

00164



Universidad Nacional Autónoma de México

**Programa de Maestría y Doctorado
en Arquitectura**

**Criterios de ecoarquitectura en el diseño
de viviendas urbanas
para clima templado subhúmedo.**

María del Carmen Buerba Franco

México, D.F.
MMV

m.340005

2005



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**Criterios de ecoarquitectura en el diseño de
viviendas urbanas**
para clima templado subhúmedo.

Tesis que presenta

María del Carmen Buerba Franco

Para obtener el grado de

**Maestra en Arquitectura
campo Tecnología**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN ARQUITECTURA**

UNAM



MMV

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: BUEBBA FRANCO
MARIA DEL CARMEN

FECHA: 17/01/05

FIRMA: _____

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Buebba Franco', is written vertically over the signature line and extends upwards into the name field.

Jurado

Director de tesis:

Arq. Héctor Ferreiro León

Sinodales Propietarios:

**Dr. Jesús Aguirre Cárdenas
Mtra. Jeanine Da Costa Bischoff**

Sinodales Suplentes:

**Dr. José Diego Morales Ramírez
Dr. Jorge L. Wolpert Kuri**

A mi queridísima UNAM, por todo lo que de ella he aprendido.

A José Arias, sin cuyo apoyo, mis estudios y este trabajo hubieran sido sencillamente imposibles.

A mis hijos, Leonardo e Itzachel, por todo el esfuerzo que hicieron para permitirme realizar este sueño.

A todos mis maestros durante la Maestría por haber enriquecido mi vida con sus conocimientos y enseñanzas,

en especial al Doctor Carlos González Lobo, al Ingeniero Mario Reynoso, al Doctor Agustín Mulhía, al Dr. Fernando López Carmona y a la Maestra Jeanine Da Costa, por enseñarme lo que significa ser verdaderamente un maestro.

Aquello que se considera sagrado es tratado con respeto y desvelo. Nuestra morada en este planeta y los esfuerzos por salvaguardar y proteger el medio natural, necesitan verse imbuidos de la visión de lo sagrado.

Y para ello se requiere una comprensión distinta, más amplia y profunda, de la ciencia, la tecnología y la naturaleza.

Carl Sagan.

Dedico esta tesis a todos aquellos que quieran desandar el camino equivocado en la Arquitectura.

Resumen

Esta tesis se divide en dos partes: en la primera se propone un **análisis Integral** de los elementos que intervienen en el diseño **ecoarquitectónico**; esto es, un diseño arquitectónico con criterios sustentables, que respete y se integre a la naturaleza y que cumpla con los lineamientos de un real desarrollo sostenible.

Se propone para ello, el análisis de seis aspectos: los **físicos**, los **bioregionales y ecológicos**, los **de confort**, los **estéticos**, los **tecnológicos**, y los **socioeconómicos y culturales**.

Su aplicación se ejemplifica a través de la propuesta de parámetros para el diseño en viviendas urbanas de clima templado subhúmedo, un clima representativo de la Altiplanicie Mexicana y parte de Oaxaca.

Particularmente, se aplican en la región de Morelia, Michoacán, por ser conocida a profundidad por la autora.

En la segunda parte de esta tesis se proponen criterios, fundamentalmente técnicos, para diseñar los sistemas ecológicos más adecuados para viviendas urbanas en clima templado subhúmedo, en sus tres variantes: Cb (w0), Cb (w1) y Cb (w2).

Dichos sistemas ecológicos, denominados más precisamente ecotécnicas, han sido divididos por la autora en **bioclimáticos**, cuando coadyuvan al confort térmico (materiales y disposición arquitectónica, aleros, partesoles, invernaderos, fresqueras, *muros verdes*, etc.) y **no bioclimáticos**, cuando no intervienen en el confort térmico, pero contribuyen a la sustentabilidad (captación y almacenamiento de agua pluvial, tratamiento de desechos sólidos y aguas servidas, calentamiento solar de agua, etc.).

Se ha procurado ilustrar todas ellas con gráficas, esquemas y fotografías; así como con algunos ejemplos de cálculo y aplicación.

Por último, este trabajo incluye bibliografía técnicamente confiable y asequible, para quien desee profundizar en el diseño de ecotécnicas. Las fuentes son citadas por la autora basándose en el rigor y sentido práctico con que cada texto trata una o más de las temáticas.

