación térmica es posible tomar decisiones sobre el edificio antes de ser elaborado el proyecto de la edificación<sup>5</sup>

Además de los antecedentes sobre las metodologías afines a este estudio, a continuación se muestran algunos de los casos más representativos sobre arquitectura ecológica autosuficiente, asimismo se manifiestan algunas experiencias que se han investigado de manera relevante en la A.N.E.S. (Asociación Nacional de Energía Solar), de los cuales se pueden rescatar los elementos idóneos para lograr arquitectura ecológica, que conjuntamente sirvieron de base para elaborar la metodología de esta tesis.

En nuestro país, los hermanos Arias crearon el proyecto "Xochicalli", *Casa de las Flores*, en donde diseñaron y construyeron la primera casa ecológica de México (1967). Esta vivienda se edificó en San Vicente Chimalhuacán, Ozumba, del Estado de México. El propósito del proyecto fue diseñar, investigar, desarrollar y evaluar la viabilidad de una serie de ecotécnicas, como la captación y almacenamiento pluvial; el uso eficiente, ahorro, tratamiento y reciclaje del agua; el diseño para el confort térmico invernal (en zona fría); el calentamiento de agua y la calefacción solar; la energía eólica para bombeo y la generación eléctrica, los digestores para reciclar desechos orgánicos; y el invernadero de ambiente, controlado con cría de peces<sup>6</sup>.

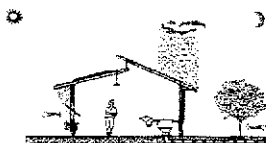
En 1980, el Grupo del Soi construyó una casa autosuficiente en el Ajusco, Tlalpan, cuya finalidad fue evaluar los sistemas ecotécnicos de manera práctica, como las fotoceldas solares, los colectores solares planos, la climatización pasiva y la captación pluvial, entre otros. En esta investigación se demostró que el resultado técnico fue muy cercano a la proyección teórica inicial<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup>Morillón Gálvez David (1999), Diplomado en diseño Bioclimático, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd Juárez, Chihuahua

<sup>6</sup>Carmen Buerba Franco, José Arias Chávez, Una Década Viviendo en una Casa Ecológica, Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, 1999

<sup>7</sup> Martín Juez Roberto (1984), Repote Técnico de la Vivienda Autosuficiente con Aplicación de Ecotécnicas Casas Solares, Ajusco, México Plea 84.



A nivel masivo, se encuentra la construcción de la *Unidad Habitacional Pedregal IMAN*, edificada en años 70s en la región sur de la ciudad de México. En esta unidad se incorporaron algunos sistemas de aprovechamiento de la energía solar, como los colectores solares planos, los módulos fotovoltaicos para alimentar el sistema de alumbrado de los cubos de los edificios y los conceptos de climatización pasiva; además de incorporar otras tecnologías, como el aprovechamiento de la precipitación pluvial y el reciclaje de aguas grises, entre otros. En la actualidad, los sistemas ecotécnicos (colectores solares y sistemas ecológicos del tratamiento del agua) no se encuentran funcionando<sup>8</sup>.

*La comunidad los Guayabos* es una experiencia de arquitectura ecológica autosuficiente también a nivel masivo, que se localiza en la ciudad de Guadalajara, en Zapopan, Jalisco, promovida por el Arq. Miguel Aldana. En este lugar se propusieron técnicas de climatización natural en las viviendas y sistemas de colectores solares para calentamiento de agua. Se considera que es una comunidad autosuficiente en cuestión alimentaria, por la producción de frijol, maíz, lácteos, conservas y frutas. Otras características importantes son las de que cada propietario construye su casa en una superficie de 500 m<sup>2</sup> y sólo puede habitar en ella un máximo de 5 personas, además de contar con un área comunal con talleres, salones de descanso y lectura, y una biblioteca<sup>9</sup>.

Asimismo, es importante mencionar el trabajo realizado por Sámano, Ochoa y Morillón en 1992, el cual consistió en un proyecto de *una población de pescadores en la costa de Caborca, Sonora*. En este proyecto se realiza el diseño urbano y arquitectónico con criterios bioclimáticos, como son el producto de un análisis de clima y del entorno físico; se propuso una planta solar para generar la energía eléctrica, la destilación de agua salada, el tratamiento de agua y de basura. También se analizó el estilo de vida de los futuros usuarios, con el fin de hacer un diseño que integrara tanto al contexto físico como al social<sup>10</sup>.

Arturo Plasencia Izquierdo, propuso en 1993 *un paquete sanitario* –sistema ecotécnico– que consta de un colector solar plano, un tanque-lavadero, un digestor anaerobio y un pozo de absorción, entre otros. Con esto se pretende lograr la autosuficiencia en la vivienda –infraestructura sanitaria–, y se puede conformar una parte importante de la vivienda ecológica autosuficiente<sup>11</sup>.

<sup>8</sup>La Revista Solar (1986) Publicación de la Asociación Nacional de Energía Solar, Números 11-12, México, D.F.

<sup>9</sup>Rangel Dávalos Jorge (1994) Casa Ecológica una Alternativa Tecnológica, tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Arquitectura Tecnología, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, U N A.M., México, D.F.

<sup>10</sup>Samano D. A., Ochoa J. M., Morillón D. (1992), "Proyecto de una Población de Pescadores en la Costa de Caborca, Son.", Memoria XVI Reunión Nacional de Energía Solar, Oaxaca, Oaxaca, pp. 105-109.

<sup>11</sup>Plasencia Izquierdo Arturo (1993), Paquete Sanitario para la Vivienda Dispersa, Memoria XVII Semana de Energía Solar, Colima, México, pp. 169-173.



Por otra parte, José Roberto García Chávez en su artículo "*Lineamientos Ecológicos, Energéticos y Bioclimáticos en el Diseño de Edificaciones*" (1985), diseñó el *Proyecto Ecológico Aragón*, ubicado en Bosques de Aragón, en el cual integró sistemas bioclimáticos y ecoenergéticos, como ejemplo puede mencionarse la climatización ambiental natural de los espacios, el ahorro y producción de energía – electricidad– y el ahorro de agua<sup>12</sup>.

Otro de los trabajos efectuados por el mismo autor, fue el diseño del *Proyecto Ecológico Azcapotzalco* (1988), en el que se propuso la climatización ambiental natural de los espacios, el ahorro y producción de energía, el ahorro de agua, la clasificación y reciclaje de desperdicios orgánicos e inorgánicos y la producción y conservación de alimentos<sup>13</sup>. Actualmente ambos proyectos se encuentran funcionando en perfectas condiciones.

En 1997, Arturo Plasencia y Hugo Monroy propusieron una metodología para el diseño de *una comunidad de pescadores en El Delgadito B.C.S.*, que por su grado de marginación carece de los más elementales servicios públicos de agua, drenaje y energía. Para ello propusieron la generación de energía eléctrica únicamente vía mareomotriz, desalinizar, potabilizar y bombear el agua–, también contempla la producción de alimentos en invernadero, y el diseño bioclimático para 186 viviendas, con sus respectivos equipamientos y mobiliarios urbano-arquitectónico del conjunto<sup>14</sup>.

El Colegio de Arquitectos de la ciudad de México diseñó y edificó en los años 90 *una vivienda ecológica autosuficiente*, la cual se localiza en la 3ª sección del Bosque de Chapultepec, y que muestra la aplicación del diseño bioclimático y la utilización de ecotécnicas<sup>15</sup>.

Bajo el patrocinio de la Lotería Nacional, Gobierno de la Ciudad de México, U.A.M., CONDUMEX, UNAM, entre otros, en 1994 fue diseñada y construida una *casa ecológica* ubicada en el Parque Ecológico de Loreto y Peña Pobre, al sur del Distrito Federal. La vivienda cuenta con ecotécnicas como la captación del agua pluvial, el digestor anaerobio, el calentador solar de agua y las celdas fotovoltaicas, entre otros<sup>16</sup>.

A su vez, la arquitecta Ruth Krivorucoff de Lacomba diseñó *el Campo Experimental Solar y Ecológico* en 1999, el cual se ubica en el poniente de la ciudad de México, camino al Desierto de los Leones, en el Km.29. En este Campo se pretende enseñar los beneficios económico-ambientales que nos proporciona el uso de las fuentes alternas de energía en combinación con las ecotecnologías<sup>17</sup>.

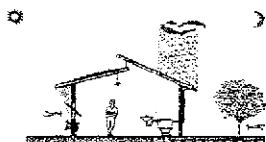
<sup>12-13</sup>García Chávez José Roberto (1993), *Enlace, Arquitectura & Diseño*, CAM-SAM Enlace en la industria de la Construcción, pp.60-65

<sup>14</sup>Plasencia Izquierdo Arturo, Monroy Salazar (1997), "*Proyecto de una Comunidad de Pescadores Autónoma, Bioclimática y Ecológica*", Memoria XXI Semana Nacional de Energía Solar, Chihuahua, Chihuahua, pp. 100-105

<sup>15</sup>Casa Ecológica Autosuficiente, construida y diseñada por el Arq. Armando Deffis Caso a través del Colegio de Arquitectos de México, ubicación 3ª sección de Chapultepec, México, D.F.

<sup>16</sup>El Manantial, Parque Ecológico Loreto y Peña Pobre, Ave San Fernando y Ave Insurgentes Sur, México D.F.

<sup>17</sup>Krivorucoff de Lacomba Ruth (1999), *Campo Experimental Solar y Ecológico*, Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, pp. 148-150



En el fraccionamiento de Tlalpuente, ubicado al sur de la ciudad de México, se aspira a la integración de la vivienda con el medio ambiente natural, en donde las casas unifamiliares son diseñadas pensando en disminuir el impacto ambiental que provocan, como es el caso de la extinción de flora y fauna y, de esta manera, respetar al máximo los ecosistemas naturales del Valle de México<sup>18</sup>.

En cuanto al uso de la energía en la vivienda, Pilatowsky, Rojas y Sánchez-Juárez, analizaron la demanda y oferta energética de una *casa habitación ubicada una zona rural* del Distrito Federal, y describieron los sistemas energéticos solares para el suministro de electricidad y calor, para cubrir las necesidades energéticas básicas de la vivienda<sup>19</sup>.

Por otra parte, Jorge Calvillo Unna, hizo una descripción de *La Casa Ecológica*, retomando cada punto esencial de lo que debe contener la vivienda, para propiciar un mayor confort térmico, acústico, lumínico y electromagnético y demás, pero debido a la complejidad de cada tema, no lo desarrolla a gran profundidad, por lo que se reduce a constituir un documento de tipo informativo, únicamente<sup>20</sup>.

Roberto Vélez González editó un documento sobre "*La Ecología en el Diseño Arquitectónico*", en el que hace una clasificación de las ecotecnologías utilizadas para la vivienda, al igual que proporciona datos y criterios básicos sobre el diseño bioclimático. Se puede decir que este libro es de tipo informativo e ilustrativo, pero poco técnico<sup>21</sup>.

A nivel internacional se pueden mencionar algunos trabajos relevantes, entre ellos se encuentra el realizado por los doctores Vale, que construyeron *la primera casa autónoma en Inglaterra*, en la que proponen autosuficiencia en la producción de energía y agua. Esta casa no está conectada a ningún servicio público, a excepción del teléfono y la electricidad, con la pretensión de exportar el sobrante de dicha energía a la compañía de electricidad. Con la utilización de materiales reciclables y tecnologías de producción-ahorro de energía y agua se lograría una reducción en emisiones contaminantes (CO<sub>2</sub>) en un 95 %, comparadas con una casa convencional del Reino Unido<sup>22</sup>.

---

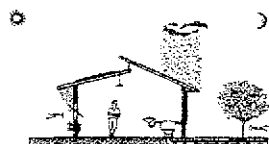
<sup>18</sup>Uribe Ortiz Daniel (1993), Enlace, Arquitectura & Diseño, CAM-SAM Enlace en la Industria de la Construcción, pp. 78-95.

<sup>19</sup>Pilatowsky I., Rojas A., Sánchez-Juárez A. (1993), Análisis en el Comportamiento de la Demanda y Oferta de Energía de una Casa Habitación en el Distrito Federal, Operada con Energía Solar, Memoria XVII Semana de Energía Solar, Colima, México, pp. 146-149.

<sup>20</sup>Jorge Calvillo Unna (1999), La Casa Ecológica, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, D.F.

<sup>21</sup>Roberto Vélez González (1992), La Ecología en el Diseño Arquitectónico, Trillas, México, D.F.

<sup>22</sup>[http://www.gaia.org/secretariats/genoceania/quarterly/archive/march\\_98/autonhouse.html](http://www.gaia.org/secretariats/genoceania/quarterly/archive/march_98/autonhouse.html)



Un ejemplo más de la arquitectura autosuficiente a la encontramos en *Waterloo Green Home* (1991). Este fue un proyecto de CANMET –Investigación Principal y Brazo de Desarrollo de Tecnología de Energía, Minas y Recursos de Canadá–, el cual consistió en la construcción de varias casas de máxima eficiencia energética, en las que se contempla la producción y ahorro de energía eléctrica, la utilización de materiales de bajo impacto ambiental en su fabricación, el estudio de luz natural, y la inclusión de las áreas jardinadas que ayudan a la conservación del equilibrio ecológico. Otras ecotécnicas empleadas son la captación, almacenamiento y calentamiento de agua, y el reciclaje de la basura mediante la utilización de la composta<sup>23</sup>.

Una de las *casas solares autosuficientes* más importantes en Alemania fue diseñada y construida –terminada en 1992– por los arquitectos Planerwerkstatt Hölken y Berghoff Vörstetten. Esta vivienda produce energía con un sistema hidrógeno-oxígeno, que permite el almacenamiento estacional de la electricidad, por el que se realiza el calentamiento de agua, la climatización de los espacios –calefacción– y la generación de calor para cocinar. Con la utilización de las geometrías del edificio, conjuntamente con la ventilación a través del subsuelo y novedosos sistemas de construcción como el aislamiento e inercia térmica, propician un mayor confort térmico dentro de la edificación<sup>24</sup>.

A principios de los años 70, el arquitecto Paolo Soleri empezó a planificar y *construir la ciudad de Arcosanti* (EUA), localizada en el desierto alto de Arizona, a 70 millas de la ciudad de Phoenix. El objetivo de este trabajo es demostrar la teoría de arcología, consistente en una integración de la arquitectura, la ecología y el planeamiento urbano, además de la eficiencia energética. Otro de sus objetivos es servir como centro de estudio social, económico y ecológico de las implicaciones arquitectónicas<sup>25</sup>.

Michael Reynolds propuso *una arquitectura de supervivencia solar en Taos, Nuevo México*. El resultado de esta investigación es una vivienda que fue construida con materiales reciclables, además de lograr una adaptación al clima y superar las adversidades económicas que ocasiona. Aspectos importantes en ella son su propuesta del confort térmico, logrado mediante la utilización adecuada del sol y el viento, aunada a sistema de construcción –desecho de latas coladas con mortero– y al énfasis que hace del costo-mantenimiento, para lograr con todo esto, una vivienda totalmente sustentable<sup>26</sup>.

---

<sup>23</sup><http://www.life.ca/nl/33/greenhome.html>

<sup>24</sup>[http://www.ise.fhg.de/Projects/ES/ES\\_english.html](http://www.ise.fhg.de/Projects/ES/ES_english.html)

<sup>25</sup>[http://www.arcosanti.org/info/sfaq\\_arco.html](http://www.arcosanti.org/info/sfaq_arco.html)

<sup>26</sup><http://www.life.ca/subject/housing.html>



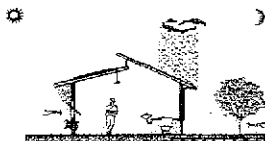
En 1992, la casa saludable "The healthy house" en Toronto, Canadá, representó el concepto de la casa que atiende a las necesidades de bienestar para los habitantes de la vivienda. Esta casa es autosuficiente en agua, debido a que capta y purifica el agua; también utiliza la calefacción solar pasiva, un sistema refrescante y de ventilación y la generación de energía eléctrica. La vivienda fue construida con materiales de bajo impacto ambiental en su fabricación y se edificó con donaciones de más de 80 compañías<sup>27</sup>.

La propuesta de este trabajo fue lograda con información recabada de diferentes metodologías de diseño bioclimático y algunos casos representativos de arquitectura ecológica autosuficiente. Al haber analizado lo anterior además de diferentes fuentes de información se observó que no hay una metodología integral para lograr arquitectura ecológica, por lo cual hace que la metodología propuesta sea una integración tanto del diseño bioclimático como el diseño de ecotécnicas y sirva como guía para posibilitar y facilitar el diseño de edificaciones ecológicas, y obtener así, un medio de consulta, que reúna todas las expectativas para los lectores.

Con las bases de esta información, se integra y se propone aquí, un estudio que contiene una parte informativa, otra ilustrativa y, la más importante, su parte técnica. Con estos tres aspectos, sumados a la propuesta metodológica –metodología para el diseño de arquitectura ecológica– se conforma este documento.

---

<sup>27</sup><http://www.life.ca/nl/56/house.html>



CAPITULO 2  
ARQUITECTURA Y ECOLOGÍA



Desde tiempos remotos, el hombre ha tratado de buscar una interacción con el medio ambiente natural (figura 1), esta forma de interactuar se lograba sin afectar el medio en que habitaba pero, con el paso del tiempo, esta relación se ha ido deteriorando, hasta llegar en nuestros días, a que la mayoría de los diseños arquitectónicos no contemplen el impacto ambiental que provocan tanto en las fases de planeación, diseño, construcción, como las de operación y mantenimiento del proyecto.

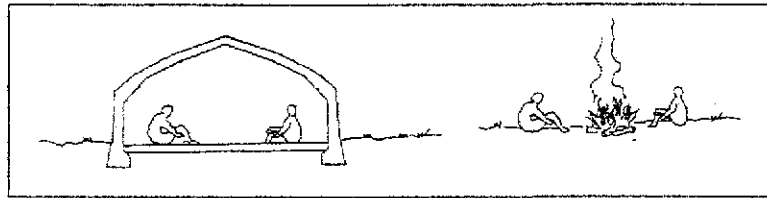


Figura 1.- Interrelación del hombre con el medio ambiente natural

Es por esto, que en la actualidad, surgen los términos arquitectura y ecología, como una forma de expresar la necesidad de "proyectar con la naturaleza" y de asumir un modo o conducta de responsabilidad ambiental. Ha surgido, así, una grande preocupación por el deterioro de los sistemas naturales de la tierra -ecosistemas dentro de la biosfera-, y por ello, algunos diseñadores en arquitectura buscan lograr también un diseño ecológico, es decir, un estilo de proyectar, que toma en cuenta y apunta a la preservación de los factores ambientales de la naturaleza, a fin de disminuir el impacto ambiental desde la propia construcción.

Desde el punto de vista funcional y de operación se puede considera que la arquitectura es ecológica cuando<sup>1</sup>:

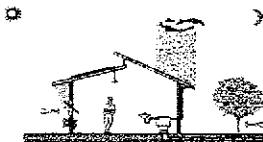
- ❶ La edificación es bioclimática
- ❷ Se hace un ahorro y uso eficiente del agua y la energía
- ❸ Se utilizan las energías alternas o renovables
- ❹ Se consigue un diseño adecuado al ambiente
- ❺ Se alcanza la autosuficiencia en agua y energía
- ❻ Se logra el tratamiento de agua y desechos.

En lo referente a procedimientos y producción, la arquitectura ecológica se logra al:

- ❶ Construir con materiales de bajo impacto ambiental en su fabricación
- ❷ Utilizar procedimientos constructivos de bajo impacto ambiental en su elaboración.

Por otra parte se considera que el uso del diseño bioclimático y el diseño de ecotécnicas es parte esencial de la arquitectura ecológica, por lo cual se explicará en que consisten de estas dos importantes áreas de diseño:

<sup>1</sup>Morillón Gálvez David (1999), "Hacia una Arquitectura Sustentable: Adecuada al ambiente y de Máxima Eficiencia", Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, México D F.





El diseño bioclimático consiste, por tanto, en la acción de proyectar o construir considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la propia construcción, a fin de que ésta regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y propicie, para el ser humano, sensaciones de bienestar térmico en sus interiores<sup>2</sup>.

Entre los aspectos más importantes del diseño bioclimático se hallan:

- Ubicación del terreno (análisis)
- Actividad de los ocupantes.
- Bioclima
- Materiales
- Forma
- Soleamiento
- Sistemas pasivos de climatización
- Evaluación térmica (balance térmico)

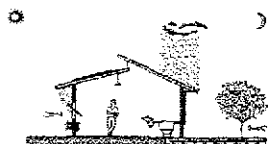
Se llaman ecotécnicas a las aplicaciones de las energías renovables, principalmente sol, viento y biomasa, que permiten mejorar la calidad de vida, sin deterioro del medio ambiente, y conservan y aprovechan los recursos renovables (agua, tierra, etc.), así como la energía no renovable<sup>2</sup>. Algunas de las ecotécnicas más comunes son.

- Aerogenerador
- Calentador solar de agua
- Captación filtración y almacenamiento de aguas pluviales
- Cocina solar
- Composta
- Destilador solar
- Digestor anaerobio
- Fresquera
- Secador solar de ropa
- Sistemas fotovoltaicos aislados.

Aspecto por demás importante, es la procuración de que la edificación aproveche al máximo posible los recursos naturales para su propio abastecimiento de energía, alimentos e insumos, de tal forma que permita su autosuficiencia, para esto, además de las técnicas de aprovechamiento del sol y el viento, se recurre generalmente a las de captación pluvial, reutilización de aguas grises y negras de desecho; así como a las de aprovechamiento de residuos orgánicos para la conversión de biomasa o biogás y la obtención de fertilizantes para los cultivos que se desarrollen en ella.

---

<sup>2</sup>Morillón Gálvez David (1993), Bioclimática, Sistemas Pasivos de Climatización, Universidad de Guadalajara.



Cada ecotécnica cubre una función específica dentro de las necesidades de una vivienda, por ejemplo la energía eléctrica requerida será proporcionada por sistemas fotovoltaicos y aerogeneradores, el agua potable la obtendremos del destilador solar, el calentamiento de agua se logrará con el calentador solar de agua, el suministro de agua se obtendrá con la captación y tratamiento de agua, la clasificación, el tratamiento y reutilización de la basura se conseguirá con el uso de la composta, la cocción de alimentos se conseguirá con el uso de la estufa solar, entre otros

Por otra parte el diseño bioclimático nos proporcionará un ahorro energético (disminución en el consumo de energía eléctrica por la utilización de aire acondicionado y calefacción) y confort térmico dentro de la edificación.

Puesto que la arquitectura ecológica comprende la relación de los seres vivos con su medio ambiente, se trata, entonces, de interrelacionar la construcción de la vivienda con el ecosistema, sin que exista deterioro alguno, es decir, lograr un diseño adecuado al ambiente. Esta es la arquitectura ambientalista, cuyo diseño es hoy necesario e indispensable.

Asimismo, se hace primordial la consideración del ahorro de energía, posible sólo de alcanzar mediante una evaluación de eficiencia térmica de la envolvente en la edificación, para la cual se requiere del análisis del entorno urbano y de la concepción arquitectónica, la especificación los materiales y el detalle de las áreas exteriores, entre otras valoraciones<sup>3</sup>.

Para este fin, se propone a continuación una serie de recomendaciones:

1ª Proponer un proyecto ecológico, en el que se realice el análisis y la cuantificación completa de los aportes de recursos energéticos y materiales que serán utilizados durante el ciclo de vida del proyecto.

2ª Detallar un inventario de las emisiones contaminantes provocadas por la construcción y el mantenimiento de la vida útil de la edificación<sup>4</sup>.

3ª Comparar las consecuencias totales, desde el punto de vista del uso de materiales y energía de un proyecto ecológico, contra las de un proyecto convencional<sup>5</sup>.

4ª Incluir en el proyecto una planificación enfocada hacia el uso eficiente y el consumo mínimo de materiales, de energía y de agua<sup>6</sup>, puesto que en la actualidad es indispensable la conservación de los recursos energéticos y materiales no renovables.

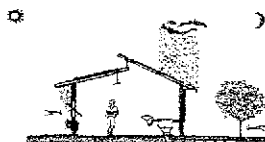
---

<sup>3</sup> FIDE, Guía para Aplicar Criterios de Eficiencia Energética en Construcciones para Uso Habitacional.

<sup>4</sup> Yeang Ken, (1999), Proyectar con la Naturaleza, Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España

<sup>5</sup> Item

<sup>6</sup> Item



Aspecto significativo que ha causado un impacto ambiental irreversible es el consumo excesivo de energía y agua en la sociedad<sup>7</sup>, como resultado del crecimiento demográfico, el cual requiere establecer límites ecológicos y sociales. Por tanto, es necesario plantear un alternativa que vaya desde el cambio personal hasta el consumo colectivo consciente, por el que se logre propiciar y alcanzar una cultura del ahorro o cultura ecológica.

Luego es necesario reflexionar sobre los factores de deterioro ambiental presentados en la actualidad:

En lo que se refiere al agua en la cultura actual se tiene:  
Despilfarro de agua.

Utilización de aparatos con alto flujo de agua.  
Descargo de las aguas negras a la red de alcantarillado, vertidas a ésta sin ser tratadas.  
Utilización de detergentes no biodegradables.

En contrapartida, la cultura ecológica plantea y exige  
Captación el agua pluvial.  
Tratamiento y reciclaje de las aguas grises y negras.  
Instalación de reductores de flujo de agua en grifos y regaderas, así como de atomizadores en grifos de fregaderos y lavabos, y el uso de dispositivos para reducir el volumen de descarga de los excusados<sup>8</sup>.  
Sembrado de plantas adaptadas a la escasez de agua.  
Instalación de sistemas de riego por goteo  
Reducción de la cantidad de detergente o blanqueadores utilizados para el lavado de la ropa, la vajilla o el suelo<sup>9</sup>.

En la cultura actual de desaprovechamiento de la energía eléctrica se observa:  
Despilfarro de energía.  
Utilización de focos incandescentes.  
Alto consumo de energía en aparatos electrodomésticos.

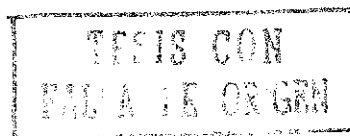
Por otra parte la cultura ecológica plantea<sup>10</sup>  
Generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos.  
Cambio de hábitos para cuidar la energía.  
Utilización de lámparas ahorradoras de energía  
Utilización de aparatos con menor consumo de energía.

<sup>7</sup><http://www.nodo50.org/panc/Consumo.htm>

<sup>8</sup>Cevallos H., et al, (1984) "Recomendaciones Generales para Procurar la Reducción de Agua en la Vivienda", Plea 84, Ponencias y Monografías Presentadas en el Seminario sobre Ecotécnicas Aplicadas a la Vivienda

<sup>9</sup><http://www.nodo50.org/panc/Agua.htm#Ev>

<sup>10</sup>Comisión Federal de Electricidad, Fideicomiso para el Ahorro de Energía



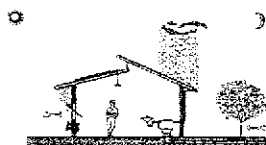
En el consumo de gas, la cultura actual utiliza:  
Calentador de gas convencional.

En cambio, la cultura ecológica emplea:  
Calentador solar de agua.

En cultura actual la vivienda actual maneja:  
Materiales de construcción con un alto grado de contaminación en su fabricación  
Diseños de vivienda sin previo estudio térmico, acústico, lumínico, etcétera.

La cultura ecológica propone, en su lugar:  
Materiales de construcción con bajo impacto ambiental en su fabricación.  
Inclusión del estudio de confort térmico para sus moradores -factores de iluminación natural, acústica y otros- en el diseño de la vivienda.

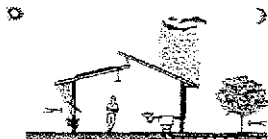
Para finalizar este capítulo es importante mencionar que la arquitectura ecológica se basa principalmente en la utilización del diseño bioclimático así como el diseño de ecotécnicas, con esto se consigue una interrelación de la edificación con el medio ambiente natural, en otras palabras se obtiene un diseño integrado al ambiente. Motivo por el cual se propone en el siguiente apartado una propuesta metodológica para crear arquitectura ecológica.



VIVIS CON  
PALA DE ORO

## CAPITULO 3

# PROPUESTA METODOLÓGICA



¿PENS CON  
PALA DE ORIGEN

La palabra método significa 'modo razonado de obrar'. Como en las demás disciplinas, los métodos han surgido en el diseño como una forma lógica de proceder, para encontrar la solución a un problema<sup>1</sup>. En la actualidad, el diseñador o el arquitecto crea espacios que cumplen con una finalidad, tanto funcional como expresiva (tendientes a satisfacer necesidades específicas); pero, por lo general, no se toma en cuenta el confort térmico (dentro de la edificación), ni el ahorro de energía y agua, así como tampoco el impacto ambiental que las edificaciones provocan.

Entre los fines que se persiguen en este capítulo, es el de proponer una metodología para el diseño de arquitectura ecológica, surgida de la necesidad de investigar nuevas alternativas de diseño en las edificaciones, las cuales sirvan para aprovechar mejor los recursos (renovables y no renovables), además de preservar el medio ambiente, así como ahorrar y usar eficientemente la energía en las construcciones.

Esta metodología consta de una parte filosófica y otra operativa. En el apartado filosófico de se reconoce la premisa de que, en la actualidad se continúa con el diseño y construcción de una arquitectura que no considera el equilibrio ecológico (desorden ecológico y contaminación ambiental), ni se toma en cuenta el bienestar térmico (disconfort) y el uso eficiente de agua y energía (ahorrar y producir), entre otros.

Por lo anterior, surge la necesidad de plantear un paradigma que proponga el equilibrio ecológico (bajo impacto ambiental), por el que las edificaciones capten y reciclen el agua, generen y ahorren energía, se fabriquen con materiales de bajo impacto ambiental, se logre confort térmico en el interior de las mismas, e interactúen con el medio ambiente natural. En consecuencia, se requiere una arquitectura que salvaguarde nuestras necesidades (energía, agua, confort, etc.) sin afectar las futuras.

Proyectar la arquitectura ecológica tiene como objeto conjuntar los siguientes aspectos:

- ① La parte estética, de vital importancia en un diseño arquitectónico, debido al impacto visual que se logra.
- ② Se puede considerar que la arquitectura ecológica es afín a cualquier tipología de diseño arquitectónico (colonial mexicano, high tec, eco tec, etc).
- ③ Utilizar materiales de construcción y sistemas o aparatos que contribuyan al ahorro (agua, energía eléctrica, gas), al bienestar (característica térmicas de los materiales), y a lo estético, entre otros, es parte esencial de la arquitectura ecológica.
- ④ Contar con la ciencia dentro de la arquitectura es de gran trascendencia, debido a que se pueden hacer todo tipo de simulaciones y cálculos, con ello las hipótesis pueden estar muy cerca de la realidad.

<sup>1</sup>Fuentes Freixanet Víctor A. (2000), Notas del Curso Especializado "Arquitectura Bioclimática", Ises Millenium Solar Forum 2000, México, D.F.



TEXTOS CON  
FALLA EN EL ORIGEN

Para la realización del presente este capítulo se tomó como base, en lo general, la metodología para el Diseño Térmico de Edificios propuesta por Sámano, Morales y Morillón, también se considera la metodología para el Diseño Bioclimático elaborada por Morillón.

Con estas metodologías y la aportación del autor, se pretende concretar una metodología apropiada para el diseño de arquitectura ecológica.

Para percatarse de cómo puede generarse la arquitectura ecológica (diagrama 1), se requiere utilizar dos áreas de diseño, una de ellas es el diseño bioclimático (BD) y la otra, el diseño de ecotécnicas; con el DB se pretende obtener un mayor confort térmico dentro de las edificaciones, además de favorecer el ahorro de energía (evitar el uso del aire acondicionado). Con el diseño de ecotécnicas se propiciaría el ahorro y uso eficiente del agua y la energía, se tratarán los desechos, además de lograr la autosuficiencia; y cuando estas opciones de diseño se encuentren integradas y relacionadas entre sí, se podrá afirmar que se ha logrado un diseño adecuado al ambiente.

### Relación de elementos y factores que contiene la arquitectura ecológica

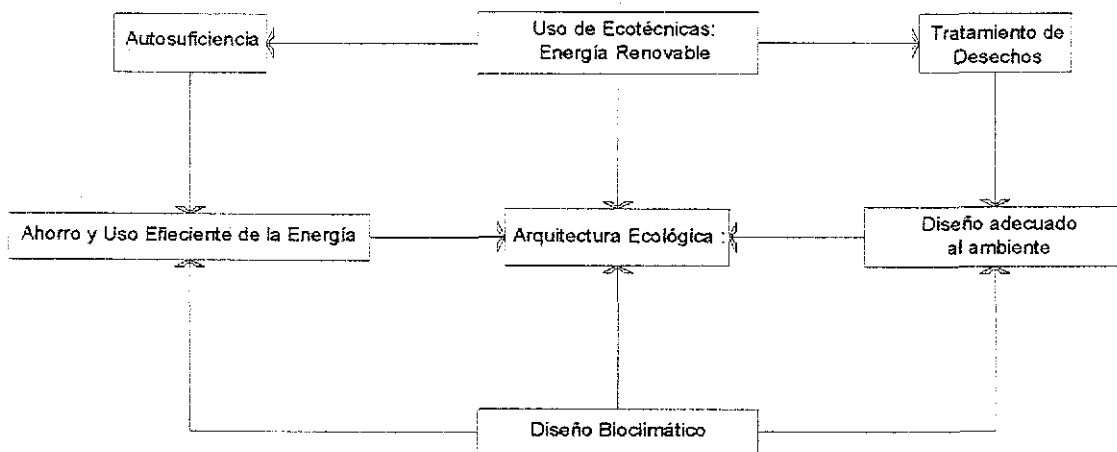


Diagrama 1.- Relación de elementos y factores que contiene la arquitectura ecológica.

### 3.1 METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE ARQUITECTURA ECOLÓGICA.

La forma en que se opera esta metodología es la siguiente: se parte de la información acerca de la edificación, su ubicación, necesidades, confort y datos del clima. Esta información va de lo general a lo particular, la cual se procesa para obtener las estrategias de diseño bioclimático y, en consecuencia, proponer adecuadamente las ecotécnicas.



Está mencionado que esta metodología se integra con los elementos del diseño bioclimático y se asumen también los del diseño de ecotécnicas. Ambas metodologías parten de la información general del proyecto, seguidas de la realización de un diagnóstico, de la elaboración de un análisis, de la integración del diseño bioclimático, hasta llegar al establecimiento del anteproyecto. Una segunda etapa se inicia con el propio anteproyecto, se prosigue a la realización de la evaluación térmica del edificio, al análisis de eficiencia de los sistemas ecotécnicos y se concluye con el proyecto final.

Se propone enseguida la metodología para el diseño de arquitectura ecológica. Está ya señalado que esta propuesta tiene su fundamento en el diseño de ecotécnicas y en el diseño bioclimático, elementos con los cuales se define el anteproyecto, hasta llegar a la realización de la segunda etapa, con la que se establece el proyecto final (diagrama 2)





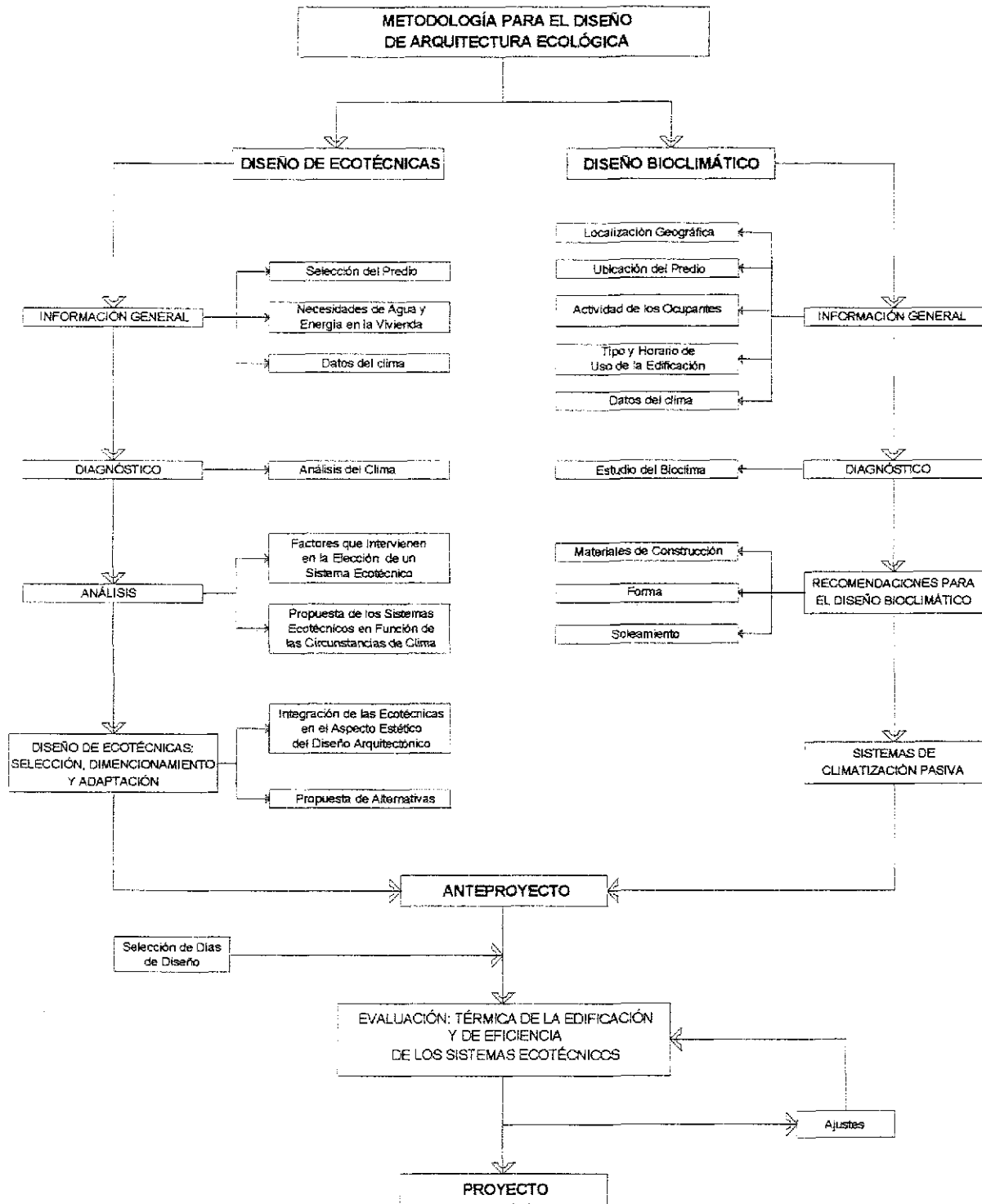
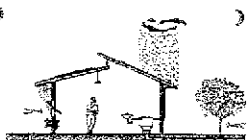


Diagrama 2.- Metodología para el Diseño de Arquitectura Ecológica.



Para poder entender la metodología propuesta, se opta por desglosar cada uno de los factores que intervienen en la conformación del diseño bioclimático y del diseño de ecotécnicas de un espacio arquitectónico.

### 3.2 INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y DISEÑO DE ECOTÉCNICAS.

Esta metodología tiene su fundamento en una información general, que consiste en recabar los datos de la localización geográfica del área en la que se pretende ubicar el proyecto de la edificación, así como conocer la ubicación del predio y la existencia de algún edificio colindante que proyecte sombras al terreno (análisis solar exterior y uso futuro de áreas continuas), y considerar la pendiente, el estado y características del mismo. Otra información importante será la relacionada con las actividades de los ocupantes, así como el tipo y horario de uso de la edificación. Por último es necesario recabar información (datos) del clima del lugar del proyecto (diagrama 3).

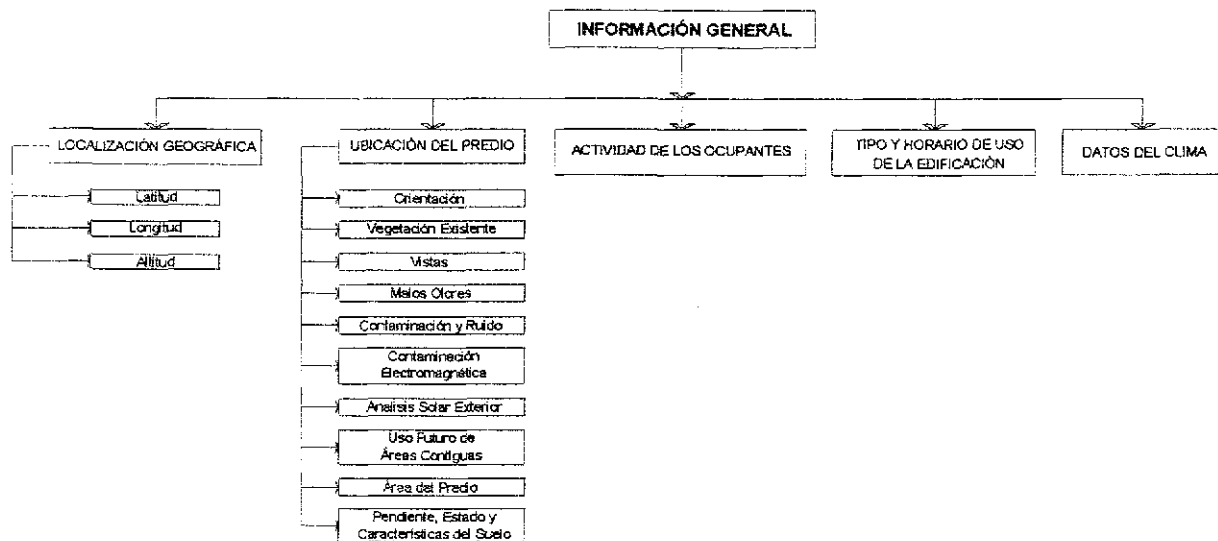
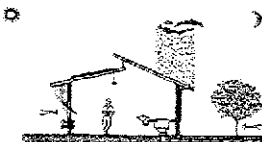


Diagrama 3. - Información General del Diseño Bioclimático

De igual forma, se recaba la información para el diseño de ecotécnicas (diagrama 4), como son los datos sobre las necesidades de agua y energía en la vivienda. Se hará indispensable conocer la cantidad de agua caliente, energía eléctrica o agua potable que se requieren; y estar informado sobre las características necesarias para la selección del predio adecuado, como son la orientación, el análisis solar exterior –determinación de sombras proyectadas por edificaciones colindantes- y el uso futuro de áreas contiguas, debido a que la mayoría de los sistemas ecotécnicos requieren del sol como fuente de energía (calentador solar, módulos fotovoltaicos, destilador solar, secador solar de ropa, etc). También debe ser considerada la vegetación (árboles de gran magnitud), si es el caso de proponer un aerogenerador, así como



el análisis de la pendiente, el estado y las características del suelo, dado que las plantas de tratamiento de agua y el área de la cisterna requieren para su construcción de un área libre y sin obstrucciones. Asimismo serán considerados los datos del clima como parte fundamental para el diseño de ecotécnicas.

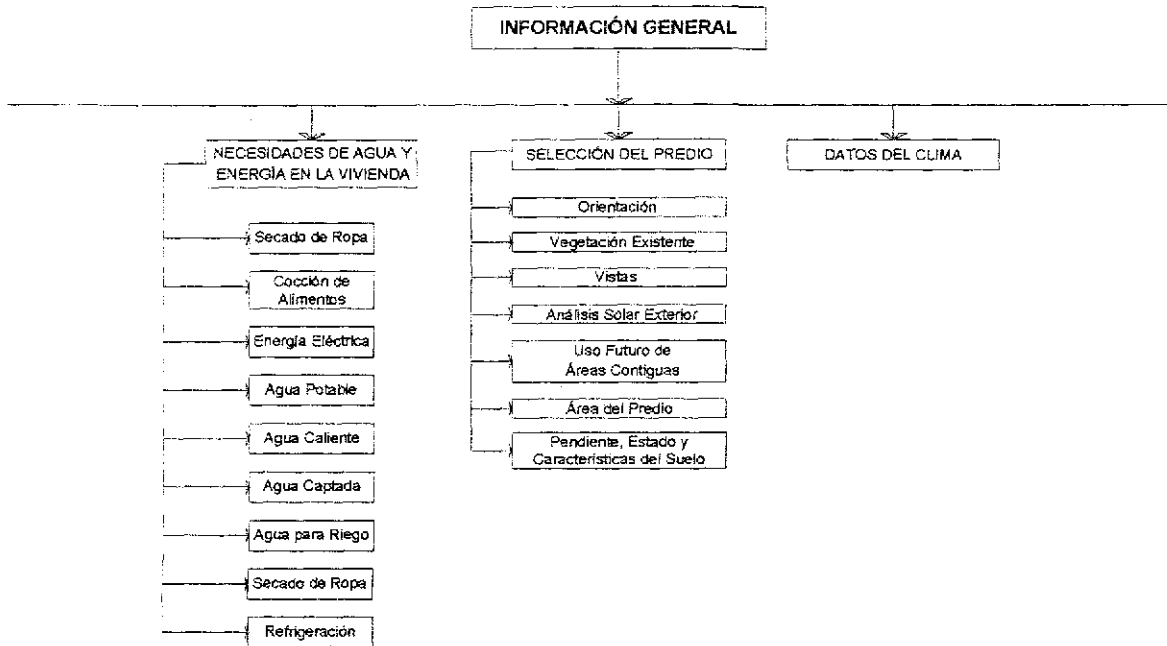
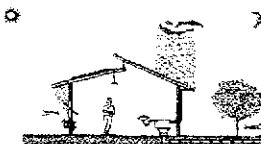


Diagrama 4.- Información General del Diseño de Ecotécnicas

3.3 DIAGNOSTICO DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y DISEÑO DE ECOTÉCNICAS.

Cuando se tiene recopilada la información general, se procede a elaborar un estudio del bioclima, que se logra mediante el análisis del clima de un lugar determinado. Estas condiciones ambientales son, entre otras: la temperatura del aire (promedios horarios mensuales), la humedad relativa (promedios horarios mensuales), el viento (velocidad, frecuencia y calmas) y la radiación solar (de preferencia en  $W/m^2$ ). Una vez analizado el clima se requiere efectuar un estudio del confort térmico de los integrantes de la vivienda en el lugar determinado, para el que se precisa la utilización de herramientas de diagnóstico de confort, como son, entre otras: la Carta de Olgay, el Diagrama de Givoni y algunos algoritmos, como la ecuación de Fanger, Szocolay, Missebard, Thom, entre otras (diagrama 5).