Asimismo, incluye una lista de fabricantes de materias primas para la construcción, y de productos y equipos que sí cumplen con las normas oficiales mexicanas NOM y los lineamientos para un desarrollo sostenible.

Abstract

The thesis is divided in two parts each pertaining to methodology and design. The first part proposes an **Integrated analysis** of the components involved in **ecoarchitectonical** design. In other words, to use architectural design criteria that recognize the value of nature, thus leading to a genuine sustainable development. This integrated analysis requires evaluating seven aspects: **physical, bioregional and ecological, comfort, aesthetical, technological, sociological, economical, and cultural.**

The application of this method is exemplified in the assumption of parameters for the design of urban housing in the temperate subhumid zones, represented in Mexico throughout the central plateau and part of the State of Oaxaca, in particular, in the region of Morelia in the State of Michoacan, an area with which the author is deeply acquainted.

In the second part of this thesis, technical criteria are proposed in order to design ecological systems that are adequate for urban dwellings in the three variants of temperate subhumid weather: $Cb(w_0)$, $Cb(w_1)$ and $Cb(w_2)$.

These ecological systems or ecotechniques are divided by the author into **bioclimatic**, when related to factors that contribute to thermal comfort such as materials, greenhouses, green walls, etc.; and **non bioclimatic**, when not a factor for thermal comfort but contribute to sustainability, such as storage of rain water, treatment of solid wastes and served water, the use of solar energy to heat water, etc. An attempt was made to provide graphs, drawings and photographs to illustrate all ecotechniques described, as well as some examples of calculations and applications.

A bibliography is provided at the end of this work with references that are technically robust and available to those who want to go deeper into the design of ecotechniques. The references are classified by the author on the basis of the depth and practical application contained in each text for one or several ecotechniques.

Finally, a directory is included with a list of manufacturers of building materials, products and equipment that effectively comply with the Mexican Official Norms (NOM) and with the guidelines for sustainable development.

ÍNDICE

	Página
Glosario de términos.....	11
Antecedentes y objetivos.....	13
Introducción.....	15

Primera Parte:

Propuesta de un análisis integral para el diseño ecoarquitectónico.

Jerarquización de los aspectos en la propuesta de análisis integral.....	19
1. Aspectos físicos.....	20
1.1 Trayectoria solar e irradiación.....	20
1.2 Factores y elementos del clima.....	21
1.3 Mesoclima y microclima:	22
Latitud.	
Altitud.	
Longitud.	
Vientos dominantes y puntuales.	
Régimen pluviométrico.	
Temperaturas medias y extremas.	
Humedad relativa.	
Nubosidad.	
Fenómenos especiales.	
Macro y micromorfología del sitio	
Edafología y mecánica del suelo	
Modificaciones al entorno.	
Áreas verdes.	
1.4 Factores geobiológicos.....	25
2. Aspectos biorregionales y ecológicos.....	28
2.1 Descripción de la biorregión.....	28
2.2 Descripción del ecosistema local.....	28
2.3 Análisis del impacto ambiental de los asentamientos locales.....	29
2.4 Flora y fauna. Fauna nociva.....	30
2.5 Impacto ambiental prefigurado del proyecto.....	32

3. Aspectos de bienestar.....	33
3.1 Habitabilidad.	
Privacidad y territorialidad.....	33
3.2 Confort térmico.....	35
3.3 Confort lumínico visual.....	37
3.4 Confort acústico.....	40
3.5 Confort olfativo.....	40
3.6 Confort sensorial táctil.....	41
3.7 Confort ergonómico y psicomotriz.....	42
4. Aspectos tecnológicos.....	42
4.1 Selección de la tecnología.....	42
4.2 Materiales y sistemas constructivos.....	44
4.3 Criterios para la adopción de ecotécnicas.....	48
5. Aspectos socioeconómicos y culturales.....	49
5.1 Contexto arquitectónico regional y local.....	49
5.2 Parámetros económicos locales y de los usuarios.....	50
5.3 Parámetros demográficos.....	50
5.4 Parámetros culturales.....	51
5.5 Parámetros de salud ambiental y calidad de vida.....	51
6. Aspectos estéticos.....	52

Segunda Parte:

Síntesis: Diseño de los sistemas.