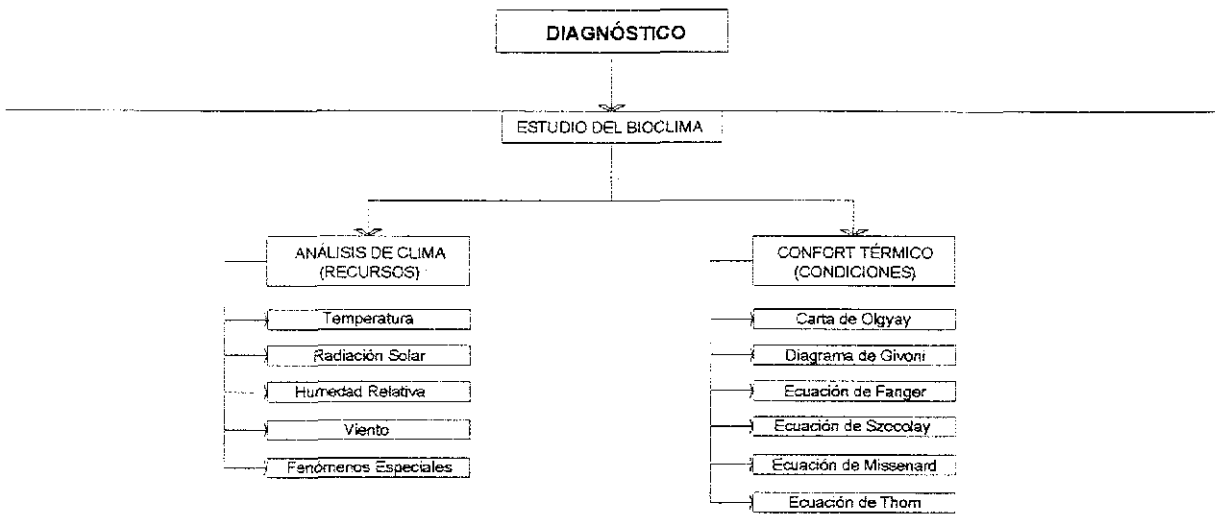


Diagrama 5.- Diagnóstico del Diseño Bioclimático

Al contar con la información general, se requiere realizar un análisis del clima. Este examen sirve para evaluar si es viable la utilización de ecotécnicas en un lugar determinado; será también importante estudiar el clima y su relación con el funcionamiento de los equipos o sistemas ecotécnicos (diagrama 6).

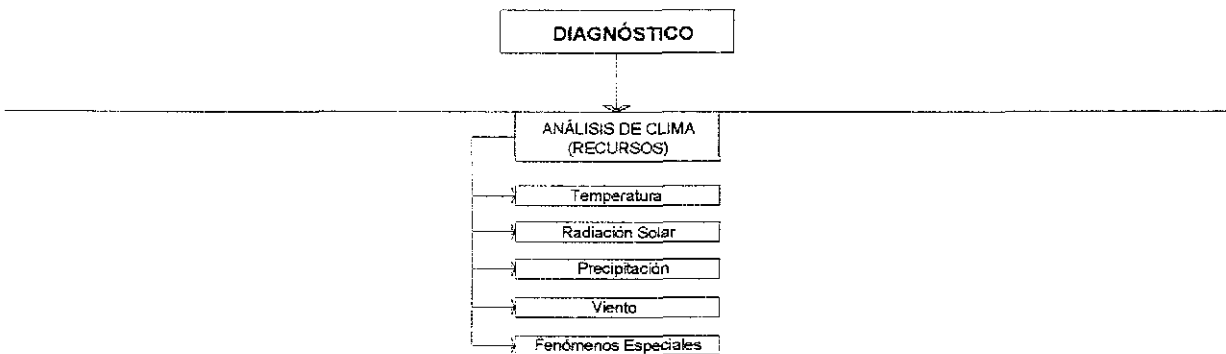


Diagrama 6.- Diagnóstico del Diseño de Ecotécnicas

### 3.4 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO Y ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE ECOTÉCNICAS.

Enseguida se realiza un análisis, con el cual se determinan las recomendaciones para el diseño bioclimático, esto se logra al conocer las características térmicas (conductividad, resistividad, admisividad, difusividad, aislamiento térmico, retraso térmico y capacidad calorífica), las propiedades ópticas (absortancia, emitancia y reflectancia) y las características mecánicas (textura, compresión, tensión y resistencia) de los materiales de construcción que



se van a emplear (diagrama 7). También la forma de la envolvente como son los espacios, las alturas, el tipo de cubiertas (horizontal, bóveda, cupular, inclinada, varias aguas), la volumetría y la exposición al sol de la edificación (soleamiento). Este soleamiento se logra a través de la orientación, los tragaluces, los vanos y el control solar, este último que se divide en exteriores (aleros, quiebrasoles o partesoles, vegetación, celosías, toldos, remetimientos, y pergolados) e interiores (cortinas, persianas, parteluces verticales, etc)

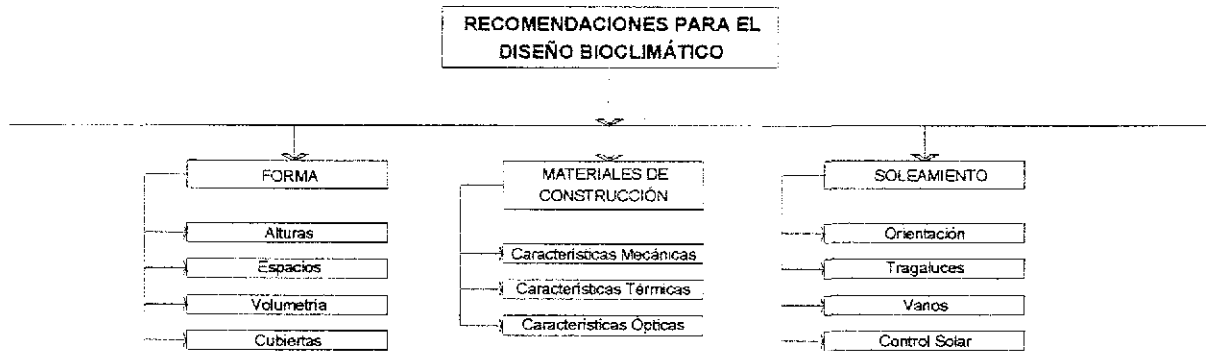


Diagrama 7.- Recomendaciones para el Diseño Bioclimático

Una vez realizado el análisis de clima, se realiza una propuesta de los sistemas ecotécnicos en función de las circunstancias de clima. Por ejemplo, cuando se desea proponer un sistema que requiera de energía solar en un clima que presenta nubados considerables durante todo el año, se hará evidente que no es factible proponer este tipo de sistema; de la misma forma se analiza si es viable o no la propuesta para los demás sistemas ecotécnicos. Por otra parte, es importante considerar los factores que intervienen en la selección de un sistema ecotécnico (descripción, rendimiento, ventajas y desventajas, costo, datos complementarios y material gráfico); y conocer los tipos de infraestructura y equipamiento urbano (servicios públicos) con los que cuenta el predio donde se pretende edificar (diagrama 8).

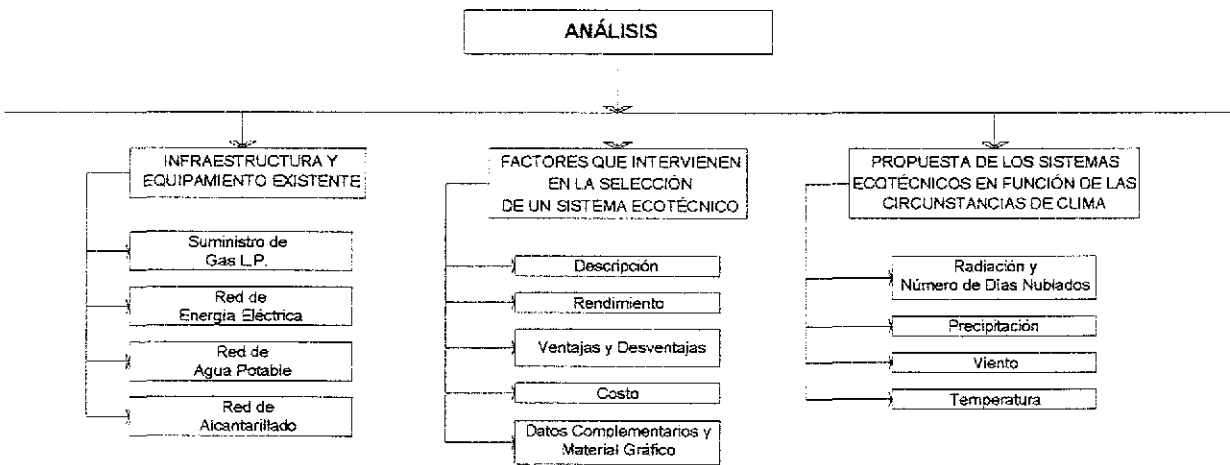


Diagrama 8.- Análisis para el Diseño de Ecotécnicas.



### 3.5 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA Y DISEÑO DE ECOTÉCNICAS: SELECCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y ADAPTACIÓN.

Al haber considerado la información general, el bioclima, los materiales de construcción, la forma de la envolvente, el soleamiento, entre otros, se procede a proponer los sistemas de climatización pasiva, en los que se precisan los requerimientos de climatización complementarios (calefacción, aire acondicionado, humidificación y deshumidificación) Con esto se lograría conformar el anteproyecto desde el punto de vista bioclimático (diagrama 9)

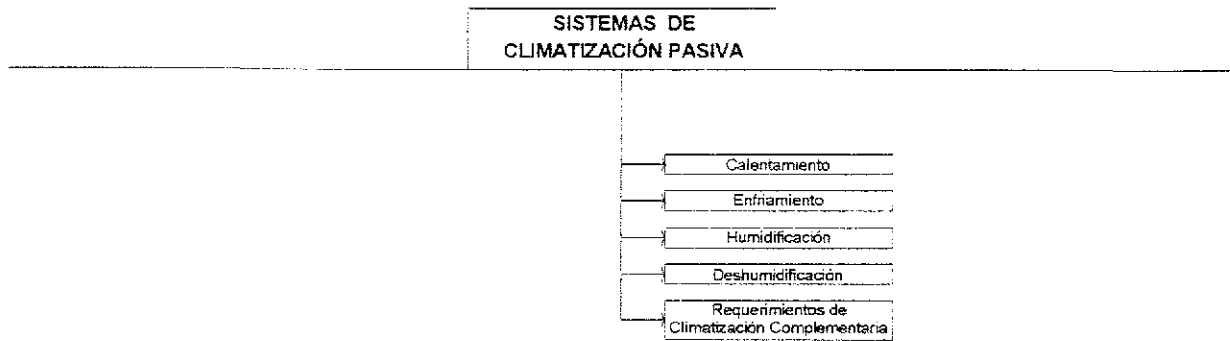


Diagrama 9.- Sistemas de Climatización Pasiva

Por otra parte, en el diseño de ecotécnicas, se seleccionarán y dimensionarán los sistemas que hayan sido viables (al haber realizado un diagnóstico y análisis del diseño de ecotécnicas) para el proyecto. Además deberá existir una integración entre el diseño de la envolvente y la propuesta de alternativas que se emplearán en el diseño (el aspecto estético de una construcción es de gran importancia para el confort visual de los usuarios) Así, finalmente se concreta el anteproyecto del diseño de ecotécnicas (diagrama 10).

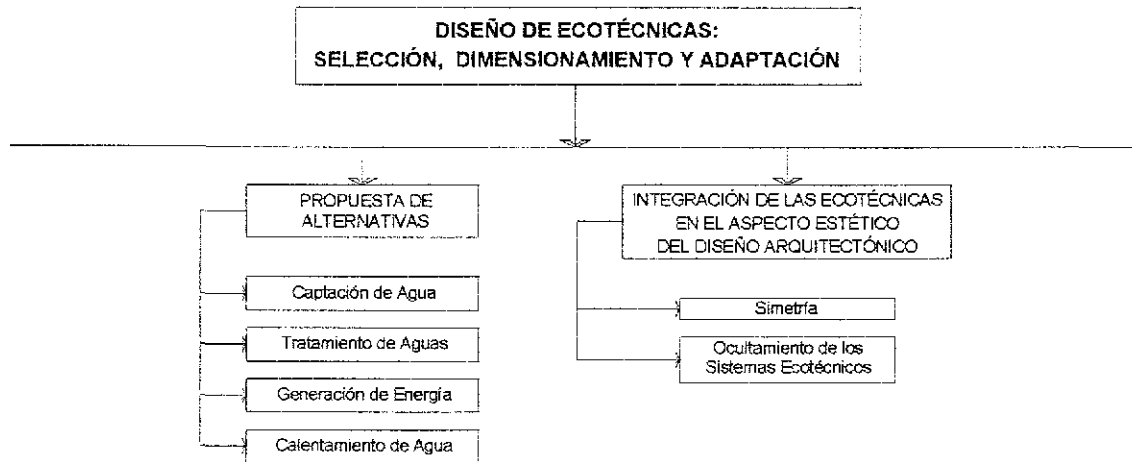


Diagrama 10.- Diseño de Ecotécnicas: Selección, dimensionamiento y adaptación



### 3.6 PROYECTO

Una vez concluido el anteproyecto, se inicia la siguiente etapa de la metodología. Esta segunda fase de la metodología se inicia con la selección de los días de diseño (días críticos o representativos del clima), después se efectúa una evaluación térmica de la edificación, en el caso de haber algún detalle o problema se realiza un ajuste, y una vez cumplido éste, se establece el proyecto final. Por otra parte, se seleccionan los días del diseño de ecotécnicas (estudio del clima), para luego poder efectuar el análisis de eficiencia de los sistemas ecotécnicos; en caso de existir algún problema detectado en este estudio, se procede a llevar a cabo el ajuste, y al haberse logrado los resultados requeridos, se concluye la etapa de integración de los sistemas ecotécnicos hacia el proyecto final (diagrama 11).

#### Evaluación: Térmica de la Edificación y de Eficiencia de los Sistemas Ecotécnicos

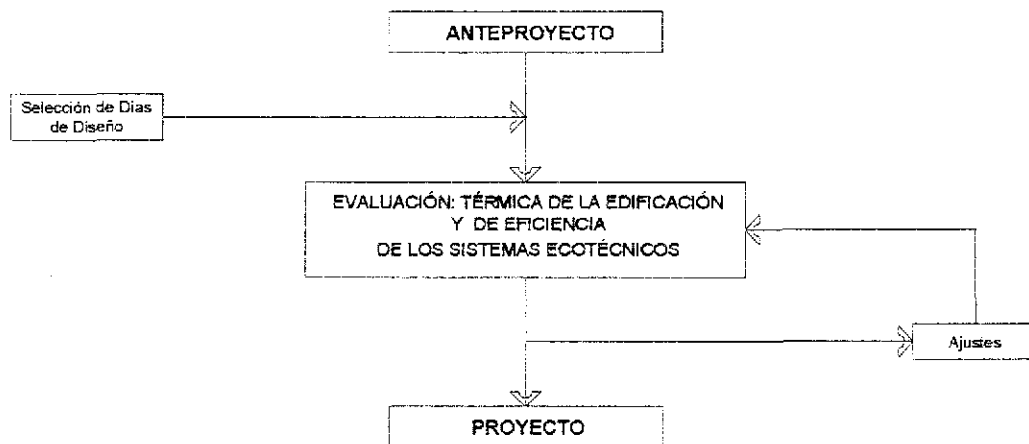


Diagrama 11 .- Evaluación: Térmica de la Edificación y de Eficiencia de los Sistemas Ecotécnicos

Para concluir este capítulo es elemental evaluar el proyecto en el aspecto arquitectónico, como son los conceptos de diseño (tipología), el funcionamiento, las áreas e interrelación de espacios (locales) y el aspecto estético, el cual exige la integración de las ecotécnicas en el diseño de la edificación. Al igual, se debe elaborar un estudio de impacto ambiental, análisis que consiste en determinar la integración de la edificación con los ecosistemas existentes (urbano, rural, etc). Se hará igualmente necesario tomar en cuenta el aspecto económico en las diferentes fases del proyecto (planeación, diseño, ejecución, operación y/o mantenimiento). Con todo lo anterior, se podrá integrar el diseño definitivo de un proyecto arquitectónico que satisfaga las expectativas del diseñador de edificaciones.



## CAPITULO 4

# VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA: DISEÑO DE CASA ECOLÓGICA





## 4.1 DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE LA CASA ECOLÓGICA

En el presente capítulo se presenta el proyecto de una casa ecológica (CE), la cual será diseñada con base en la metodología propuesta en el capítulo anterior. Los pasos que deben seguirse para el diseño de este tipo de vivienda son los siguientes:

### 4.1.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

En lo que corresponde al diseño bioclimático, se necesitará recabar, inicialmente, la siguiente información general: localización geográfica, ubicación del predio, actividades de los ocupantes, así como tipo y horario de uso de la edificación.

#### Localización geográfica

La ciudad de Morelia se encuentra localizada a  $19^{\circ}42'$  de latitud norte,  $101^{\circ}11'$  de longitud oeste y una altura sobre el nivel del mar de 1941 metros (diagrama 1).

#### Localización Geográfica de la Ciudad de Morelia, Michoacán.

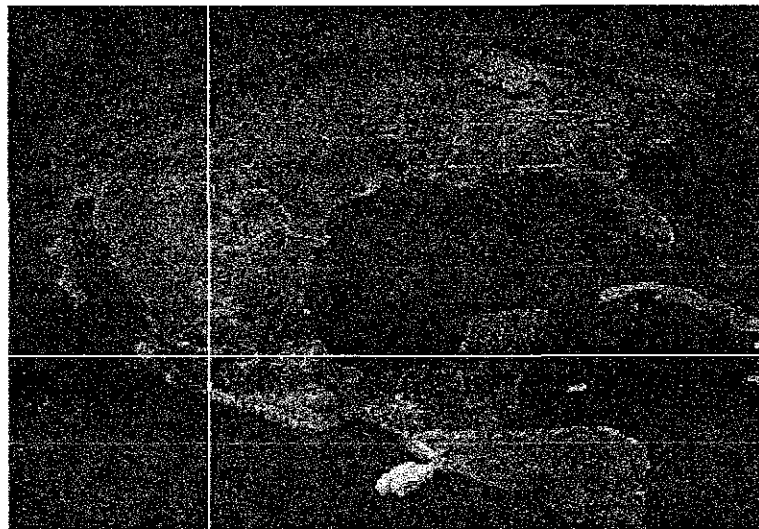
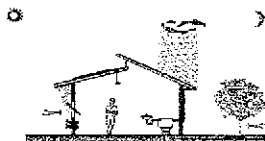


Diagrama 1.- Localización Geográfica de la Ciudad de Morelia, Michoacán.

#### Ubicación del predio

Debido a que el diseño de la casa ecológica es un proyecto que se realizó únicamente para manifestar el uso del diseño bioclimático y ecotécnicas, no se consideró un lugar específico (calle y colonia) para su ubicación dentro de la ciudad de Morelia.



### Actividad de los ocupantes y tipo y horario de uso de la edificación

Otros factores indispensables para el diseño de esta vivienda ecológica, es la actividad de los ocupantes, así como el tipo y horario de uso de la edificación, para cuyo fin se propone una tabla resumen (diagrama 2) en la que se manifiesta el espacio arquitectónico y sus características, como son el área, volumen, número de ocupantes, horario de uso, actividad metabólica y la ganancia interna en cada local.

Tabla Resumen de Información general de la Edificación.

Espacio Arquitectónico (local)	Datos Generales					
	Área (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	No. de ocupantes	Horario de uso	Actividad metabólica	Ganancia interna
Cocina	6.9	—	1	7:30 a 8:00 a.m	Preparar	181 watts
			1	1:30 a 2:00 p.m	Preparar	181 watts
			1	7:30 a 8:00 p.m	Preparar	181 watts
Comedor	20	66.63	4	7:30 a 8:00 a.m	Desayunar	444 watts
			4	1:00 a 2:00 p.m	Comer	444 watts
			4	8:30 a 9:00 p.m	Cenar	444 watts
Sala de estar	15	63.09	3	6:00 a 7:00 p.m.	Platicar	339 watts
			1	9:00 a 11:00 p.m.	Leer	122 watts
Recámara principal	14.65	—	2	10:30 pm a 7:00 a.m	Dormir	161 watts
Recamara 2	14.65	—	1	10:30 pm a 7:00 a.m	Dormir	80.5 watts
			1	4:00 a 7:00 p.m	Estudiar	122 watts
Recamara 3	12	—	1	10:30 pm a 7:00 a.m	Dormir	80.5 watts
			1	4:00 a 7:00 p.m	Estudiar	122 watts
Baño	5.89	—	1	7:00 a 8:00 p.m	Bañarse	173 watts

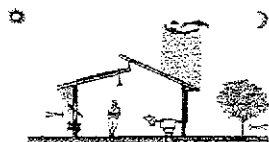
Diagrama 2.- Tabla Resumen de Información general de la Edificación.

#### 4.1.2 DIAGNOSTICO DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

##### Análisis de clima (recursos)

Cuando se concluye la recolección de la información general, se continúa con un diagnóstico del clima: la temperatura, con sus promedios horarios mensuales; la humedad, con sus promedios horarios mensuales; la precipitación pluvial anual; la radiación solar, con su correspondiente día representativo por cada mes, y la velocidad, dirección e intensidad del viento

El clima de la ciudad de Morelia es templado, con una temperatura media anual de 18.7 °C; no extremo, con poca oscilación térmica 5-7 °C, siendo el mes más cálido antes del verano y el más frío el mes de enero; tiene una temporada de lluvia bien definida, con una precipitación total media anual es 863.3 mm; la humedad relativa media anual es de 62.4 %,



y los vientos dominantes provienen del sur-suroeste, siendo variables los meses de julio, agosto y octubre (diagrama 3).

Para conocer el clima de esta ciudad, se recurrió a la clasificación climática propuesta por Enriqueta García, que se basa en el sistema de clasificación climática de Köppen.

El clima de Morelia es<sup>1</sup>.

Cb (W1) (W) (I) g

Donde:

Cb: Templado con verano fresco.

(W1): Subhúmedo intermedio entre el mes más y el menos húmedo, con lluvias en verano.

(W): Porcentaje de lluvia invernal menor a 5 % de la anual.

(I): Con poca oscilación térmica (entre 5 y 7° C).

g: Temperatura media del mes más cálido, se presenta antes del solsticio de verano.

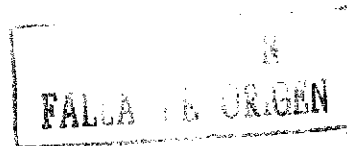
Los datos de temperatura fueron proporcionados por el observatorio meteorológico de la ciudad de Morelia, lugar en el que posteriormente fueron procesados, con los que se obtuvieron los promedios horarios mensuales del período transcurrido de 1985 a 1996.

Para obtener los datos horarios de humedad relativa (promedios horarios mensuales) se utilizó el programa Mardia, dicho programa funciona proporcionando información de humedad promedio máxima y mínima. Estos datos se pueden obtener en las normales climatológicas, elaboradas por la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional.

Otra variable climática que se consideró para el diseño bioclimático así como para el diseño de ecotécnicas, es la radiación solar. Para obtener los datos de esta variable se recurrió a los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana, número 543, de las Series del Instituto de Ingeniería de la UNAM; con esta información y utilizando el programa de cálculo elaborado por el arquitecto Jorge Czajkowski, basado en la metodología de cálculo de Liu & Jordan, es posible determinar la irradiancia en cualquier tipo de superficie u orientación.

Además se realizó un estudio del impacto de la radiación solar sobre orientaciones principales (sur, norte, oriente y poniente) en muros y el techo de la vivienda, este fue realizado con la sobre posición de la grafica solar equidistante y la mascarilla de radiación. En esta se observa (diagrama 4) que la mayor incidencia de radiación se tiene en la superficie horizontal, mientras que la orientación sur su mayor captación la obtiene cuando se encuentra en el solsticio de invierno; en lo referente a la orientación norte la mayor captación se logra en el mes de junio.

<sup>1</sup>García Enriqueta, (1988), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), México, D F.



### Vientos Dominantes en Morelia, Michoacán.

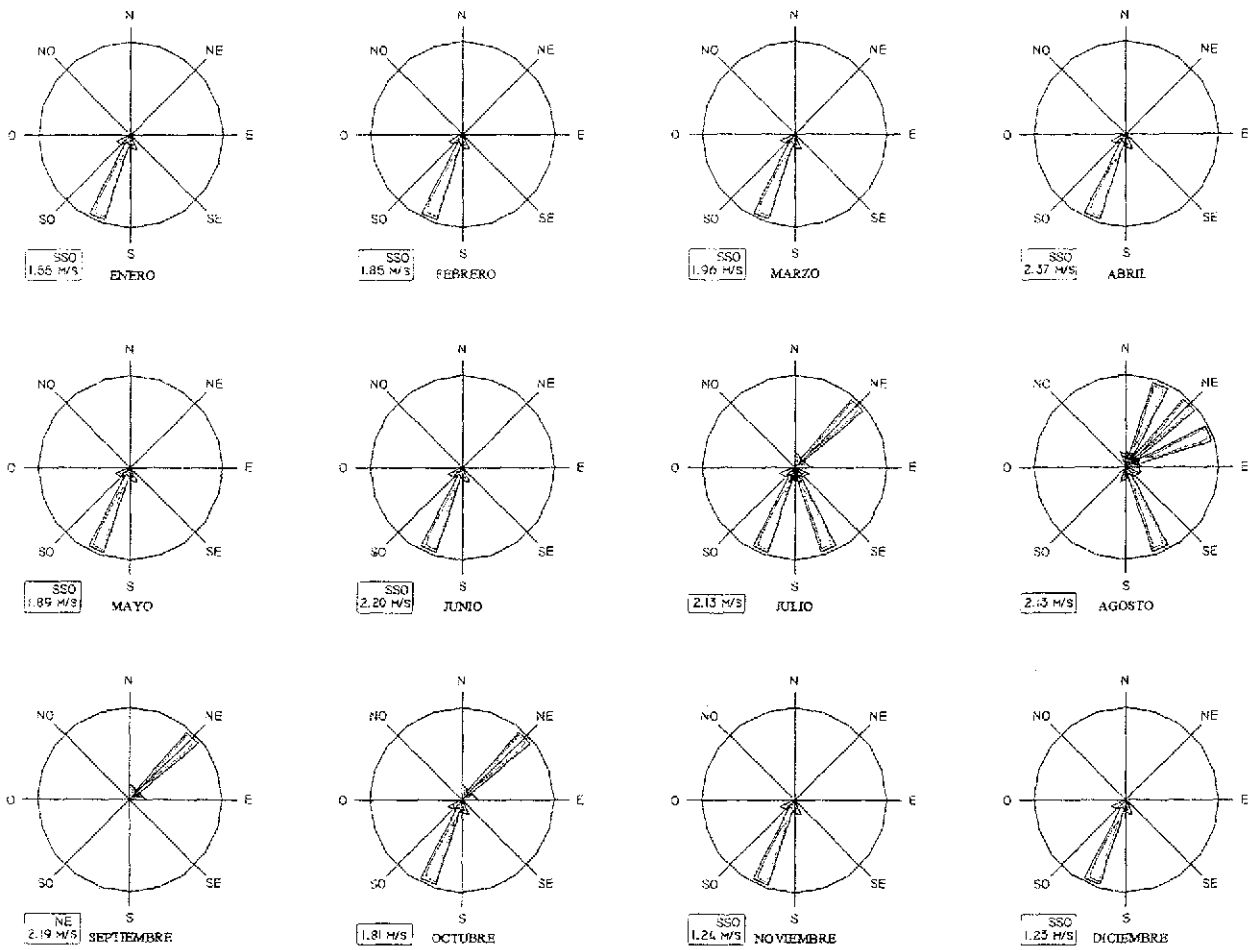


Diagrama 3.- Vientos Dominantes en Morelia, Michoacán.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

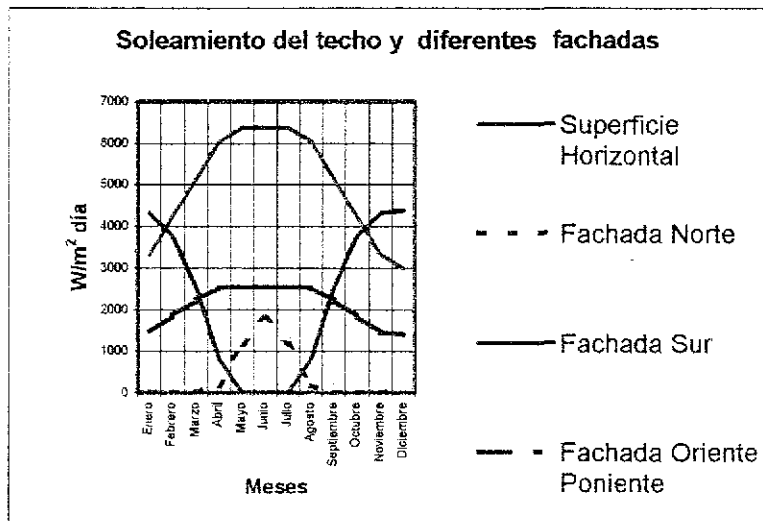


Diagrama 4.- Soleamiento del techo y diferentes fachadas.

**Confort térmico (condiciones)**

Una vez obtenida la información climática, se procedió a realizar la evaluación de las condiciones de comodidad térmica, a partir de las condiciones bioclimáticas de la ciudad de Morelia, Michoacán, que son las del lugar del proyecto. Los datos de comodidad se obtuvieron mediante la ecuación de Szokolay  $T_n = (17.6 + 0.31 \times T_e) \pm 2.5$  en donde  $T_n$  es la temperatura de comodidad humana y  $T_e$  es la temperatura media promedio mensual, con base en esta información se obtuvieron los rangos de confort para todos los meses del año (diagrama 5).

**Zonas de confort mensual para la ciudad de Morelia, Michoacán**

Meses	Temperatura Media Promedio Mensual	Zona de Confort		
		-2.5	$T_n$	+2.5
Enero	14.6	24.63	22.13	19.63
Febrero	17.3	25.46	22.96	20.46
Marzo	18.1	25.71	23.21	20.71
Abril	19.9	26.27	23.77	21.27
Mayo	21.4	26.73	24.23	21.73
Junio	20.2	26.36	23.86	21.36
Julio	18.6	25.87	23.37	20.87
Agosto	18.5	25.84	23.34	20.84
Septiembre	18.2	25.74	23.24	20.74
Octubre	17.2	25.43	22.93	20.43
Noviembre	16.3	25.15	22.65	20.15
Diciembre	15.0	24.75	22.25	19.75
Promedio Anual	17.9	25.66	23.16	20.66

Diagrama 5.- Zonas de confort mensual para la ciudad de Morelia, Michoacán.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Posteriormente, estos datos se transfieren a la tabla de temperaturas (promedios horarios mensuales) y se establecen las temperaturas de confort de los meses del año, para formar lo que se conoce como diagrama de isorequerimientos (diagrama 6).

**Diagrama de isorequerimientos**

Localidad: Morelia, Mich. 19° 42'; 101°11'; 1941 msnm												
Temperatura Ambiente Promedios Horarios												
HORA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0												
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10				21.8	22.7							
11				24.5	24.5	22.0	21.0	21.4	21.4	20.6		
12		22.4	21.9			23.2	21.7	22.4	22.3	21.4	21.3	
13	20.9	23.8	23.9			23.5	22.7	23.8	23.4	22.6	23.2	21.3
14	21.9	24.2	25.1			24.2	23.1	23.8	24.0	22.8	24.0	20.1
15	22.5	24.7	25.5			24.1	22.4	23.3	24.3	22.9	23.8	22.0
16	22.2	23.8	25.0			23.7	21.8	22.9	23.5	22.2	23.6	21.4
17	20.9	23.0	24.6		25.3	22.2	21.1	22.1	22.5	21.2	22.3	
18		21.7	23.5	24.6	24.4	21.1		21.1	21.6		20.9	
19			20.8	22.9	22.6							
20				21.5	21.5							
21					20.7							
22												
23												

FUENTE: OBSERVATORIO METEOROLÓGICO DE LA CD DE MORELIA, MICH. PERIODO 85-96. ELABORACIÓN PROPIA




-  Sensación térmica de Confort
-  Sensación térmica de Calor
-  Sensación térmica de Frío

Diagrama 6.- Diagrama de Isorequerimientos



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



De igual forma elaboró el análisis del mes mas frío (enero),: El resultado de este análisis es el siguiente: Se pudo observar que durante la mayor parte del día se encuentra en condiciones de frío, para lo cual se necesita una irradiancia de 490 W/m<sup>2</sup> hasta 70 W/m<sup>2</sup> para restablecer las condiciones de confort, únicamente de las 15 pm a las 17 pm la sensación térmica es de confort (diagrama 8).

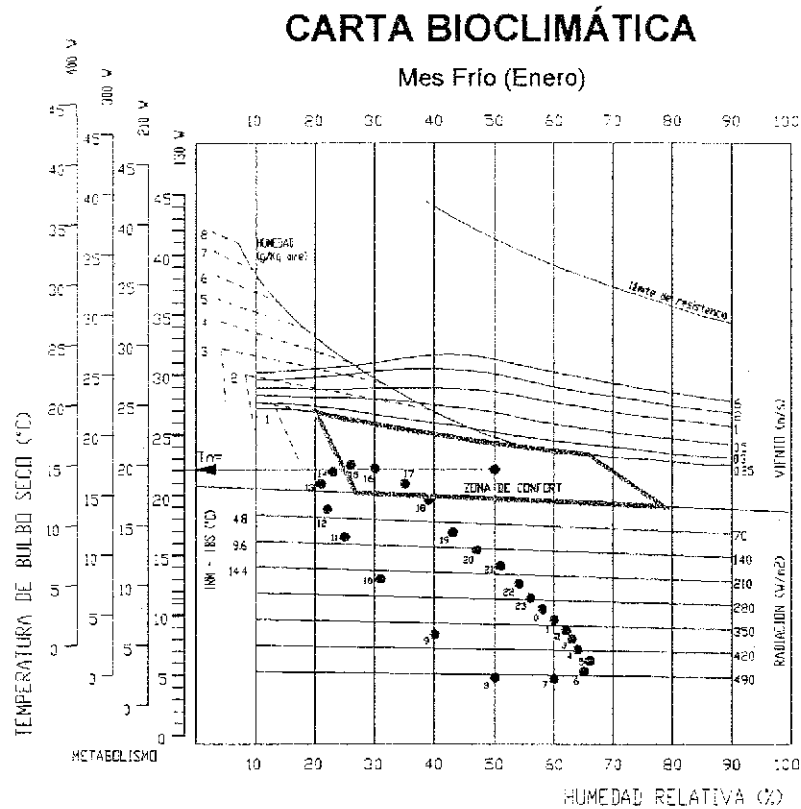


Diagrama 8.- Bioclima estacional (diagrama para exteriores) en temporada fría.

#### 4.1.3 RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO

Una vez concluida la información general, con el análisis de clima y el diagnóstico del bioclima, se procedió a efectuar un análisis de los materiales de construcción que se emplearán en el proyecto de la CE, así como la forma y el soleamiento de la misma.

Los materiales que se emplearán en esta vivienda son: tabique rojo recocido, el cual se empleará en los muros, con aplanado de yeso en el interior y en la parte exterior se optará por recubrirla cemento mortero arena y con pintura vinílica blanca; en lo referente a la techumbre de la casa se utilizará losa maciza de 10 cm de espesor.

En cuanto a la forma de esta vivienda, su forma rectangular con mayor longitud en la orientación norte-sur obedece al aprovechamiento de la radiación solar en invierno y evitar ganancias de calor en las orientaciones oriente y poniente en verano.





La distribución de los espacios arquitectónicos de la CE se conforman de la siguiente forma: El comedor y la sala se orientaron hacia el poniente con el motivo de provocar circulación cruzada (refrescar los espacios) en meses cálidos y la cocina es orientada al norte con vista al jardín posterior, evitando así el deslumbramiento de las orientaciones sur, oriente y poniente. Las recamaras fueron ubicadas en la orientación este y sur para evitar el soleamiento intenso en verano y aprovechar el recurso solar en invierno (diagrama 9)

#### 4.1.4 SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN PASIVA

Para finalizar esta primera etapa de diseño y, por su medio, se pueda obtener el anteproyecto, se mencionan algunas recomendaciones para el diseño bioclimático.

1ª Una de éstas es proponer protecciones solares - quiebrasoles- movibles en la orientación sur y oeste (Diagrama 10).

2ª Proteger la edificación con vegetación caducifolia en la orientación poniente (Diagrama 11)

3ª Otra recomendación se hace, a fin de lograr ventilación cruzada en los meses cálidos para refrescar el área de la sala, el comedor y la cocina de la vivienda (diagrama 12).

4ª En meses fríos se propone como estrategia de diseño utilizar doble vidrio para evitar pérdidas de calor en la orientación norte de la vivienda, correspondiente al comedor, la cocina y el baño (diagrama 13).

5ª Proponer iluminación natural en el pasillo de la vivienda, colocando domos con rejillas (controladores solares ) los cuales iluminen durante todo el año, pero logrando que los rayos solares penetren durante la época fría y no permitan el paso de los mismos durante la temporada cálida (diagrama 14).

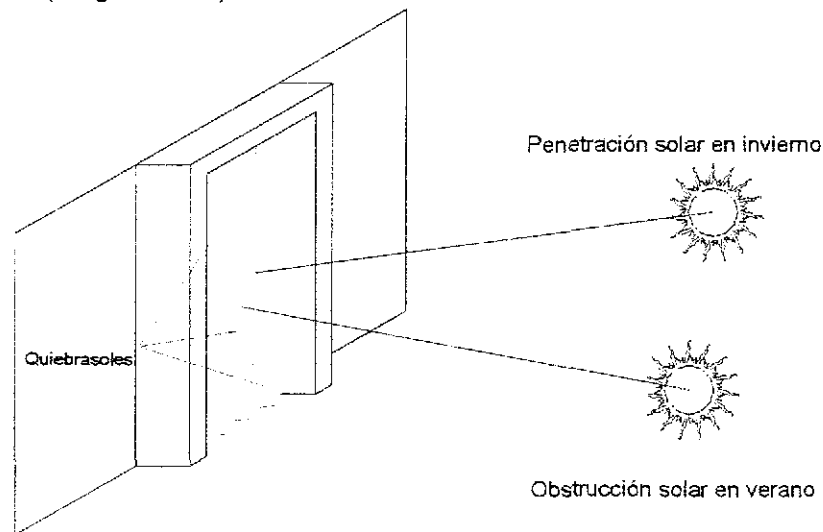
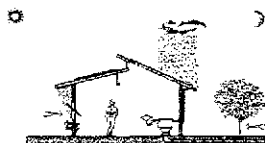


Diagrama 10.- Quiebrasoles movibles en la orientación sur y oeste



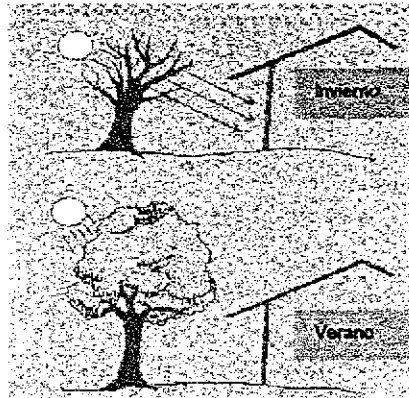


Diagrama 11 - Vegetación caducifolia en la orientación poniente

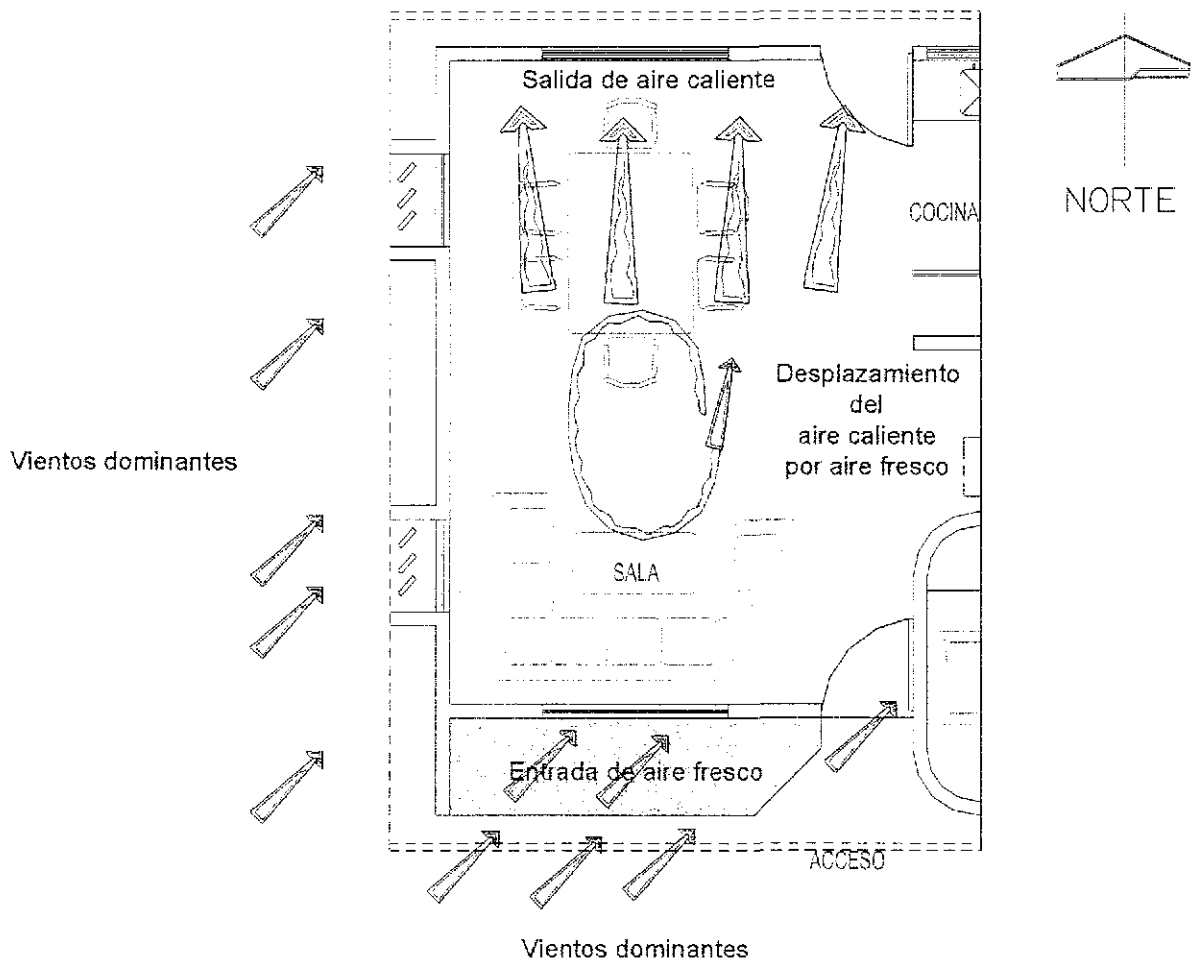
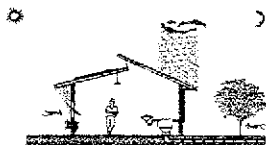


Diagrama 12 - Utilización de ventilación cruzada en sala-comedor de la vivienda ecológica en meses cálidos



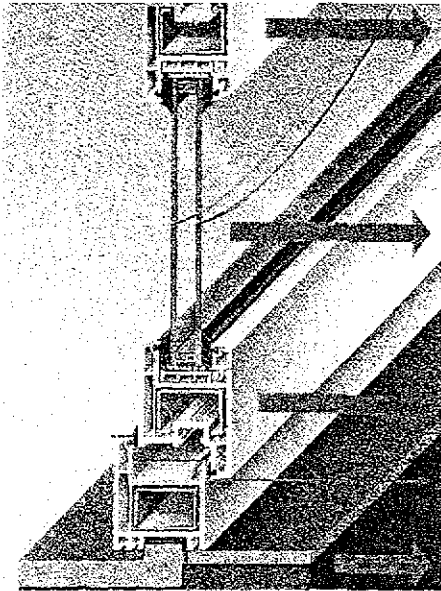


Diagrama 13 - Utilización del doble vidrio en la orientación norte de la vivienda

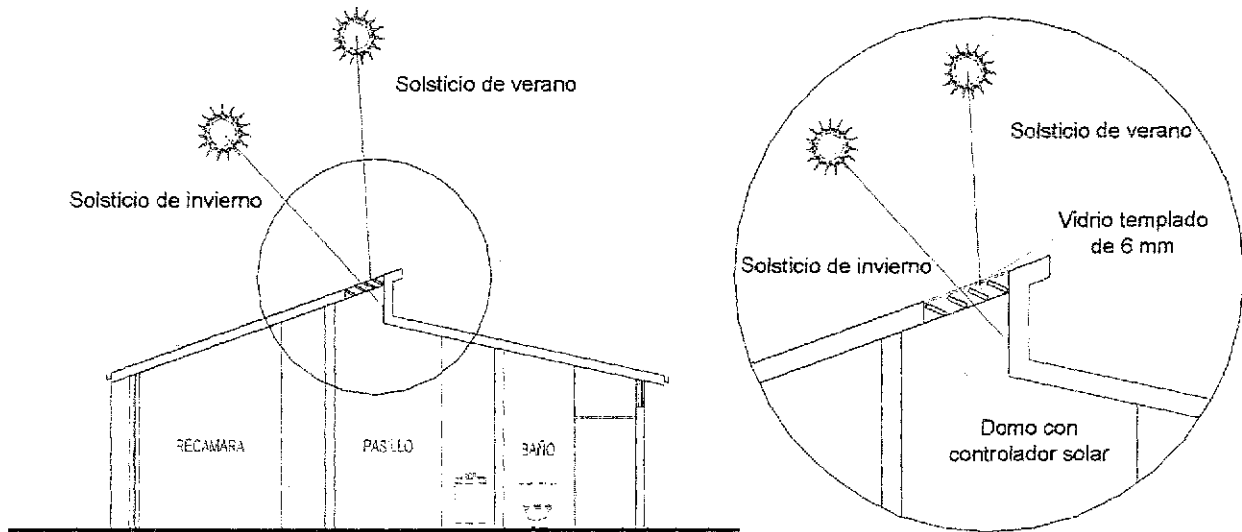


Diagrama 14.- Iluminación natural en el pasillo de la vivienda ecológica, colocación de domos con controladores solares



#### 4.1.5 PROYECTO: EVALUACIÓN TÉRMICA DE LA VIVIENDA ECOLÓGICA

Una vez concluido el anteproyecto, se realiza la evaluación térmica de la vivienda ecológica - validación de la siguiente etapa de la metodología-. Para lo cual se determinó un día representativo del clima, este día crítico fue analizado en el diagrama de isorequerimientos, el mes mas caluroso fue abril y la hora con mayor temperatura se presentó a las 13:00 hrs.