7. Sistemas bioclimáticos.....	54
7.1 Estrategias de climatización	
7.1.1 Selección de las estrategias de climatización.....	54
7.1.2 Herramientas para el diseño bioclimático.....	55
7.1.3 Proceso de selección de las estrategias de climatización.....	59
7.1.4 Diseño de los espacios arquitectónicos	
7.1.5 La envolvente arquitectónica.....	62
Tablas para la ubicación de espacios y elementos arquitectónicos.....	64

7.2	Techos, muros y ventanas	
7.2.1	Altura, orientación e inclinación de los techos.....	66
7.2.2	Cúpulas y bóvedas.....	68
7.2.3	Iluminación natural.....	70
7.2.4	Sistemas constructivos.....	72
7.2.5	Muros.....	77
7.2.6	Ventanas.....	78
7.3	Vegetación, muros verdes y fuentes	81
7.4	Invernaderos	87
7.5	Ventilación inducida y bodega fresca. Chimeneas	91
8.	Sistemas no bioclimáticos	98
8.1	Sistemas constructivos.....	98
8.2	Captación y almacenamiento de agua pluvial.....	100
8.3	Tratamiento de aguas servidas.....	107
8.4	Calentamiento solar del agua.....	114
8.5	Foto celdas.....	118
8.6	Manejo de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.....	119
8.7	Equipos para el uso eficiente y el ahorro de:	
	Agua.....	123
	Energía eléctrica.....	123
	Gas.....	124
8.8	Fauna nociva.....	125
8.9	Factores geobiológicos en el diseño de espacios.....	127
Apéndice		
	Índice del Apéndice.....	133
Bibliografía consultada y recomendada		149
Directorio de fabricantes y prestadores de servicios		151
Directorio de Investigadores		154

Glosario de términos

- Alero.** Saliente que se coloca sobre las ventanas y que sirve para proteger del soleamiento excesivo y de la lluvia.
- Altitud.** Altura de un punto en la superficie terrestre sobre el nivel medio del mar.
- Amortización.** En construcción, término con el que se define el autopago de alguna obra, en razón de los ahorros o ganancias generados por ella durante su implementación o funcionamiento.
- Arquitectura bioclimática.** Aquella que considera como parámetros esenciales de diseño, las condiciones climáticas y biorregionales.
- Arquitectura vernácula.** La hecha de manera tradicional por los pueblos y que es transmitida de generación en generación. Busca condiciones de bienestar mediante la adaptación a las condiciones climáticas y biorregionales. Desde el punto de vista ecológico, se considera una arquitectura sabia.
- Conducción.** Forma de transmisión del calor que ocurre sólo si existe contacto físico directo entre dos cuerpos. Se da entre sólidos y entre un sólido y un fluido.
- Convección.** Forma de transmisión de calor que ocurre entre fluidos por diferencias de temperatura entre ambos. Movimiento de un fluido por diferencias de temperatura; ocurre en el movimiento vertical del aire.
- Composteo.** Descomposición de la materia orgánica, mediante procesos aeróbico-anaeróbicos. Requiere de que la materia a descomponer tenga permanentemente cierto grado de Humedad, que permita la fácil reproducción de organismos descomponedores.
- Composteadora.** En la vivienda, recipiente que se utiliza para degradar los desechos orgánicos provenientes de la cocina. Utiliza partes iguales de tierra y desechos.
- Decibel.** Unidad que sirve en Acústica para definir una escala de intensidad sonora. También llamada decibelio.
- Ecoarquitectura.** Aquella arquitectura que logra la integración armoniosa, equilibrada y limpia de todos sus elementos con su entorno natural. Que no lo daña e incluso le aporta elementos que pueden mejorarlo, en una simbiosis ser humano- naturaleza. Tiene como una de sus bases a la arquitectura vernácula.
- Ecotécnica.** En arquitectura, equipo, técnica o elemento constructivo que no contamina, destruye, ni daña al ambiente; o que lo hace al mínimo posible, desde su generación y operación, hasta su desintegración.
- Factores geobiológicos.** Todos aquellos elementos y campos magnéticos y electromagnéticos, radiaciones y emisiones naturales o artificiales que se encuentran en la atmósfera, superficie y subsuelo terrestres y que afectan electro magnéticamente a los seres vivos, generando en ellos alteraciones fisiológicas.
- Geobiología.** Disciplina que estudia la relación entre las energías procedentes de la Tierra (*gea*, tierra) y los seres vivos (*bios*, vida) que la habitan.