Enseguida se analizó el área más crítica de la casa ecológica, el espacio que mayor insolación recibió durante el día fue la sala-comedor, debido a su orientación sur y poniente (diagrama 15).

#### CALCULO TÉRMICO DE SALA-COMEDOR (CASA ECOLÓGICA)

##### Datos:

Localidad	Morelia, Michoacán
Latitud:	19°42" N
Longitud:	101° 12" W
Altitud:	1941 msnm
Hora de cálculo:	13:00 hrs
Mes del cálculo:	Abril
Temperatura ambiente:	27.8 °C
Humedad relativa:	20 %

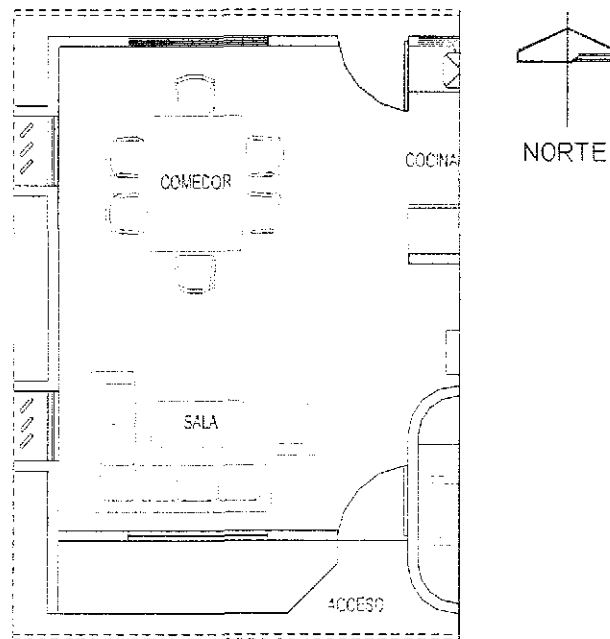
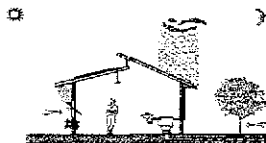


Diagrama 15 - Sala-comedor como área de cálculo térmico de la casa ecológica



Analizando el resultado de la ecuación de balance térmico obtenemos que mes de abril a las 13:00 hrs se presenta calor ( $Q_m = 1565$  watts) dentro de la sala-comedor de la casa ecológica, por lo que es necesario proporcionar 0.445 ton de refrigeración para obtener confort en el interior de dicho espacio. Dicha refrigeración la vamos a obtener de manera natural mediante la utilización de ventilación cruzada (diagrama 12). Asimismo el análisis económico-energético-ambiental de uso del D.B. utilizado en la vivienda ecológica se explicará en el capítulo quinto del presente documento.

Por último se menciona que el análisis térmico de la vivienda ecológica fue realizado con el modelo de cálculo térmico impartido por el Dr. Morillón en la Especialización en Heliodesign del Posgrado de Arquitectura de la U.N.A.M.



## 4.2 DISEÑO DE ECOTÉCNICAS DE LA CASA ECOLÓGICA

Como se ha mencionado anteriormente, las ecotécnicas son parte esencial de la arquitectura ecológica. A continuación se validará la metodología que toma en cuenta el diseño de ecotécnicas.

### 4.2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL DISEÑO DE ECOTÉCNICAS

#### Necesidades de agua y energía en la vivienda.

Para comenzar este estudio, será necesario conocer las necesidades de agua y energía en la vivienda.

- ① Calentamiento de agua
- ② Suministro de agua
- ③ Energía eléctrica para la iluminación
- ④ Tratamiento de aguas negras y grises
- ⑤ Agua potable
- ⑥ Secado de ropa
- ⑦ Reciclaje de basura y elaboración de abono orgánico.

Las necesidades de agua y energía de la CE serán proporcionadas por las ecotécnicas, pero tendrán que ser respaldadas con sistemas convencionales de energía (energía eléctrica de la red y gas L.P.)

#### Selección del predio

Un aspecto muy importante para el diseño de las ecotécnicas es la selección del predio. Este lugar debe contar con suficiente área para poder exponer dichas ecotécnicas al medio ambiente, para lo cual se requiere hacer análisis solar exterior, con el propósito de evitar proyecciones de sombras en los sistemas ecotécnicos: calentador solar de agua, celdas fotovoltaicas, secador solar de ropa, etcétera, porque si las hubiese no se tendría la misma eficiencia en estos sistemas.

### 4.2.2 DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO DE ECOTÉCNICAS

Como siguiente paso, se precisa obtener el diagnóstico del clima, por medio de la información general del clima, así como el análisis y procesamiento de cada uno de los elementos climatológicos prevalecientes: temperatura, vientos dominantes, radiación, etcétera

Como se puede observar en el inicio del presente capítulo, acerca del diagnóstico del diseño bioclimático, la ciudad de Morelia cuenta con un clima muy benigno, razón por la se hace conveniente el uso de los sistemas ecotécnicos.

### 4.2.3 ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE ECOTÉCNICAS

Al obtener la información general descrita y haber obtenido el diagnóstico del clima, se procede a elaborar un análisis que contempla una evaluación de los sistemas ecotécnicos en un lugar determinado. Por ejemplo, para este proyecto en la ciudad de Morelia, se hará



necesario proponer un sistema de captación de agua pluvial, mediante un estudio que permita conocer la cantidad local de la precipitación, siendo en este caso, como ya se señaló, una precipitación total media anual de 863.3 mm. para Morelia, lo cual significa que la utilización de este sistema es muy factible.

Otro elemento climático importante es la radiación solar. La ciudad de Morelia cuenta con una irradiación promedio anual de 18 MJ/m<sup>2</sup>, valor que demuestra que los sistemas ecotécnicos que requieran de energía solar como calentador solar, sistemas fotovoltaicos, destilador solar, secador solar de ropa, entre otros, funcionan eficientemente.

#### 4.2.4 DISEÑO DE ECOTÉCNICAS: SELECCIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y ADAPTACIÓN.

Para concluir la primera etapa de esta validación de la metodología, es importante señalar una serie de recomendaciones para el diseño de ecotécnicas, como la de tratar de integrar las ecotécnicas al proyecto arquitectónico, de forma tal, que se logre impactar lo menos posible la fachada; y en lo referente a los elementos arquitectónicos, se respete la simetría de la vivienda, debido a que el aspecto estético es de gran importancia para el confort visual de los usuarios de la edificación.

En esta última parte se proponen las alternativas de los sistemas ecotécnicos, por ejemplo, el calentamiento de agua se logrará por medio del calentador solar de agua, el suministro de agua se establecerá con la captación, filtración y almacenamiento de aguas pluviales, la energía eléctrica para la iluminación de la vivienda se obtendrá con la instalación del sistema fotovoltaico, el procesamiento de aguas negras y grises se conseguirá con la planta de tratamiento de agua, el agua potable se obtendrá con el destilador solar, el secado de la ropa por medio del secador solar de ropa, el reciclaje de basura y elaboración de abono orgánico con la utilización de la composta.

Una vez concluida esta primera etapa de evaluación, se prosigue con el análisis de eficiencia de los sistemas ecotécnicos. Debido a que la ciudad de Morelia cuenta con condiciones climáticas favorables para la propuesta de las ecotécnicas, se optó por no realizar dicho análisis.

La propuesta de las ecotécnicas en la vivienda ecológica se realizó considerando la pendiente del techo igual a la latitud del lugar del proyecto (19.7°) y la orientación del techo con respecto al sur geográfico, con estas consideraciones se lograría captar la incidencia de la radiación solar con mayor eficiencia en: el calentador solar de agua, el arreglo fotovoltaico para la iluminación y utilización de algunos aparatos electrodomésticos utilizados en la CE, el panel fotovoltaico que suministra energía eléctrica al refrigerador solar y el destilador solar que produce agua potable; además en la parte norte de la techumbre se colocó el secador solar de ropa, el tinaco y el termotanque del calentador, con este criterio se evitan las proyecciones de sombras a los sistemas ecotécnicos debido a la trayectoria solar en esta localidad.

Además se utilizó la azotea de la vivienda para la captación de agua pluvial e instalar la planta de tratamiento de agua (a un costado del tinaco de agua), por último se propuso la cisterna de almacenamiento de agua en el jardín exterior de la vivienda (Diagrama 15)







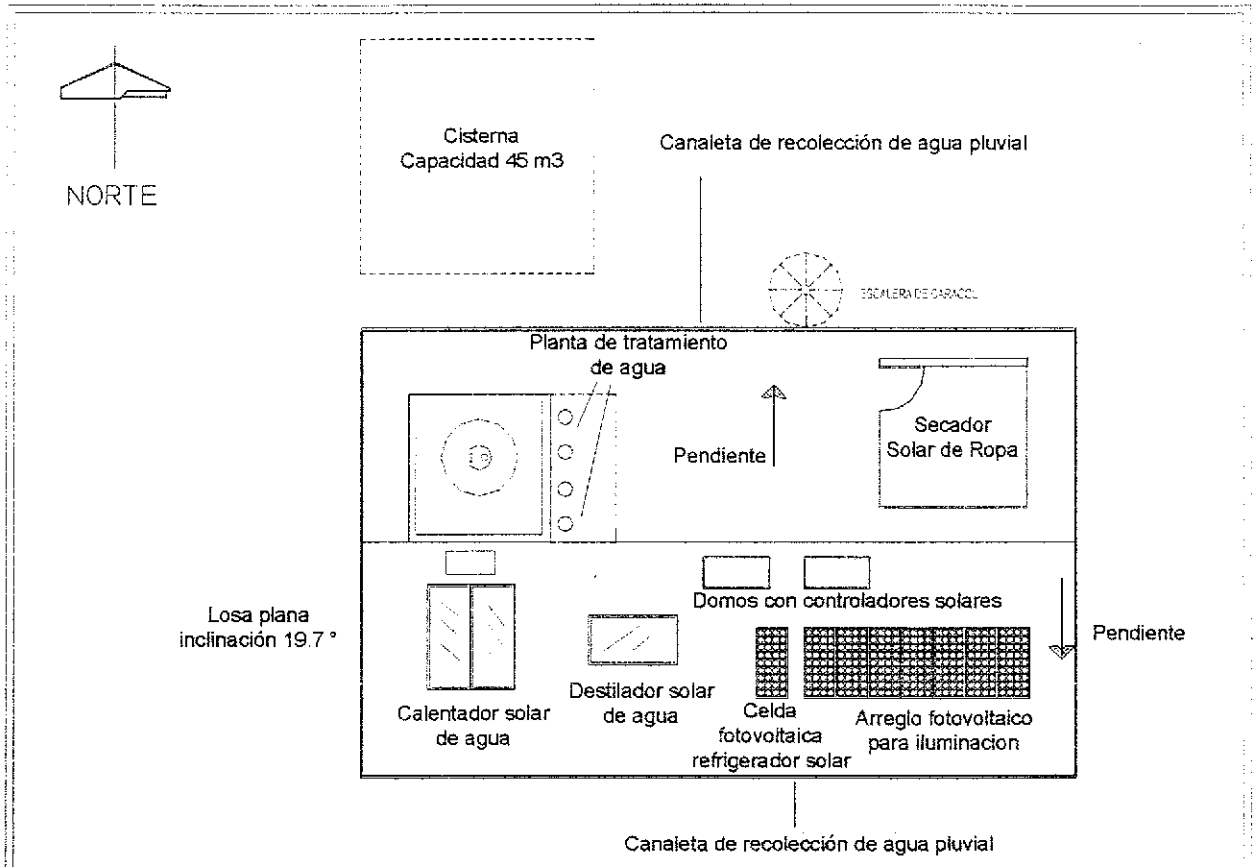
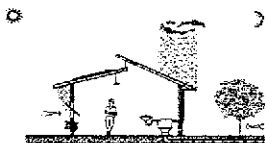


Diagrama 15.- Propuesta de ecotécnicas en la planta de azotea de la casa ecológica



A continuación se muestran los sistemas ecotécnicos propuestos, las partes y/o mecanismos con los cuales están formados, así como la descripción de su funcionamiento.

### 4.3 CALENTADOR SOLAR DE AGUA A CIRCULACIÓN NATURAL<sup>2</sup>.

El calentador solar de agua que se propone para la CE es de uso doméstico. Consta de dos colectores solares planos y de un tanque de almacenamiento aislado térmicamente (termotanque), el cual se coloca en una posición más elevada que el colector solar, para lograr el efecto de termosifón o de circulación natural

El funcionamiento es el siguiente: el agua fría contenida en el termotanque desciende por gravedad al colector, que transforma la energía radiante en calorífica y la cede al fluido circulante que es el agua. Por su parte, el agua caliente del colector asciende al termotanque por razón a que es menos densa, con lo cual se establece una circulación natural durante las horas de insolación, sin necesidad de una bomba (diagrama 11). En días despejados y al mediodía solar, el flujo de un calentador solar es del orden de 1lt/min/m<sup>2</sup> de superficie de colector.

Se recomienda establecer una altura mínima de 50 cm entre la parte superior del colector y la parte baja del termotanque. El tinaco debe colocarse de tal manera que su parte baja quede por lo menos a 5 cm arriba del termotanque.

La longitud de la tubería entre el colector solar y el termotanque debe ser la mínima posible. Además se recomienda el uso de codos de 45° y se debe prescindir de válvulas de globo y de retención (check).

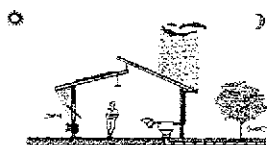
Los diámetros más recomendables para las tuberías que conectan el colector con el termotanque son de 13 a 25 mm.

Para evitar la ruptura de tuberías dentro del colector solar por el congelamiento del agua durante el invierno, se recomienda colocar una válvula de desagüe en el colector solar, así como válvulas de compuerta en el termotanque, para evitar que se vacíe dicho recipiente al drenar el colector solar (drenado manual). En el cabezal inferior del colector también se puede instalar una válvula anticongelante que lo drene, cuando se alcancen en el agua temperaturas menores a 5 °C y, posteriormente, se cierre al detectar agua caliente del termotanque

En la práctica, el área de colectores solares se debe calcular para satisfacer del 50 al 90 % de las necesidades totales de agua caliente para una vivienda. Un m<sup>2</sup> de colector solar proporciona entre 50 a 80 lts. de agua caliente.

---

<sup>2</sup>Martínez Strevel Rodolfo, (2000), Bufete de Tecnología Solar, S.A., Rosal 180 (antes 19 bis), San Pedro Mártir, Tlalpan, C.P. 14650, Telefax: 56134297, correo electrónico: strevel@data.net.mx.



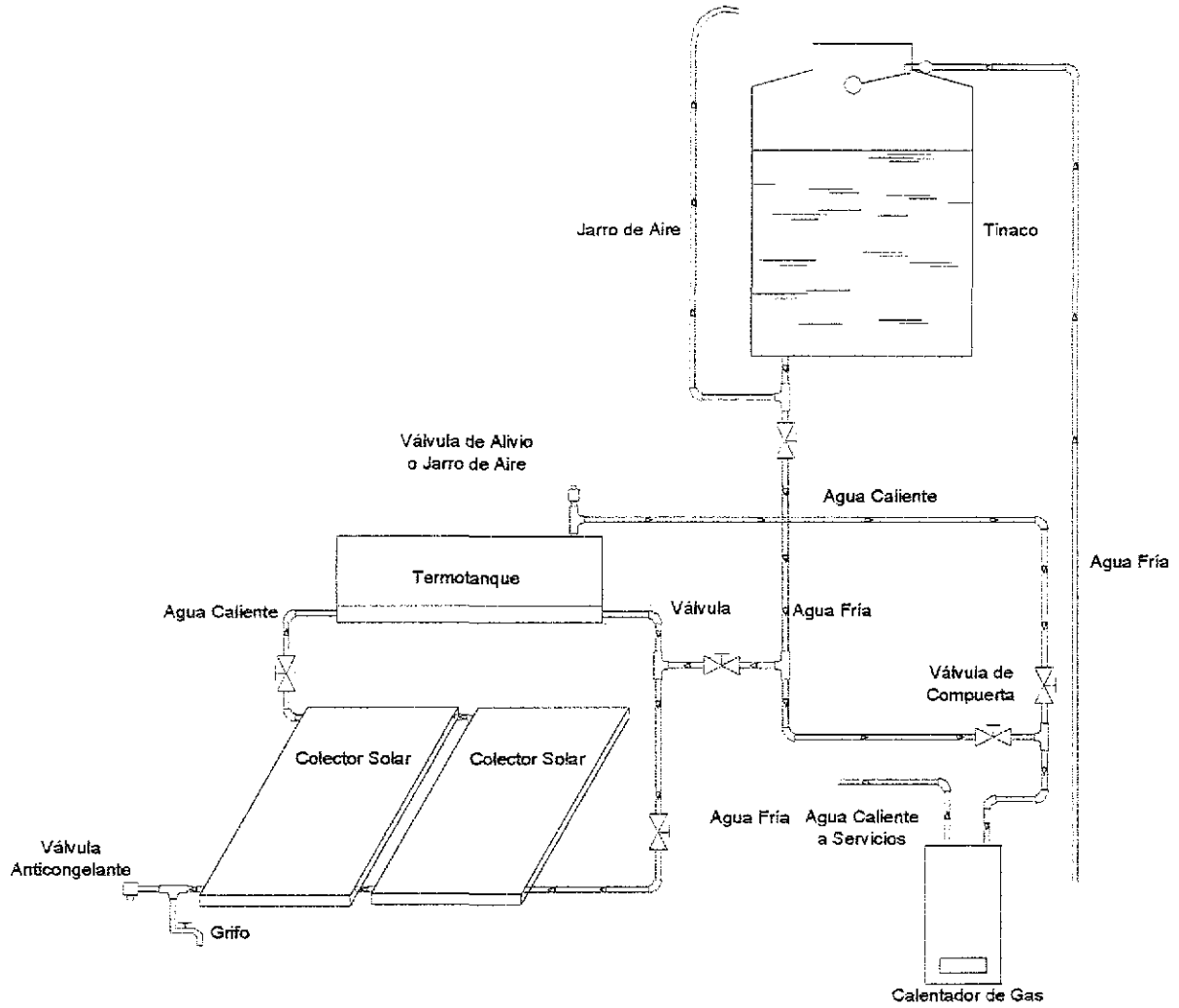


Diagrama 11.- Funcionamiento del calentador solar de agua



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

#### 4.4 CAPTACIÓN, FILTRACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.

Con el sistema de captación, filtración y almacenamiento de agua de lluvia propuesto para la CE, se lograrían enormes reducciones económicas (ahorros); el agua existente sería de mejor calidad; y en tiempos de escasez de agua por red, se sustituirían dichas necesidades con el agua almacenada.

El funcionamiento del sistema de captación es el siguiente: el principal captador (azotea) vierte el agua a canaletas que a su vez conduce a la tubería de PVC para, posteriormente, almacenarse en la cisterna; de ésta se bombea al sistema de filtrado hasta llegar al tinaco, y una vez almacenada se distribuye por gravedad a la red de alimentación. La capacidad de almacenamiento de la cisterna debe ser suficiente para contar con agua los meses que no puede ser autosuficiente sólo con lluvia.

El mantenimiento se realiza cada 15 días mediante la operación de retrolavado, el cual se logra con un sistema de llaves, que facilita la limpieza de cada uno de los filtros. Este retrolavado hace circular el fluido en sentido inverso al flujo normal, haciendo que las partículas retenidas sean enviadas al desagüe.

#### Captación<sup>3</sup>

Para lograr captar el agua de lluvia en la CE es necesario contar con las siguientes instalaciones:

- Techo de material impermeable, con superficie lisa para evitar el acumulación de suciedad
- Cisterna, suficientemente grande, con buena impermeabilización, resistente y con acceso a limpieza semestral; bien tapada y a la sombra, para evitar algas o insectos.
- Dispositivos prácticos para la filtración y purificación del agua
- Sistema de extracción y uso del agua ya almacenada.

#### Cálculo de cisterna.

Para calcular el tamaño de la cisterna se debe considerar:

- El régimen pluviométrico de la región en milímetros anuales
- La superficie en metros cuadrados del techo que va a surtir a la cisterna.
- Considerar pérdidas por evaporación, filtración y lluvias ligeras del 20 % (Se puede captar el 80 % de agua).

Régimen pluviométrico R.P.: 863 mm.

Superficie del techo S: 128 m<sup>2</sup>

<sup>3</sup>Arias Chávez José, (1979) Sistemas de Captación y Almacenamiento de Agua, Cartillas de Ecotécnicas para la Vivienda Autosuficiente. Dirección General de Ecología Urbana de la Secretaría de Asentamiento Humanos y Obras Públicas.