- Hábitat.** En Arquitectura y Ecología Humana, el espacio en que habitan seres humanos.
- Holístico.** Del prefijo *holo-*, totalidad. Corriente del conocimiento que se basa en la integración armónica de concepciones y saberes.
- Internalización de costos.** Hacer que los costos de la producción de bienes e introducción de servicios sean pagados totalmente por los consumidores, sin subsidios, e incluyendo los costos que implique la reparación del medio ambiente dañado por su generación y distribución.
- Latitud.** Distancia angular que existe desde un punto cualquiera de la superficie terrestre a la línea del Ecuador.
- Longitud.** Distancia angular que existe desde un punto cualquiera de la superficie terrestre al primer meridiano (de Greenwich)
- Melatonina.** Hormona que interviene en la producción del sueño profundo y reparador. Necesita de la oscuridad para producirse.
- Mesoclima.** Conjunto de condiciones climáticas que se presentan de manera regional. Las cartas climáticas dan siempre información mesoclimática.
- Microclima.** Conjunto de condiciones climáticas que se presentan de manera puntual, en un sitio en particular.
- Partesoles.** Elementos verticales ubicados a un lado de la ventana o elementos delgados que van colocados sobre ésta para protegerla del soleamiento excesivo.
- Radiación.** Forma de transmisión de calor que se realiza en el vacío. Es la forma como la energía del Sol llega a la Tierra.
- Radiestesla.** Herramienta de la Geobiología que mide la sensibilidad que poseen los seres vivos a las distintas radiaciones terrestres.
- Sostenibilidad.** Principio que afirma que la protección del medio ambiente debe ser parte fundamental del proceso de desarrollo de las sociedades humanas. Es sinónimo de sustentabilidad; así, el desarrollo sostenible o sustentable sería aquel que para satisfacer las necesidades humanas del presente, no compromete las posibilidades del desarrollo futuro ni, obviamente, sus recursos.
- Termosifón.** Principio físico que se establece en un ducto de circuito cerrado que posea dentro un fluido expandible a la temperatura (ver *Calentador solar en, Segunda parte: Diseño de los Sistemas*).
- Zooarquitectura.** Arquitectura inspirada en la que hacen o adaptan los animales. También, arquitectura hecha por los animales.

Antecedentes y objetivos

1. El concepto *Ecoarquitectura*¹ surgió en la penúltima década del siglo pasado en los países desarrollados, a raíz de que los movimientos ecologistas pusieron de moda las palabras *ecología* y *ecológico*². Pero más allá de esta connotación que pudiera parecer frívola, en realidad se comenzó a tomar conciencia de que la satisfacción de los requerimientos del hábitat humano, representaba cada vez más una amenaza al ya deteriorado medio ambiente natural y que, en consecuencia, cualquier intento serio para aminorar el impacto de los asentamientos humanos sobre el entorno natural tendría que pasar por la revisión del concepto mismo de *hábitat*. Y como célula de él, la vivienda.

Fue esta revaloración de lo que debe significar la vivienda, lo que originó la idea de realizar este trabajo: proponer un análisis integral mediante el cual los arquitectos neófitos en la materia pudieran revisar con rigurosidad pero al mismo tiempo flexibilidad, el concepto mismo de vivienda -y por extrapolación el de arquitectura- y, apoyados en ello, pudieran crear espacios que además de bellos, fueran responsables con el medio ambiente y saludables para quienes habitan o permanecen en ellos.

Pero los objetivos del trabajo no terminan ahí, ya que junto con este análisis integral, se incluyen diversos criterios para el diseño y operación de sistemas y equipos ecológicos (denominados más precisamente *ecotécnicas*) que sí pueden ser instalados en viviendas urbanas. Dichos criterios están basados en la experiencia -tanto aciertos como errores- que hemos tenido al diseñar y construir viviendas que incorporan *ecotécnicas*, en distintos climas, entre ellos, el templado subhúmedo.

Las viviendas sustentables, llamadas originalmente ecológicas, han ido sufriendo transformaciones de tipo conceptual al mismo tiempo que se han ido perfeccionando (en buena parte por la presión provocada ante el agotamiento paulatino de los energéticos fósiles) de manera que poco a poco se están borrando las diferencias que existen entre las viviendas ecológicas y las que no lo son. Así por ejemplo, en Alemania, España o Israel, no se otorga la licencia de construcción si el proyecto no prevé una correcta bioclimatización, o no contempla el calentamiento solar del agua.

Diseñar viviendas urbanas sustentables, esto es, con criterios ecoarquitectónicos, es absolutamente posible también en nuestro país. Lo demuestran las decenas de familias que viven en ellas desde hace más de veinte años y la demanda que día a día va en aumento a partir de esas experiencias exitosas.

2. El análisis integral aquí propuesto, pretende ser una herramienta que incorpore todos los aspectos que influyen en el diseño ecoarquitectónico. Y para ejemplificar su aplicación se utilizarán los parámetros que hemos utilizado en el diseño de varias viviendas urbanas construidas con criterios ecoarquitectónicos, en la región de Morelia, Michoacán.

Pero el clima templado subhúmedo, que es el que prevalece en esta región³ se encuentra en una buena parte del Altiplano Central Mexicano, de ahí que los criterios de diseño aquí presentados

¹ Este tipo de arquitectura se caracteriza por integrar materiales, equipos y técnicas constructivas de un modo armónico y racional con el medio ambiente, denominándose a esto *Tecnología Apropiciada*. Y a cada una de las concreciones técnicas para un propósito específico, v. gr. la captación y almacenamiento pluvial, el sistema alternativo de tratamiento biótico para depurar las aguas servidas o la ventilación por torres de viento, se les denomina *ecotécnicas*.

² El término *ecológico* comenzó a tener un impacto mundial a raíz de la publicación del libro *Límites del Crecimiento*, publicado por primera vez en 1973.

³ El clima predominante en la región de Morelia está catalogado, según la Clasificación Climática de Köppen, adaptada para la República Mexicana por la Dra. Enriqueta García (Instituto de Geografía, UNAM) como Cb (w1) (w) (t) g (en *Factores y elementos del clima*, del capítulo *Aspectos Físicos* se explica qué significa esto).

pueden ser extrapolados -con ajustes y modificaciones según las condiciones microclimáticas de cada lugar- para distintas ciudades ubicadas en esta parte del País.

3. Otro objetivo de este trabajo, es crear un puente de comunicación entre los rigurosos conceptos, teóricos de las disciplinas científicas que integran el diseño ecoarquitectónico y el quehacer del arquitecto, cuya formación profesional no contempla aún la inclusión de tales disciplinas, lo que suele representar una gran dificultad -a veces insuperable- para quienes con buena intención pero sin muchos conocimientos técnicos y científicos, intentan incursionar por las aún poco exploradas áreas de la ecoarquitectura.

4. Por último, en mi experiencia de veinte años como profesora en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Michoacana, al revisar o asesorar multitud de proyectos ecoarquitectónicos o que incorporan elementos de ecoarquitectura, he podido constatar que el novel arquitecto carece de una guía metodológica para abocarse al diseño a partir de la doble serie de parámetros que son, por un lado, las características físicas y climáticas del lugar, los materiales y las tecnologías a emplear y, por el otro lado, los parámetros estéticos, las necesidades y recursos de los usuarios y las características del espacio arquitectónico a diseñar. Y aunque en varias de las materias se da cierta guía para combinar estos elementos, ésta nunca es integral.

Existen las metodologías para el diseño bioclimático desarrolladas por los Doctores Víctor Olgyay y Steve Szokolay en los setentas y ochentas, respectivamente.

Y actualmente -basadas en las anteriores- las que diseñaron el Mtro. Víctor Fuentes Freixanet, en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y los Dres. David Morllón y Diego Morales, en la UNAM.