Volumen del agua captada.

$$\text{Igual R.P.} \times 128 \text{ m}^2 \times 80 \% = 863 \times 128 \times 0.8 = 88,371 \text{ lts. ó } 88.37 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta que no toda el agua cae de una sola vez, sino durante varios meses y que se consume durante ese tiempo, bastará con una cisterna de  $45 \text{ m}^3$

Conociendo el volumen requerido ( $45 \text{ m}^3$ ), posteriormente se determina el área de la cisterna y la distancia por cada lado

$$\text{Área} = \text{Volumen (m}^3\text{)} / \text{Altura(m)} \quad \text{Área} = 45 \text{ m}^3 \div 2\text{m} = 22.5 \text{ m}^2 \quad \sqrt{22.5} = 4.74 \text{ m}$$

Esto arroja un resultado de 4.74 m por cada lado y 2 de altura

### Filtración.

Una vez captada y almacenada el agua pluvial se procede a bombear al área de filtración (diagrama 12) Esta área de filtración se ubicó en la planta alta (a un costado del tinaco) de la CE. Este sistema de filtración cuenta con:

Bomba sumergible marca SOLARJACK, modelo SCS 11-210, motor de 1 HP, 90 Volts CD

Controlador para bomba sumergible marca SOLARJACK, modelo PC8-120B.

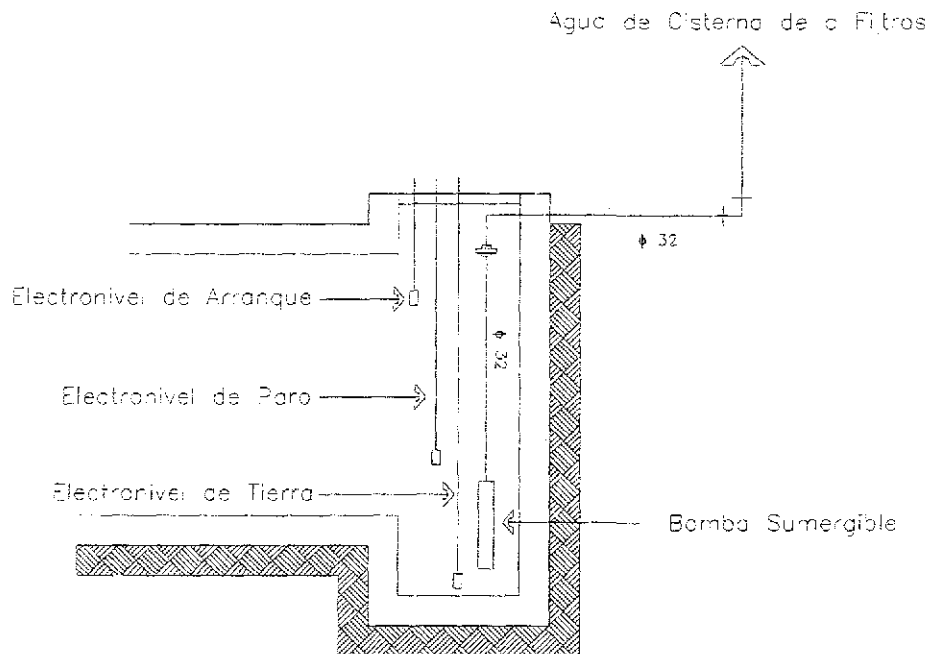
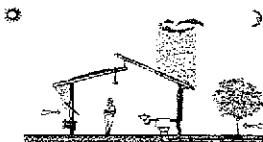


Diagrama 12.- Cisterna de agua pluvial



Además del sistema de bombeo se utilizará (diagrama 13) el siguiente equipo:  
 Filtro de lecho profundo marca AQUAPLUS, modelo LPFM-12  
 Filtro de carbón activado AQUAPLUS, modelo CAFM-14  
 Purificador de agua marca AQUA LIVE, modelo 3000, con prefiltro de 5 micras.

Con el equipo descrito será posible potabilizar el agua pluvial de la CE.

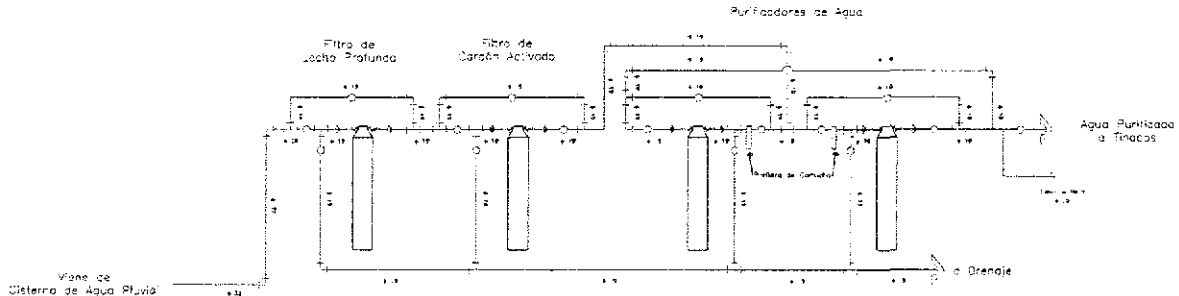


Diagrama 13.-Equipo para filtración de agua pluvial

#### 4.5 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AISLADOS

Otro de los aspectos importantes en la CE propuesta es el suministro energía eléctrica, para ello se empleará un sistema fotovoltaico aislado, el cual está compuesto por un conjunto de elementos, como son: arreglo fotovoltaico, batería, controlador de carga, inversor CD/CA, centro de carga, los cuales permiten obtener energía eléctrica, a partir de la energía solar. El elemento principal del sistema es el módulo fotovoltaico -o el conjunto de módulos conectados entre sí- que capta la energía del sol y la transforma en corriente directa<sup>4</sup>. Esta energía eléctrica producida por el sistema fotovoltaico será utilizada para la iluminación y la utilización de algunos aparatos electrodomésticos.

##### Módulos fotovoltaicos

Son sistemas que basan su funcionamiento en las propiedades de ciertos sólidos cristalinos, como las celdas de silicio mono y policristalino, que permiten suministrar una corriente eléctrica capaz de realizar trabajo útil cuando este material se expone a la luz solar, convirtiendo la luz del sol en electricidad. Este sistema requiere de poco mantenimiento, no tiene partes móviles y no contaminan al usarse.

##### Batería

La batería almacena la energía eléctrica generada por los módulos durante períodos de irradiación solar. Normalmente, las baterías se utilizan durante las noches o períodos nublados, y el intervalo de un periodo de carga y uno de descarga, recibe el nombre de ciclo. Idealmente, las baterías se recargan al 100 por ciento de su capacidad, durante el período de carga de cada ciclo. Si existe un controlador, las baterías no se descargarán totalmente durante el ciclo, y no corren peligro de sobrecargarse durante períodos de poco uso.

<sup>4</sup>[http://www.condumex.com.mx/sinergia/e-alternas/e\\_solar.htm](http://www.condumex.com.mx/sinergia/e-alternas/e_solar.htm)



### Controlador de Carga

Los controladores se incluyen en los sistemas fotovoltaicos para proteger a las baterías contra sobrecargas y descargas excesivas.

### Inversores

Los inversores son unidades acondicionadoras de potencia que se utilizan para alimentar cargas de artefactos eléctricos de corriente alterna (CA). Los inversores más comunes de sistemas fotovoltaicos aislados funcionan 12, 24 48 o 120 V de entrada en corriente directa (CD) y salida a 120 o 240 V en CA a 60 Hertz (Hz)

**Para poder dimensionar el arreglo fotovoltaico utilizado en la CE se requieren los siguientes datos:**

Carga eléctrica de la edificación  
Horas de insolación del lugar del proyecto  
Corriente a la carga del módulo  
Voltaje nominal de arreglo fotovoltaico  
Eficiencia del inversor.

### Cálculo para dimensionar el sistema fotovoltaico de la casa ecológica:

El cálculo para dimensionar el sistema fotovoltaico, se realiza de la siguiente manera: inicialmente, se necesita determinar la carga eléctrica total corregida, que se logra al dividir la carga eléctrica total entre la eficiencia del inversor, el resultado de esta operación debe expresarse en watt-hora.

$$CETC = \frac{CET}{EI}$$

Donde:

CETC= Carga eléctrica total corregida (watt-hora)  
CET= Carga eléctrica total (watt-hora)  
EI= Eficiencia del Inversor (%).

Posteriormente, habrá que determinarse la demanda de energía eléctrica, para ello se divide la carga eléctrica total corregida entre el voltaje nominal del arreglo fotovoltaico. El resultado se expresa en amperes-hora.

$$DEE = \frac{CETC}{VNAF}$$

Donde:

DEE= Demanda de energía eléctrica (amp-hora)  
CETC= Carga eléctrica total corregida (watt-hora)  
VNAF= Voltaje nominal del arreglo fotovoltaico (volts).



Se proseguirá a establecer la energía eléctrica generada por cada módulo, al multiplicar la corriente a la carga del módulo por las horas- pico de insolación del lugar del proyecto

$$EEGM = CCM \times HPI$$

Donde:

EEGM= Energía eléctrica generada por cada módulo (amp-hora)  
 CCM= Corriente a la carga del módulo (amp)  
 HPI= Horas pico de insolación (hr).

Para establecer el número de módulos fotovoltaicos necesarios para el arreglo, se procede a dividir la demanda de energía eléctrica entre la energía eléctrica generada por módulo

$$NMF = \frac{DEE}{EEGM}$$

Donde:

NMF= Número de módulos fotovoltaicos  
 DEE= Demanda de energía eléctrica (amp-hora)  
 EEGM= Energía eléctrica generada por módulo (amp-hora).

En lo que se refiere al cálculo del banco de baterías, se recomienda instalar una batería de 110 amp-hr por cada 60 watts, de potencia nominal de módulo.

Un elemento importante del sistema fotovoltaico es el controlador de carga, para determinar la capacidad de este aparato debe multiplicarse la corriente de la carga del módulo fotovoltaico por el número de módulos resultantes de nuestro arreglo fotovoltaico.

$$CCC = CCM \times NMF$$

Donde:

CCC= Capacidad del controlador de carga (amp)  
 CCM= Corriente a la carga del módulo  $I_{MP}$  (amp)  
 NMF= Número de módulos fotovoltaicos.

Los datos para dimensionar el equipo fotovoltaico propuesto en la casa ecológica, se muestran a continuación:

Carga eléctrica de la edificación =	1880 watt-hora
Horas de insolación del lugar del proyecto =	4.3 horas-pico Morelia, Michoacán.
Corriente a la carga del módulo $I_{MP}$ =	7.10 amp (Kyocera KC-120)
Voltaje nominal de arreglo fotovoltaico =	12.5 V
Eficiencia del Inversor =	0.85

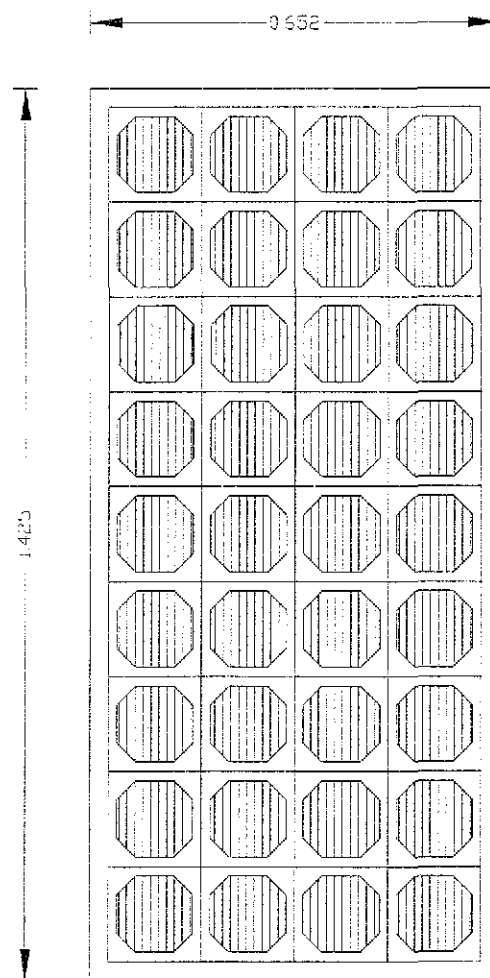




El sistema fotovoltaico planteado para la vivienda ecológica consta de:

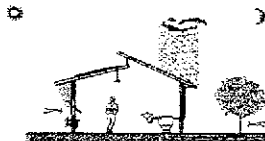
Requerimiento	Marca	Área
6 módulos KC120 (diagrama 14)	Kyocera	5.57 m <sup>2</sup>
12 Baterías (220 amp-hora, 6 volts CD)	Trojan	
1 controlador de carga (50 amperes)		
1 inversor CD/CA		
Cable y accesorios		

Con la utilización del sistema fotovoltaico sugerido (diagrama 15), se hace posible proporcionar energía eléctrica para la iluminación de la vivienda (focos fluorescentes), la utilización de algunos aparatos eléctricos como T.V., video caseteras, licuadora (400 w máximo), radio grabadoras portátiles, mini componente, reloj, etcétera.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Diagrama 14.- Módulo fotovoltaico Policristalino Mod. KC120-1



6 Módulos Kyocera modelo KC120-1

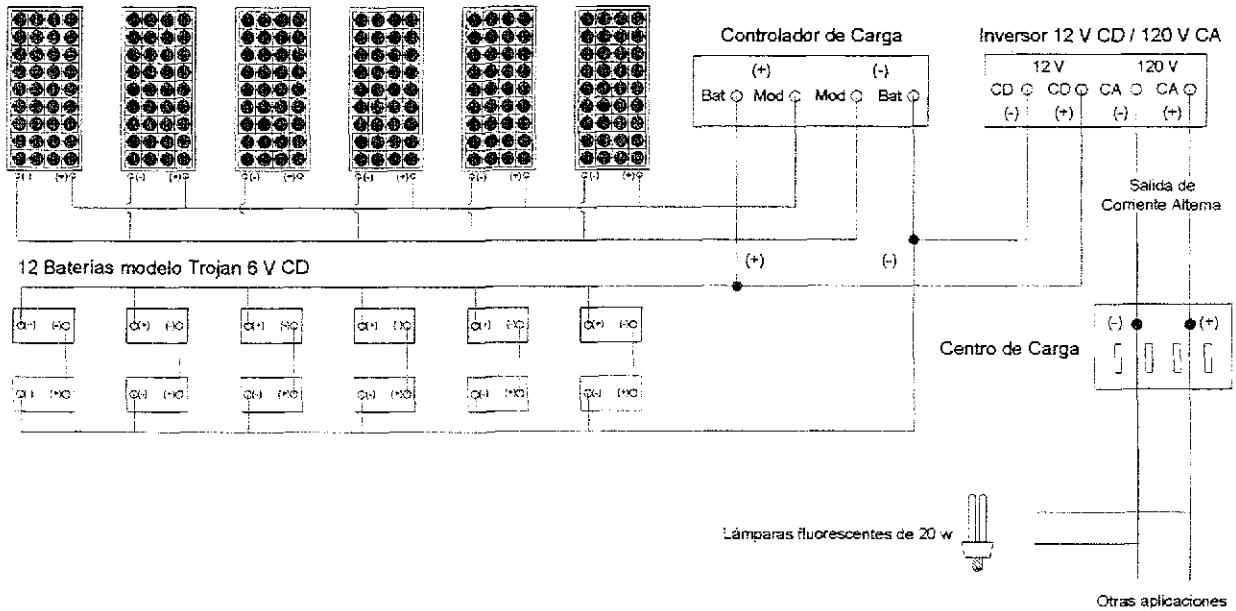


Diagrama 15.-Arreglo fotovoltaico propuesto para la casa ecológico

#### 4.6 LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA

En la actualidad, la iluminación, la refrigeración y el uso del televisor, consumen el 75% de la energía en el hogar. debido a lo anterior se proponen lámparas ahorradoras de energía (diagrama 16). Este tipo de lámparas se promueven por medio del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Por ejemplo: un foco de 40 w equivale a una lámpara ahorradora de 9 w



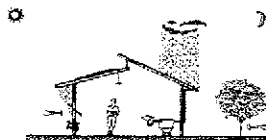
	40 w = 9 w	
	60 w = 13 w	
	75 w = 22 w	
	100 w = 23 w	

Diagrama 16.- Lámparas Ahorradoras de Energía

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



### Ventajas de los Focos Ahorradores de Energía

Ahorro de un 75 % de energía eléctrica

Duran 10 veces más que un foco normal (lámpara fluorescente 10,000 hrs – foco incandescente 1000 hrs.)

Generan menos calor.

### 4.7 REFRIGERADOR SOLAR

El refrigerador solar propuesto para la vivienda ecológica (cocina) es marca SOLUS, este aparato electrodoméstico proporciona varios años de refrigeración, sin la utilización de la red de energía eléctrica (diagrama 17). Está diseñado para uso inmediato en cuanto se conecta, eliminando la utilización de baterías y controladores de carga.

Cuando el tiempo está nublado, un almacén térmico interno mantiene los productos fríos hasta por 7 días, incluso en climas tropicales. El gabinete de 100 litros de volumen utiliza un compresor ultra-silencioso y un ventilador, los cuales permiten su funcionamiento casi silencioso; unas luces en la parte de delantera indican el nivel de reservas térmicas

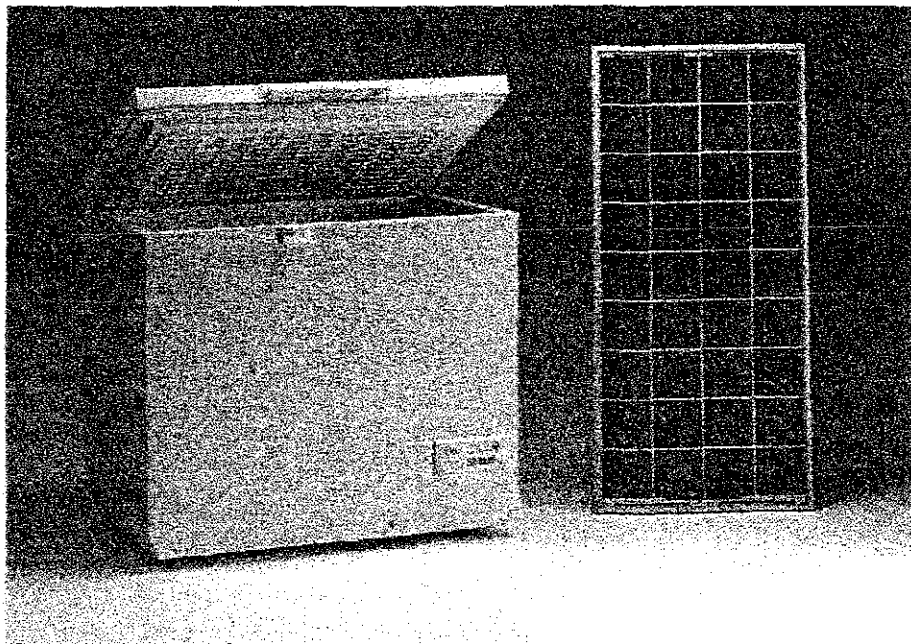
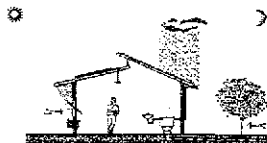


Diagrama 17.- Refrigerador Solar SOLUS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Especificaciones

Dimensiones Externas	94 largo x 70 ancho y 88 alto cm.
Requisitos de Potencia	90 a 120 vatios (potencia de Régimen de Panel)
Requisitos de Tensión	12 VDC (Tensión Nominal de Panel)
Reserva Térmica de 7 Días	Promedio de 29 °C Temperatura Día/Noche
Tiempo Mínimo de Funcionamiento	20 Horas por Semana Ambiente 24 °C
Insolación Solar Mínima	4 Horas de Sol por Día (Promedio Mensual)
Aislamiento	11 cm de Poliuretano

### 4.8 DESTILADOR SOLAR DE AGUA

Necesidad fundamental en una vivienda es el agua potable. Para poder producir este vital líquido, se propone la utilización del destilador solar, el cual consiste en un depósito o recipiente de agua, cubierto por vidrio o plástico, que es orientado al sol (sur geográfico) para aprovechar el denominado efecto invernadero, en el cual el agua es calentada hasta el punto de evaporación. Para su colección, el vapor de agua purificado se eleva y se condensa en la superficie del cristal. Mediante este proceso, se remueven impurezas tales como sales y metales pesados, y a la vez, se destruyen los microorganismos. Como producto final se obtiene agua más limpia que el agua de lluvia. El destilador propuesto (diagrama 18) para esta casa ecológica, tiene una área de 1.77 m<sup>2</sup>, su peso es de 27.2 Kg. y produce una cantidad de agua de 10.4 litros/día.

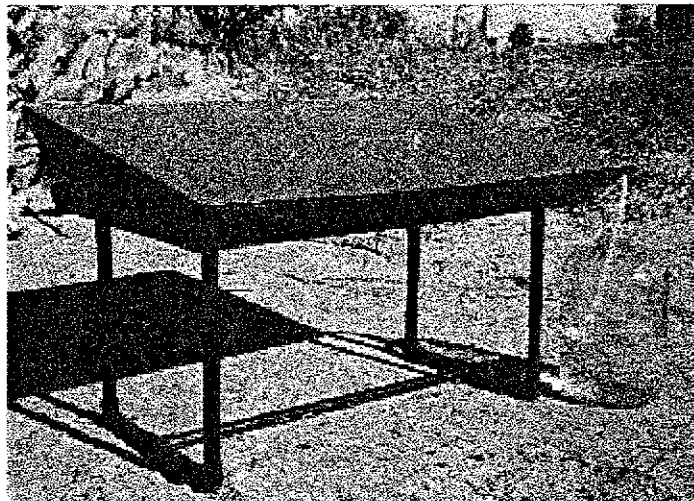
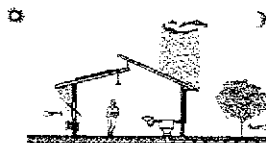


Diagrama 18.- Destilador solar de Agua



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.9 SECADOR SOLAR DE ROPA

Uno de los aparatos electrodomésticos que consumen mayor energía, tanto de gas L.P. como de energía eléctrica, es la secadora de ropa, razón por la que se propone el secador solar de ropa (diagrama 19), el cual consiste en un espacio de 3 x 3 m, aproximadamente, localizado en la parte superior de la casa ecológica (azotea) y cercano al área de lavado (de preferencia), en el que se puede tender la ropa para secarla después del lavado. Este secador deberá estar orientado al sur, de tal forma que los rayos del sol incidan sobre él la mayor parte del día (hemisferio norte). Además de secar la ropa este espacio puede funcionar para climatizar la vivienda (calefacción).

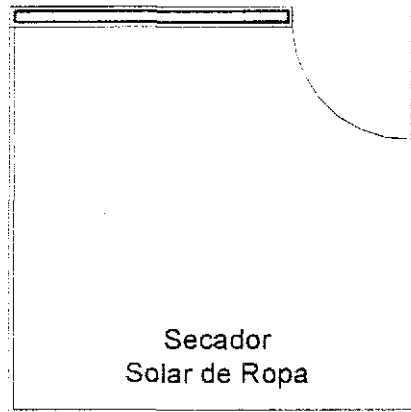
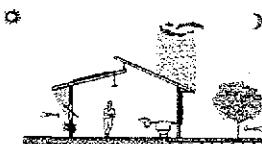


Diagrama 19.- Secador Solar de Ropa

#### 4.10 COMPOSTA

La composta se obtiene mediante el proceso de la descomposición del material orgánico, por el cual la materia, tanto vegetal como animal, se transforma en el mejor abono orgánico, que necesita la tierra para seguir proporcionando vida. En nuestras casas, la materia orgánica se tira al basurero, mezclándose con otros desperdicios que, a su vez, posteriormente van a dar a un tiradero, produciendo así contaminación.

Esta materia orgánica corresponde al 40 % de los desperdicios que se producen en casa, los cuales al hacer composta, se evita que sean arrojados a un tiradero y la materia de desecho entre en contacto con las aguas del subsuelo y la contamine.



ES CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO 5

# COSTO-BENEFICIO DE LA ARQUITECTURA ECOLÓGICA



En este capítulo se realiza un análisis costo-beneficio sobre la aplicación de tecnologías limpias en la arquitectura; para comenzar se efectúa un análisis de mercado, el cual indica cómo elegir un predio; además se realiza un análisis de producto (casa ecológica); y se explican los métodos de evaluación de proyectos, como son el V.P.N. y P.R.I.

Posteriormente, se establece un análisis costo-beneficio de los sistemas ecotécnicos utilizados en el proyecto de la casa ecológica (planta de tratamiento de agua, lámparas ahorradoras de energía y calentador solar de agua). Para realizar este análisis se tomaron en cuenta los integrantes (5 miembros) que habitarán dicha vivienda; se describe el procedimiento para evaluar el costo-beneficio del ahorro de energía en el diseño bioclimático; y, conjuntamente, se plasma un análisis de los beneficios ambientales que éstos representan.

Uno de los aspectos más importantes del estudio de un proyecto es determinar su factibilidad económica, para lo cual es necesario tomar en consideración lo siguiente:

### 5.1 ANÁLISIS DE MERCADO

El mercado meta nos sirve para conocer a quién va dirigida la venta de la casa ecológica<sup>1</sup>. Por ejemplo, si se hace una clasificación de los estratos sociales con respecto a las dimensiones del predio donde éstos pueden habitar, se encuentran las siguientes diferencias:

Tipo de Lote <sup>2</sup>	Frente	Área
Interés Social	7 metros	120 m <sup>2</sup>
Residencial Medio	10 metros	200 a 450 m <sup>2</sup>
Residencial de Lujo	15 metros	Más de 450 m <sup>2</sup>

Debido a que los sistemas ecotécnicos requieren de un espacio mínimo para su funcionamiento y de una inversión determinada, la población con un nivel socioeconómico medio y alto pudiera ser considerada como candidata ideal para el desarrollo de un proyecto ecológico.

Otro aspecto importante que debe considerarse es el nivel sociocultural, debido a que las personas interesadas por una vivienda ecológica deben tener:

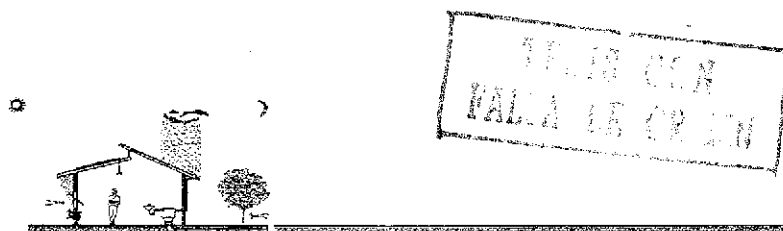
**Cultura ambiental:** hábitos de interés por cuidar el medio ambiente natural.

**Cultura del ahorro:** hábitos de ahorro de agua, energía eléctrica, gas, etc.

**Cultura académica:** grado de preparación con estudios mínimos de nivel medio superior y recursos económicos necesarios para la adquisición de una vivienda de este tipo

<sup>1</sup>Fuentes Zenón Arturo (1998), "Las Armas del Estratega"

<sup>2</sup>Bazant S. Jan, (1991), "Manual de Criterios de Diseño Urbano", Editorial Trillas, México, D.F.



### 5.2 ANÁLISIS DEL PRODUCTO<sup>3</sup>

**Descripción:** explicación de cómo es la vivienda ecológica.

**Rendimiento:** muestra lo que se puede esperar de la vivienda.

**Ventajas y desventajas:** razones de la conveniencia de su uso, a partir de la experiencia, y con la mayor objetividad.

**Costo:** este dato se utiliza con el fin de tener una referencia y poderla comparar con otros sistemas de vivienda tradicional.

**Observaciones:** consideraciones que pueden ser de gran importancia para la elección de la vivienda ecológica.

**Datos complementarios y material gráfico:** detalles que dan una idea más amplia del diseño ecotécnico y bioclimático utilizado en la vivienda, en los cuales se incluyen diagramas, tablas e ilustraciones, que también sirven de base para plantear su utilización.

### 5.3 CRITERIOS DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

El análisis costo-beneficio (ACB) permite determinar los costos y beneficios de un proyecto de inversión; una forma de evaluar el ACB consiste en utilizar el análisis financiero.

En los métodos de evaluación de proyectos, el análisis financiero es una herramienta utilizada para la planeación, y sirve para decidir si entra o no un proyecto, por medio de métodos de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, (VPN, TIR, PRI)<sup>4</sup>.

En este estudio se utiliza el método del Valor Presente Neto (VPN) y el período de recuperación de la inversión (PRI); y no se considera el TIR (tasa de descuento que hace que el VPN sea igual a cero). El VPN determina la diferencia de ingresos y egresos (ahorros) de un proyecto de inversión, teniendo en cuenta su expresión en moneda actual. Si dicho valor es igual o mayor que cero, entonces el proyecto es recomendable<sup>5</sup>. El cálculo del VPN se realiza mediante la siguiente expresión.

$$VPN = (-Inv) + \left[ \frac{A_1}{(1+i)^1} + \frac{A_2}{(1+i)^2} + \frac{A_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{A_n}{(1+i)^n} \right]$$

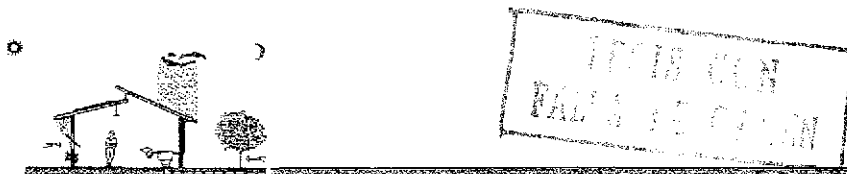
Donde

i Tasa de descuento  
 Inv Inversión inicial  
 A Ahorro anual

<sup>3</sup>Vélez González Roberto (1992), La Ecología en el Diseño Arquitectónico, Trillas, México, D.F.

<sup>4</sup>Ejercicio Académico Práctico de Análisis Financiero para Proyectos de Inversión en Infraestructura (1998), Facultad de Ingeniería, UNAM.

<sup>5</sup>Morillón Gálvez David, López P. J. Manuel A, Rodríguez V. Luis, (1999), "Análisis Comparativo de Costos de Construcción entre un diseño Convencional y un Diseño Bioclimático", Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, pp. 96-100





El Período de Recuperación de la Inversión (PRI) se define como el tiempo necesario para que los beneficios netos del proyecto amorticen el capital invertido, es decir, el tiempo de recuperación de la inversión. Para poderlo calcular se requiere del siguiente fórmula<sup>6</sup>:

$$PRI = N - 1 + ABS \left[ \frac{(FA)_{n-1}}{(F)_n} \right]$$

Donde.

FA Flujo descontado Acumulado  
 F(n) Flujo descontado al año 0  
 ABS Valores absolutos.

Con los anteriores métodos se hace una evaluación de los proyectos de inversión y se establecen parámetros financieros para la toma de decisiones.

#### 5.4 COSTO-BENEFICIO DE SISTEMAS ECOTÉCNICOS Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EMPLEADOS EN LA CASA ECOLÓGICA.

##### LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA

A continuación se realiza el estudio financiero de la utilización de 17 lámparas ahorradoras de energía empleadas en la casa ecológica, en el que se analizan los consumos del foco tradicional y los focos ahorradores de energía.

##### Consumo anual de energía en Kw/hr, (Foco Incandescente)

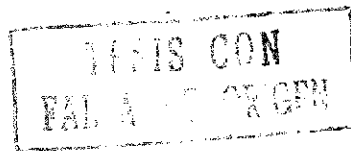
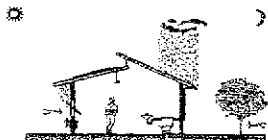
Foco Incandescente	Uso/ día	Número de lámparas	Consumo día	Consumo mes	Consumo año
100 w	3 hrs/día	17	5.1 kW/hr	153 kW/hr	1836 kW/hr

##### Consumo anual de energía en Kw/hr, (Foco Fluorescente)

Foco Fluorescente	Uso día	Número de lámparas	Consumo día	Consumo mes	Consumo año
23 w	3 hrs/día	17	1.173 kW/hr	35.19 kW/hr	422.28 kW/hr

Nota: El presente estudio se elaboró para el mes de mayo del 2000, por lo cual se consideraron las tarifas y precios del mes mencionado

<sup>6</sup>Ejercicio Académico Práctico de Análisis Financiero para Proyectos de Inversión en Infraestructura (1998), Facultad de Ingeniería, UNAM



Al haber analizado los consumos, se requiere conocer el ahorro anual en Kw/hr, esto se logra al multiplicar los ahorros en kW/hr por el precio de la tarifa.

Ahorro anual en kW/hr	Tarifa 1\$ / kW-hr	Ahorro anual en \$
1413.72	0.479	677.17

Una vez obtenidos los ahorros anuales, se procede a realizar la evaluación financiera. El resultado de este estudio arroja un VPN de 693, lo que significa que la inversión del foco es totalmente rentable (ver anexo); y que el tiempo de recuperación de la inversión es de 4.08 años, lo que significa que durante 5.1 años se obtendrían ganancias por la utilización de los focos ahorradores (ver anexo a y b).

#### Duración de los focos

Foco Incandescente	Uso día	Uso mes	Uso año	Duración del Foco en hrs	Duración del Foco en años
100 w	3 hrs/día	90 hrs/mes	1080 hrs/año	1000 hrs	0.92 años

Foco Fluorescente	Uso día	Uso mes	Uso año	Duración del Foco en hrs	Duración del Foco en años
23 w	3 hrs/día	90 hrs/mes	1080 hrs/año	10000 hrs	9.2 años

Nota: El presente estudio se elaboró para el mes de mayo del año 2000, por lo cual se consideraron las tarifas y precios del mes mencionado.

#### CALENTADOR SOLAR DE AGUA

Por otra parte, se desarrolla el estudio de factibilidad económica sobre la utilización del calentador solar de agua propuesto para la vivienda ecológica contra el calentador de agua convencional, para realizar este análisis se determina el ahorro anual de gas L.P. Este análisis se realiza para una familia de 5 miembros.

#### Ahorros de gas L.P.:

Concepto	Unidad	Ahorro/día Litros <sup>7</sup>	Ahorro/mes litros	Ahorro/año litros
Gas L.P.	litros	1.973	59.19	720.1

<sup>7</sup>Martínez Strevel Rodolfo, (2000), Bufete de Tecnología Solar, S.A., Rosal 180 (antes 19 bis), San Pedro Mártir, Tlalpan, C.P. 14650, Telefax: 55134297, correo electrónico: strevel@data.net.mx.



Después de conocer los ahorros anuales en litros, se multiplican por el valor de gas L.P. para obtener el ahorro en pesos por año.

Concepto	Precio del Gas L.P.	Ahorro/día \$	Ahorro/mes \$	Ahorro/año \$
Gas L.P.	2.61	5.1	154.5	1879.6

Teniendo en cuenta los ahorros por cada año de gas L.P., se realiza el estudio financiero (calentador de solar de agua), que arroja como resultado positivo el valor presente neto (estudio a 8 años), lo cual significa que el equipo ecotécnico es totalmente rentable y que el tiempo de recuperación de la inversión (PRI) es de 7.16 años (ver anexo c y d).

En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para la evaluación de este proyecto.

Tasa de descuento $i$	Ahorro anual	Inversión Calentador Solar de Agua
0.12%	\$ 1879.6	\$ 8,700

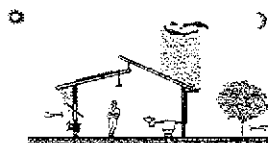
### PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Posteriormente, se realiza el análisis de factibilidad económica de una planta de tratamiento sugerida para la casa ecológica. A efecto de determinar los ahorros de agua, se considera el consumo de agua por persona al día.

La siguiente tabla muestra los resultados del análisis del consumo de litros diarios por persona.

Mueble	Promedio lts/hab/día
Consumo para beber	2
Inodoro	24
Lavabo	10
Regadera	50
Lavadora	15
Fregadero de cocina	20
Aseo de la vivienda	30
Riego de jardín	30
Lavado de auto	5
Total	186

A continuación se determina el consumo anual de agua (en  $M^3$ ) para una familia de 5 integrantes; esto se logra de la siguiente manera:



Concepto	Unidad	Consumo persona/día	No de personas	Consumo día	Consumo mes	Consumo año
Agua Potable	M <sup>3</sup>	0.2	5	1	30	360

Una vez calculado el consumo anual, se divide entre la capacidad de la pipa de agua (10 M<sup>3</sup>). El resultado (número de pipas por año) se multiplica por el precio de la pipa, que arroja el ahorro anual.

Consumo de agua año/vivienda	Capacidad de la pipa en litros	No de pipas por año	Precio por pipa \$	Ahorro anual \$
360000 litros	10000	36	230	8280

Después de haber obtenido el ahorro anual, se procede a utilizar la fórmula del Valor Presente Neto (VPN), para conocer la factibilidad de la inversión de la planta de tratamiento. El resultado de este análisis es de 1847, lo que indica que el proyecto es rentable en un período de 20 años (ver anexo e y f). Aquí se presentan los datos para realizar el cálculo:

Tasa de descuento i	Ahorro anual	Inversión Planta de tratamiento
0.12%	\$ 8280	\$ 60,000

Se prosigue a la deducción del período de recuperación de la inversión. El resultado de este trabajo indica que la planta de tratamiento requiere de 17.9 años para recuperar su inversión

### COSTO-BENEFICIO DEL DISEÑO BIOCLIMÁTICO.

A continuación se determina el ahorro que origina el uso del diseño bioclimático y así evitar el uso del aire acondicionado, este análisis económico del consumo de energía de la casa ecológica se inicia determinando la carga térmica de la edificación en Kw térmicos, de acuerdo al valor más alto registrado durante el día de máxima temperatura (mes de mayo a las 13:00 hrs).

El valor arrojado en el cálculo térmico de la casa ecológica (sala y comedor) fue de 1.565 kW térmicos, lo que equivale a 0.445 toneladas de refrigeración (carga térmica a enfriar).

Posteriormente se establece cuánta energía eléctrica se demanda para poder enfriar 0.445 toneladas de refrigeración, esto se logra al dividir la carga térmica de la edificación (1.565 kW térmicos) entre la multiplicación de la eficiencia de la máquina (0.4) por el coeficiente de diseño teórico típico (6):

$$\text{Pot} = \frac{1.565}{0.4 \times 6} = 0.652 \text{ kW eléctricos}$$



De esta operación resulta el ahorro que se tendría al evitar enfriar 0.445 toneladas de refrigeración (Ahorro 0.652 kW eléctricos)

Si el ahorro que se tiene (0.652 KW eléctricos) se multiplica por 4 meses (durante una hora por día) se tiene una conservación de 78.24 kW-hora. Si este valor es multiplicado por una tarifa promedio de \$ 0.942 (pesos) se obtiene un ahorro de \$ 73.7 pesos

Concepto	Ahorro de Electricidad Una hora por Día Considerando 0.445 Toneladas de Refrigeración	Ahorro de Electricidad Una hora por Día Durante 4 meses Considerando 0.445 Toneladas de Refrigeración	Precio Promedio por KW-hr Tarifa 1 (mayo 2000)	Ahorro en Pesos \$ Durante 4 meses (una hora por día) Considerando 0.445 Toneladas de Refrigeración
Diseño Bioclimático	0.652 kW-hr	78.24 kW-hr	0.942 pesos	\$ 73.7

Lo anterior contribuye a comparar la utilización del DB con el empleo de los sistemas tradicionales de construcción y evitar, así, el uso de sistemas convencionales de climatización (ver detalles del Diseño Bioclimático).

Es importante aclarar que el proyecto de la casa ecológica se localiza en un clima templado (clima no extremo), en el cual el uso del aire acondicionado resulta innecesario (analizar el diagrama de isorequerimientos).

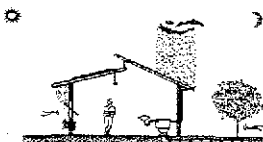
Finalmente es significativo mencionar, que el costo de la energía eléctrica es variable (tarifa 1, 1A, 1B, 1D, Y 1E), dependiendo de la zona en donde se localice el proyecto (por ejemplo, la ciudad de Morelia se encuentra dentro de la zona 1). Se debe considerar, además, el cargo por energía consumida, en sus tres tipos. el primero se cobra por los primeros 75 kW-hr consumidos, el segundo costo va de los 76 a 200 kW-hr y, por último, de los 201 kW-hr en adelante se tiene otra cuota.

### 5.5 BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA ARQUITECTURA ECOLÓGICA,

Es importante mencionar los beneficios que ofrece el ahorro de gas L.P., energía eléctrica y agua, debido a que cuando se malgastan dichos elementos, se provoca un gran deterioro ambiental, en ciertos casos, irreversibles.

Al utilizarse el diseño bioclimático y sistemas ecotécnicos, se contribuye a disminuir el impacto ambiental y a conservar el medio ambiente.

Se señalan aquí los contaminantes que dejan de emitirse a la atmósfera por cada litro de gas L.P., kW-Hora y litro-agua ahorrado por el consumidor final.



Concepto	Unidad de Consumo	Emisiones
Gas L.P. <sup>10</sup>	Litro	2.02 kg de CO <sub>2</sub> (Bióxido de Carbono) 2.78 gramos de NO <sub>x</sub> (Oxido de Nitrógeno) 0.591 gramos de CO (Monóxido de Carbono) 0.066 gramos de CH <sub>4</sub> (Metano) 9.72 gramos de fugas de gas L.P. durante el suministro
Electricidad <sup>11</sup>	KW-hr	681 gramos de CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono) 5.8 gramos de SO <sub>2</sub> (dióxido de azufre) 2.5 gramos de NO <sub>x</sub> (óxido de nitrógeno) 0.35 gramos de polvo y partículas suspendidas. 3.6 m <sup>3</sup> de agua
Agua <sup>12</sup>	litro	0.0022 kW-hr

En la siguiente tabla se apuntan las emisiones contaminantes evitadas por el ahorro de gas L.P. (calentador solar), agua (planta de tratamiento) y la energía eléctrica (focos ahorradores y el diseño bioclimático).

Concepto	Ahorro Anual	Emisión Anual Evitada
Calentador Solar (Gas L.P.)	720.1 litros de gas L.P.	0.739 toneladas de CO <sub>2</sub> (bióxido de Carbono) 1.015 Kg de NO <sub>x</sub> (óxido de Nitrógeno) 216 gramos de CO (monóxido de Carbono) 24 gramos de CH <sub>4</sub> (metano) 3.548 Kg de fugas de gas L.P. durante el suministro.
Planta de tratamiento (Agua Potable)	36,000 litros de agua = 79.2 kW-hr / año	53.93 kg de CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono) 0.459 kg de SO <sub>2</sub> (dióxido de azufre) 0.198 kg de No <sub>x</sub> (óxido de nitrógeno) 28 gramos de polvo y partículas suspendidas 285.12 m <sup>3</sup> de agua.

<sup>10</sup>Martínez Strelvel Rodolfo, (2000), Bufete de Tecnología Solar, S.A., Rosal 180 (antes 19 bis), San Pedro Mártir, Tlalpan, C.P. 14650, Telefax: 55134297, correo electrónico: strevel@data.net.mx.

<sup>11</sup>García Chávez José Roberto, Fuentes Freixanet Víctor, (2000), Arquitectura y Medio Ambiente en la Ciudad de México, U.A.M., Azcapotzalco, México.

<sup>12</sup>Yeang Ken, (1999), Proyectar con la Naturaleza, Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.



Focos Ahorradores	1413 KW-hr / año	962.25 kg de CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono) 8.19 kg de SO <sub>2</sub> (dióxido de azufre) 3.53 kg de Nox (óxido de nitrógeno) 0.49 gramos de polvo y partículas suspendidas 5086.8 m <sup>3</sup> de agua.
Diseño Bioclimático (0.445 Toneladas de refrigeración)	78.24 kW-hr / año	53.28 kg de CO <sub>2</sub> (bióxido de carbono) 0.453 kg de SO <sub>2</sub> (dióxido de azufre) 0.195 kg de Nox (óxido de nitrógeno) 27 gramos de polvo y partículas suspendidas. 281 m <sup>3</sup> de agua.

## AGUA

**Consecuencias inmediatas que se pueden lograr al reutilizar y tratar el agua a nivel doméstico:**

- Disminuir volúmenes de aguas residuales a ser tratadas.
- Reducir gran cantidad de contaminantes a las aguas residuales.
- Evitar la contaminación de ríos, lagos, lagunas y mares del país.

**Consecuencias inmediatas que se pueden lograr al ahorrar agua a nivel doméstico<sup>13</sup>:**

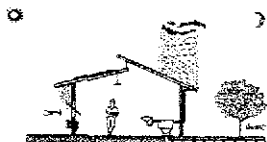
- Evitar el deterioro ecológico en cuencas acuíferas por la sustracción de aguas en pozos profundos.
- Aminorar costos de bombeo
- Disminuir los costos de inversión para la importación de agua procedente de otras cuencas.
- Reducir los costos de tratamiento y potabilización, al requerirse menos agua potable.
- Disminuir costos de tuberías en nuevas redes, al tener necesidad de menores diámetros por ser menores las exigencias de agua.
- Reducir costos de subsidio para el gobierno.

## ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS L.P.

**Ventajas que se pueden lograr al ahorrar energía eléctrica y gas L.P.**

- Ahorrar gastos económicos.
- Reducir emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) a la atmósfera.
- Disminuir el calentamiento global del planeta
- Disminuir la generación de lluvia ácida.
- Aminorar la desertificación.
- Disminuir la contaminación urbana.
- Reducir el deterioro de paisajes naturales.