Pero hasta donde sé no existe un proceso específico que involucre a todas las variables del diseño ecoarquitectónico, como un todo holístico. Y aunque las de la UAM y la UNAM son rigurosas e incluyen aspectos sumamente originales (por ejemplo, la primera incorpora el análisis de los factores geobiológicos y la segunda, la zooarquitectura) ambas se enfocan a lo bioclimático, sin profundizar en sistemas ecológicos no bioclimáticos. Precisamente por eso, no incluyen factores de diseño arquitectónico tan sutiles pero tan importantes como la fauna nociva. En el capítulo dedicado a este tema, estudio un caso sumamente interesante.

Concluyendo, este trabajo propone un análisis integral, que si bien considero indispensable para quienes deseen incursionar en la Ecoarquitectura, podría también ser de utilidad en todo proyecto arquitectónico, al menos como una guía integral que toma en cuenta todos los distintos elementos y, así, proporciona un sólido y consecuente criterio y procedimiento secuencial de jerarquización y toma de decisiones para el diseño final, como producto lógico y volitivo de dicho proceso.

Sea pues ésta una contribución para que el talento del arquitecto -ese tecnólogo y artista del hábitat- navegue con una brújula certera y cartas de navegación prácticas por estos procelosos mares.

En todo caso, si aún esto no se diera del todo, tómese como una aportación en la búsqueda de ese herramental y, por tanto, pido a quien juzgue este trabajo, tome en cuenta ese propósito.

Introducción

En una casa habitación, habrá que procurar que el espacio habitable sea estético y confortable, satisfaga las necesidades de confort térmico, de iluminación y de una adecuada ventilación, así como la dotación del agua y energía en general, además del adecuado manejo de los desechos, junto con su eventual tratamiento y disposición "final". Y lo verdaderamente correcto será que todo esto se obtenga de un modo no dañino al medio ambiente ni, obviamente, a sus habitantes.

Si la selección de materiales y su cantidad reducen al mínimo el impacto nocivo sobre el medio y durante su operación no daña a los usuarios ni a la naturaleza por la inadecuada iluminación, climatización y distribución de espacios; si logra mediante una adecuada selección de los materiales, prolongar su vida útil y reducir así el daño potencial de los materiales utilizados. Si todavía para la satisfacción de estas necesidades básicas emplea una tecnología no lesiva al ambiente, que consuma pocos recursos materiales y energéticos, de preferencia renovables; si contribuye a restaurar su entorno natural, podremos hablar de que se trata de una **vivienda ecológica o sustentable**. Es decir, de un hábitat humano digno, que hace lo mismo que una vivienda convencional, pero de un modo benigno al ambiente.

Una síntesis de lo que se obtiene de una vivienda con criterios ecoarquitectónicos

Para hacer esta síntesis utilizaré la vivienda urbana en que vivimos desde hace más de quince años, por ser de la que hemos seguido un control exhaustivo:

1. En su construcción **esta casa utilizó menos de la tercera parte del cemento y del acero** que otras equivalentes, por tener techos de ferrocemento y cimbra perdida, los cuales se describirán en la segunda parte de este trabajo.
Asimismo, se redujeron sustancialmente el uso de materiales cuya elaboración, uso o eventual desecho, fueran nocivos al medio ambiente y a la salud (esto nos hizo descartar de entrada el uso de paneles de poliestireno reforzados).
2. Se redujeron al máximo materiales que no fueran extraídos o elaborados regionalmente y también aquellos no renovables, seleccionándose materiales naturales y duraderos (por ejemplo, se descartó el uso de policarbonato para el techo del Invernadero, prefiriéndose acrílico, cuya vida media es de 40 años, en comparación con el primero, cuya duración máxima es de 20 años).
Esto hace que esta casa esté diseñada para durar al menos un siglo, minimizando así otros daños al ambiente, tanto en su uso, como en su eventual desecho.
3. En su funcionamiento **consume menos de la tercera parte de la energía eléctrica** que una casa equivalente de clase media, gracias a sus lámparas y aparatos de bajo consumo eléctrico y a su diseño bioclimático, que aprovecha al máximo la luz solar.
Asimismo, la reducción del consumo de energía en la refrigeración, lavado de ropa, planchado y bombeo de agua, se debe a estrategias de ubicación y utilización de los distintos aparatos electrodoméstico.
4. De modo análogo, en esta casa **se utiliza menos de la quinta parte del gas combustible** que en una casa de clase media equivalente. Ello, debido a que la mayor parte de su consumo se destina a calentar el agua de baño⁴, y dado que utilizamos un calentador solar, el consumo de gas L.P. es de aproximadamente 150 lts. anuales.