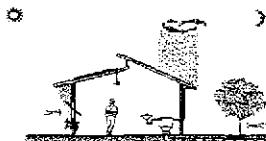
<sup>13</sup>Cevallos H., et al, (1984) "Recomendaciones Generales para Procurar la Reducción de Agua en la Vivienda", Plea 84, Ponencias y Monografías presentadas en el Seminario sobre Ecotécnicas Aplicadas a la Vivienda.



ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

Es importante mencionar que la utilización del diseño bioclimático constituye una herramienta indispensable para el ahorro de energía (bajo consumo de energía de los sistemas tradicionales de climatización), y un medio adecuado para contribuir a la disminución del impacto ambiental.

Asimismo, los sistemas ecotécnicos son factibles económicamente, debido a que en la actualidad se cuenta con la tecnología suficiente y al alcance cualquier diseñador. Únicamente se requiere cierto desembolso inicial, un espacio mínimo para su funcionamiento y la cultura del ahorro por parte de los integrantes de la vivienda ecológica, que tengan interés por convivir con una tecnología que esta a la vanguardia de las demás opciones de diseño, además de contribuir significativamente en la reducción de emisiones contaminantes.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CONCLUSIONES



En el inicio del tercer milenio, México se encuentra en una postura muy difícil, debido a la calidad de vida de la población. Por una parte, el país se ve afectado por el problema de la contaminación ambiental, provocado aún por la carencia de una cultura de protección al ambiente, y por otra parte, el aumento del precio en los energéticos orilla a la búsqueda de otras fuentes de energía para satisfacer las necesidades a las que están acostumbrados sus habitantes.

Es conocido que la arquitectura contempla varios campos de conocimiento: estructuras, costos, ingeniería financiera, instalaciones, diseño, entre otros; por consiguiente, es de suma importancia proponer una metodología de diseño que ayude a la planeación, diseño, construcción y mantenimiento de una arquitectura que contribuya a diseñar, sin dañar el medio ambiente.

Es urgente y se está a tiempo de cambiar la forma actual de diseñar las edificaciones en nuestro país, ya que la afanosa importación de diseños arquitectónicos, convertidos en modas –proyectos, materiales de construcción, etcétera–, arroja como resultado, pésimos diseños desde el punto de vista energético-ambiental. Es necesario apuntar que, el hecho de que algunos de esos diseños de edificaciones fueron creados para climas totalmente diferentes a los nuestros, hace que la edificación pretendida carezca de correspondencia con el tipo de clima de su entorno.

El diseñar edificaciones ecológicas es de gran importancia, por la urgente y necesaria actitud de una arquitectura consciente y sensata, a más de eficiente, en la utilización de los recursos naturales y energéticos de las diferentes regiones de México.

Uno de los propósitos de esta tesis es el que pueda servir como una herramienta para desarrollar proyectos en diferentes tipos de climas, por la cual se empleen diferentes tipos de materiales constructivos, de acuerdo al lugar o la zona específica; se propongan las ecotécnicas adecuadas; se tomen en cuenta las condiciones culturales de sus habitantes (tipología de diseño); así como que los detalles y soluciones particulares sean afines a cada proyecto. Como es mencionado, esta metodología se ha logrado mediante la integración de dos áreas importantes de diseño: diseño de ecotécnicas (D.E) y diseño bioclimático (D.B.).

Se espera también que esta metodología sirva de apoyo a los diseñadores de edificaciones, en la planeación y diseño de un tipo de arquitectura que satisfaga las necesidades actuales del medio mexicano, en cuanto a calidad en el ambiente, energía, agua, entre otros, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras en la satisfacción de las propias.

Otro renglón de suma significación es el haber evaluado la metodología mediante el proyecto de una casa ecológica. En este apartado se logró plasmar, paso a paso, el proceso de diseño para conformar la vivienda, tanto en su diseño bioclimático como en el de sus ecotécnicas.

Valorar el aspecto económico-ambiental de la arquitectura ecológica es de idéntica relevancia, debido al ahorro significativo que se logra con el D.E., esto es por medio del calentador solar, la planta de tratamiento y las lámparas ahorradores de energía. Se pudo valorar que con el uso del D.B. se ahorrarían 0.652 Kw eléctricos al evitar el enfriamiento



equivalente a media tonelada de refrigeración. Por otra parte, si se toma en cuenta el beneficio ambiental que provoca el D.B., se pudo advertir que si evita el uso del aire acondicionado durante una hora –considerando 0.445 toneladas de refrigeración– se puede impedir, aproximadamente, la contaminación que provoca aproximadamente medio kilogramo de emisiones de bióxido de carbono, bióxido de azufre, y óxido de nitrógeno, entre otras.

De igual modo, el D.E. fue una pieza clave para el ahorro de energía. Por ejemplo, con el manejo del calentador solar se evitó el consumo de gas L.P.; con la utilización de celdas fotovoltaicas se eludió el consumo de la energía eléctrica, y con el uso de la planta de tratamiento de agua y de algunos dispositivos de ahorro fue posible prescindir del suministro de agua potable. Se pudo observar que, tanto el D.B. como el D.E., son factores primordiales para el ahorro energético en cualquier tipo de edificación y, por consiguiente, de gran trascendencia desde el punto de vista ambiental.

El uso de la metodología presentada, tiene la posibilidad de adquirir gran repercusión desde el punto de vista social, debido a las mejoras económicas de las que disfrutarían las familias, en especial las de escasos recursos económicos, ya que con la utilización del D.B. y de las ecotécnicas, es posible reducir considerablemente el consumo de gas L.P. o gas natural, de energía eléctrica y de agua potable, suprimiendo o disminuyendo con ello, los costos por esos consumos.

Para finalizar, es ineludible aclarar que aún queda mucho trabajo por realizar en cuanto a la investigación en este campo, por cuyo medio los diseñadores de edificaciones tomen, cada día, mayor interés por planear, diseñar, construir y/o promover un tipo de arquitectura que satisfaga las necesidades actuales y concretas de la población mexicana en su respectivo entorno, relativas a la calidad del ambiente, a la generación de energía, así como al cuidado, abastecimiento y uso del agua, y demás necesarias, sin que se comprometa la capacidad, el ingenio y la competencia de las generaciones futuras para satisfacer las propias de su tiempo y espacio.



## BIBLIOGRAFÍA



Aguirre Luna Oscar, Glosario de Términos Relacionados con el Comportamiento Térmico de la Vivienda, Centro de Investigación y Desarrollo, Universidad Mexicana del Noroeste.

Arias Chávez José, Sistemas de Captación y Almacenamiento de Agua, Cartillas de Ecotécnicas para la Vivienda Autosuficiente. Dirección General de Ecología Urbana de la Secretaría de Asentamiento Humanos y Obras Públicas

Balance Nacional de Energía 1999, Secretaria de Energía 1999. México 2000

Bazant S. Jan, (1991), "Manual de Criterios de Diseño Urbano", Editorial Trillas, México, D.F.

Buenrostro Massieu Javier, Buenrostro de la Cueva Arturo, Padilla Massieu Carlos, (1998), El mundo de la composta, Bio, México, D.F.

Buerba Franco Carmen y Arias Chávez José (1999), "Una Década Viviendo en una Casa Ecológica", Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, pp. 138-142.

Calvillo Unna Jorge (1999), La Casa Ecológica, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México, D.F.

Castellanos C., Aguirre J.L., R. Barnard (1984) "Análisis Económico de Agua y Energía usando Tecnologías no convencionales y Fuentes de Energía Alternativas, en México", Plea 84, Ponencias y Monografías Presentadas en el Seminario sobre Ecotécnicas Aplicadas a la Vivienda.

Cevallos H., et al, (1984) "Recomendaciones Generales para Procurar la Reducción de Agua en la Vivienda", Plea 84, Ponencias y Monografías Presentadas en el Seminario sobre Ecotécnicas Aplicadas a la Vivienda.

Díaz V. Mauricio, (2000), Sistemas de Acondicionamiento de Aire, Sistemas Electromecánicos Lice S.A. de C.V.

Ejercicio Académico Práctico de Análisis Financiero para Proyectos de Inversión en Infraestructura (1998), Facultad de Ingeniería, UNAM

Fuentes Freixanet Víctor A. (2000), Notas del Curso Especializado "Arquitectura Bioclimática", ISES Millennium Solar Forum 2000, México, D.F.

García Chávez José Roberto (1993), Enlace, Arquitectura & Diseño, CAM-SAM Enlace en la Industria de la Construcción, pp 60-65

García Chávez José Roberto (1999), "Potencial de Ahorro de Energía y Uso de Fuentes Alternativas en las Edificaciones, Perspectivas para el Próximo Milenio, Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, México D.F.



García Chávez José Roberto, Fuentes Freixanet Víctor, (2000), *Arquitectura y Medio Ambiente en la Ciudad de México*, U.A.M., Azcapotzalco, México.

García Enriqueta, (1988), *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), México, D.F.

Guía para el recorrido de la casa ecológica autosuficiente (1999), "El Manantial I.A.P.", Parque Ecológico Loreto y Peña Pobre, Ave San Fernando No 765 esq. Insurgentes Sur, Col. Peña Pobre, Tlalpan, C.P. 14060, México D.F.

Juez Roberto Martín (1984), *Repote Técnico de la Vivienda Autosuficiente con Aplicación de Ecotécnicas Casas Solares, Ajusco, México*, Plea 84, Ponencias y Monografías Presentadas en el Seminario Sobre Ecotécnicas Aplicadas a la Vivienda, México, D.F.

La Revista Solar (1986) Publicación de la Asociación Nacional de Energía Solar, Números 11-12, México, D.F.

López P. J. Manuel A, Morillón Gálvez David, Rodríguez V. Luis, (1999), *Costo Beneficio del Ahorro de Energía en los Diseños Bioclimáticos*", Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, México D.F.

Martínez Strevel Rodolfo, (2000), Bufete de Tecnología Solar, S.A., Rosal 180 (antes 19 bis), San Pedro Mártir, Tlalpan, C.P. 14650, Telefax: 55134297, correo electrónico: strevel@data.net.mx.

Morales Ramírez José Diego, (1989), *Climatización de Edificios en Clima Cálido*, tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Arquitectura Tecnología, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, U.N.A.M., México, D.F.

Morillón Gálvez David (1999), *Hacia una Arquitectura Sustentable: Adecuada al ambiente y de Máxima Eficiencia*", Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, ATPAE, México D.F.

Morillón Gálvez David, López P. J. Manuel A, Rodríguez V. Luis, (1999), *Análisis Comparativo de Costos de Construcción entre un diseño Convencional y un Diseño Bioclimático*", Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, pp. 95-100

Morillón Gálvez David (1999), *Diplomado en diseño Bioclimático*, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Cd. Juárez, Chihuahua.

Krivorucoff de Lacomba Ruth (1999), *Campo Experimental Solar y Ecológico*", Memoria XXIII Semana de Energía Solar, Morelia, Michoacán, pp. 148-150.

Olgay Víctor, (1998), *Arquitectura y Clima*, Manual de Diseño para Arquitectos y Urbanistas, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, España.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Pilatowsky I., Rojas A., Sánchez -Juárez A. (1993), *"Análisis en el Comportamiento de la Demanda y Oferta de Energía de una Casa Habitación en el Distrito Federal, Operada con Energía Solar"*, Memoria XVII Semana de Energía Solar, Colima, México, pp. 146-149

Plasencia Izquierdo Arturo (1993), *"Paquete Sanitario para la Vivienda Dispersa"*, Memoria XVII Semana de Energía Solar, Colima, México, pp. 169-173.

Plasencia Izquierdo Arturo, Monroy Salazar (1997), *"Proyecto de una Comunidad de Pescadores Autónoma, Bioclimática y Ecológica"*, Memoria XXI Semana de Energía Solar, Chihuahua, Chihuahua, pp. 100-105.

Rangel Dávalos Jorge (1994) Casa Ecológica una Alternativa Tecnológica, tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Arquitectura Tecnología, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, U.N.A.M., México, D.F.

Samano D A , Ochoa J. M., Morillón D. (1992), *"Proyecto de una Población de Pescadores en la Costa de Caborca, Son."*, Memoria XVI Reunión Nacional de Energía Solar, Oaxaca, Oaxaca, pp. 105-109

Sámano T. Diego Alfonso, Morales R. J. Diego, Morillón G. David (1999), *"Metodología para el Diseño Térmico de Edificios"*, Notas del curso de Actualización en Energía Solar 1999, Centro de Investigación en Energía Temixco, UNAM., pp. 241-246.

Uribe Ortiz Daniel (1993), Enlace, Arquitectura & Diseño, CAM-SAM Enlace en la Industria de la Construcción, pp.78-95.

Vélez González Roberto (1992), La Ecología en el Diseño Arquitectónico, Trillas, México, D.F.

Yeang Ken, (1999), Proyectar con la Naturaleza, Bases Ecológicas para el Proyecto Arquitectónico, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.

### Direcciones de Internet

Casa Autónoma (Inglaterra)

[http://www.gaia.org/secretariats/genoceania/quarterly/archive/march\\_98/autonhouse.html](http://www.gaia.org/secretariats/genoceania/quarterly/archive/march_98/autonhouse.html).

Casa Solar Autosuficiente (Alemania)

[http://www.ise.fhg.de/Projects/ES/ES\\_english.html](http://www.ise.fhg.de/Projects/ES/ES_english.html)

Comisión Nacional para el Ahorro de Energía

<http://www.conae.gob.mx/>

Condumex Energía Alternas Sinergia

[http://www.condumex.com.mx/sinergia/e-alternas/e\\_solar.html](http://www.condumex.com.mx/sinergia/e-alternas/e_solar.html)



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Consumir menos para vivir mejor  
<http://www.nodo50.org/panc/Consumo.htm>

Gerencia Comercial (CFE)  
<http://www.cfe.gob.mx/gercom/tarif100/tar-1.shtml?mes=MAYO&Cambia=Cambia>

Glosario de Términos Meteorológicos  
<http://www.cna.gob.mx/met-info/indice.html.old> - letrt

Michael Reynolds  
<http://www.life.ca/nl/45/steelhouse.html>

Paolo Soleri (Cd de Arcosanti)  
[http://www.arcosanti.org/info/sfaq\\_arco.html](http://www.arcosanti.org/info/sfaq_arco.html)

Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible  
<http://habitat.aq.upm.es/cs/p2/a004.html>

Waterloo Green Home (Canada)  
<http://www.life.ca/nl/38/greenhome.html>

Usa Today Weather  
<http://www.usatoday.com/weather/satpic/wsatcam.htm>

#### **Folletos y Trípticos.**

Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Michoacán de Ocampo.  
FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía)  
CFE (Comisión Federal de Electricidad)



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



# ANEXOS



## PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (PRI)

## 17 LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA

Tasa 12 %

Año	Flujo Neto	Factor de Descuento al 12 %	Flujo Descontado	Flujo de Efectivo Descontado Acumulado
0	-2091	1.000	-2091	-2091
1	677.17	0.893	605	-1486
2	677.17	0.797	540	-947
3	677.17	0.712	482	-465
4	677.17	0.635	430	-34
5	677.17	0.567	384	350
6	677.17	0.507	343	693

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## ANÁLISIS FINANCIERO DE 17 LÁMPARAS AHORRADORAS VS 17 FOCOS INCANDESCENTES

### Método del Valor Presente Neto

Ahorros anuales

Ahorro <sub>1</sub> = 677.17	1° año	Ahorro <sub>4</sub> = 677.17	4° año
Ahorro <sub>2</sub> = 677.17	2° año	Ahorro <sub>5</sub> = 677.17	5° año
Ahorro <sub>3</sub> = 677.17	3° año	Ahorro <sub>6</sub> = 677.17	6° año

$i = 0.12$  \*Tasa de descuento %

Inversión = 2091 \$ 17 focos fluorescentes

$$VPN = (-Inversión) + \left[ \frac{Ahorro_1}{(1+i)^1} + \frac{Ahorro_2}{(1+i)^2} + \frac{Ahorro_3}{(1+i)^3} + \frac{Ahorro_4}{(1+i)^4} + \frac{Ahorro_5}{(1+i)^5} + \frac{Ahorro_6}{(1+i)^6} \right]$$

VPN = 693

Nota: Cuando el resultado del VPN es igual ó mayor al valor de la inversión inicial, se considera un proyecto recomendable.

\* De acuerdo a los estándares de Banca Comercial la tasa de descuento  $i$  en términos reales oscila alrededor del 12%, para los proyectos de inversión.

Fuente: Lic Abelardo Arrollo Rincón Gerente de Finfra (Fondo de Inversión en Infraestructura), Banobras.



## PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (PRI)

## CALENTADOR SOLAR DE AGUA

Tasa 12 %

Año	Flujo Neto	Factor de Descuento al 12 %	Flujo Descontado	Flujo de Efectivo Descontado Acumulado
0	-8700	1.000	-8700	-8700
1	1879.6	0.893	1678	-7022
2	1879.6	0.797	1498	-5523
3	1879.6	0.712	1338	-4186
4	1879.6	0.636	1195	-2991
5	1879.6	0.567	1067	-1924
6	1879.6	0.507	952	-972
7	1879.6	0.452	850	122
8	1879.6	0.404	759	637
9	1879.6	0.361	678	1315
10	1879.6	0.322	605	1920



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## ANÁLISIS FINANCIERO DE CALENTADOR SOLAR DE AGUA VS CALENTADOR DE GAS

### Método del Valor Presente Neto

#### Ahorros anuales

Ahorro <sub>1</sub> = 1789	1° año	Ahorro <sub>5</sub> = 1789	5° año
Ahorro <sub>2</sub> = 1789	2° año	Ahorro <sub>6</sub> = 1789	6° año
Ahorro <sub>3</sub> = 1789	3° año	Ahorro <sub>7</sub> = 1789	7° año
Ahorro <sub>4</sub> = 1789	4° año	Ahorro <sub>8</sub> = 1789	8° año

$i = 0.12$  \*Tasa de descuento %

Inversion = 8700 \$ Calentador Solar de Agua

$$VPN = (- Inversion) + \left[ \frac{Ahorro_1}{(1+i)^1} + \frac{Ahorro_2}{(1+i)^2} + \frac{Ahorro_3}{(1+i)^3} + \frac{Ahorro_4}{(1+i)^4} + \frac{Ahorro_5}{(1+i)^5} + \frac{Ahorro_6}{(1+i)^6} + \frac{Ahorro_7}{(1+i)^7} + \frac{Ahorro_8}{(1+i)^8} \right]$$

$$VPN = 1871$$

Nota: Cuando el resultado del VPN es igual ó mayor al valor de la inversión inicial, se considera un proyecto recomendable.

\* De acuerdo a los estándares de Banca Comercial la tasa de descuento  $i$  en términos reales oscila alrededor del 12%, para los proyectos de inversión.

Fuente: Lic Abelardo Arrollo Rincón Gerente de Finfra (Fondo de Inversión en Infraestructura), Banobras



## PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSIÓN (PRI)

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

Tasa 12 %

Año	Flujo Neto	Factor de Descuento al 12 %	Flujo Descontado	Flujo de Efectivo Descontado Acumulado
0	-60000	1.000	-60000	-60000
1	8280	0.893	7393	-52607
2	8280	0.797	6601	-46006
3	8280	0.712	5894	-40113
4	8280	0.636	5262	-34851
5	8280	0.567	4698	-30152
6	8280	0.507	4195	-25958
7	8280	0.452	3745	-22212
8	8280	0.404	3344	-18868
9	8280	0.361	2986	-15882
10	8280	0.322	2666	-13216
11	8280	0.287	2380	-10836
12	8280	0.257	2125	-8711
13	8280	0.229	1898	-6813
14	8280	0.205	1694	-5119
15	8280	0.183	1513	-3606
16	8280	0.163	1351	-2255
17	8280	0.145	1205	-1049
18	8280	0.130	1077	27
19	8280	0.116	961	989
20	8280	0.104	858	1847



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## ANÁLISIS FINANCIERO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO VS SUMINISTRO DE AGUA POR MEDIO DE PIPA

### Método del Valor Presente Neto

#### Ahorros anuales

Ahorro <sub>1</sub> = 8280	Ahorro <sub>6</sub> = 8280	Ahorro <sub>11</sub> = 8280	Ahorro <sub>16</sub> = 8280
Ahorro <sub>2</sub> = 8280	Ahorro <sub>7</sub> = 8280	Ahorro <sub>12</sub> = 8280	Ahorro <sub>17</sub> = 8280
Ahorro <sub>3</sub> = 8280	Ahorro <sub>8</sub> = 8280	Ahorro <sub>13</sub> = 8280	Ahorro <sub>18</sub> = 8280
Ahorro <sub>4</sub> = 8280	Ahorro <sub>9</sub> = 8280	Ahorro <sub>14</sub> = 8280	Ahorro <sub>19</sub> = 8280
Ahorro <sub>5</sub> = 8280	Ahorro <sub>10</sub> = 8280	Ahorro <sub>15</sub> = 8280	Ahorro <sub>20</sub> = 8280

$i = 0.12$       \*Tasa de descuento %

Inversion = 60000      Planta de tratamiento

$$\begin{aligned}
 \text{VPN} = & (-\text{Inversion}) + \frac{\text{Ahorro}_1}{(1+i)^1} + \frac{\text{Ahorro}_2}{(1+i)^2} + \frac{\text{Ahorro}_3}{(1+i)^3} + \frac{\text{Ahorro}_4}{(1+i)^4} + \frac{\text{Ahorro}_5}{(1+i)^5} \\
 & + \frac{\text{Ahorro}_6}{(1+i)^6} + \frac{\text{Ahorro}_7}{(1+i)^7} + \frac{\text{Ahorro}_8}{(1+i)^8} + \frac{\text{Ahorro}_9}{(1+i)^9} + \frac{\text{Ahorro}_{10}}{(1+i)^{10}} \\
 & + \frac{\text{Ahorro}_{11}}{(1+i)^{11}} + \frac{\text{Ahorro}_{12}}{(1+i)^{12}} + \frac{\text{Ahorro}_{13}}{(1+i)^{13}} + \frac{\text{Ahorro}_{14}}{(1+i)^{14}} + \frac{\text{Ahorro}_{15}}{(1+i)^{15}} \\
 & + \frac{\text{Ahorro}_{16}}{(1+i)^{16}} + \frac{\text{Ahorro}_{17}}{(1+i)^{17}} + \frac{\text{Ahorro}_{18}}{(1+i)^{18}} + \frac{\text{Ahorro}_{19}}{(1+i)^{19}} + \frac{\text{Ahorro}_{20}}{(1+i)^{20}}
 \end{aligned}$$

VPN = 1847

Nota: Cuando el resultado del VPN es igual ó mayor al valor de la inversión inicial, se considera un proyecto recomendable

\* De acuerdo a los estándares de Banca Comercial la tasa de descuento  $i$  en términos reales oscila alrededor del 12%, para los proyectos de inversión

Fuente: Lic Abelardo Arrollo Rincón Gerente de Finfra (Fondo de Inversión en Infraestructura), Banobras.