⁴ El libro *Uso de la energía solar en sustitución de gas licuado en áreas urbanas*, editado por el Programa Universitario de Energía, (PUE) UNAM, señala que el 74% del agua caliente se utiliza en el baño. (Guevara González., Rosa Iris y Navarro Benítez, Bernardo, PUE, UNAM, 1999).

Este ahorro aumenta con la utilización de una estufa de encendido eléctrico, ya que no tiene pilotos que estén permanentemente encendidos⁵, y porque al cocinar se utiliza agua pluvial precalentada solarmente.

5. La conjunción de la captación y almacenamiento de lluvia con el sistema de tratamiento y reuso de las aguas servidas permiten que la casa **aproximadamente use la décima parte del agua de la red**, respecto de una casa convencional.
6. Por lo mismo, de la casa no sale agua de desecho alguna y **no utiliza la red de alcantarillado ni usará una eventual planta de tratamiento municipal**.
7. Quienes habitamos esta casa consumimos agua realmente potable, ya que **el agua pluvial no posee gérmenes patógenos** y al hacerla pasar a través de un filtro UV, queda perfectamente potable⁶. Esta agua pluvial se utiliza únicamente en lavabos, regaderas y fregadero, que es donde se requiere agua potable. Para el lavado de ropa se usa agua de lluvia sin tratar y en los escusados, patios y riego de jardín, aguas recicladas.
8. Por usar composteadoras para procesar los desechos orgánicos, y porque reducimos sustancialmente la adquisición de productos desechables o con muchas envolturas o empaques, así como por el hecho de no permitir que los desechos o residuos se mezclen, en esta casa **no se produce basura**, entendida ésta como el conjunto de desechos revueltos y sucios, que por lo mismo generan malos olores y fauna nociva. Sí generamos desechos inorgánicos no reciclables, como tenis viejos y envases de poliestireno, que deben ser enviados al relleno sanitario, pero en promedio estos desechos llenan un bote de 19 lts. al mes.
9. Quienes habitamos la casa, utilizamos bicicletas para desplazarnos distancias de alrededor de 5 kilómetros y hacemos los traslados cortos a pie (habiendo planeado actividades de trabajo, escolares y de compras para facilitarlos). Es por ello que consumimos mucho menos energía fósil, (utilizamos aproximadamente la quinta parte de la gasolina que una familia de clase media promedio, en sus desplazamientos cotidianos en automóvil). Si bien ello no es atributo de la casa en sí, indirectamente si es propiciado por una casa que, al satisfacer más y mejor muchas de las necesidades familiares, reduce nuestras necesidades de transporte, por lo que pienso que es interesante mencionarlo.

Como importantes y significativos subproductos de su diseño y operación, tenemos agua más limpia y abundante, menor consumo de energía, un hábitat no lesivo al ambiente ni a nuestra salud, pero sobre todo, una infraestructura que retroalimenta una auténtica conciencia ecológica. O sea, una mejor calidad de vida.

Con los ahorros que del diseño bioclimático y de la aplicación de las ecotécnicas se obtienen, estimamos que, a los costos actuales, la casa se amortizará⁷ en 25 años, aunque que en lo futuro, con los niveles de inflación que sufre México, pero sobre todo, cuando los costos ambientales sean *internalizados* en las cuentas nacionales (que es uno de los compromisos que suscribieron más de un centenar de países -incluido el nuestro- en la Agenda 21, en 1992) una casa de este tipo podrá llegar a amortizarse en tan sólo 15 años.

⁵ Estadísticas de consumo en Estados Unidos, han demostrado que las estufas con encendido electrónico ahorran hasta un 25% de gas.

⁶ El agua pluvial no requiere pasar por filtros sedimentadores para eliminar la turbidez, o de carbono activado para quitar olores desagradables y metales pesados. Por ello, para quedar perfectamente potable sólo tiene que pasar a través de una lámpara de rayos UV. Esto hace que el costo de purificación disminuya considerablemente y el mantenimiento sea mínimo. En la segunda parte de este trabajo se trata este tema con profundidad.

⁷ El concepto de amortización jamás se incluye al momento de pensar en construir una casa. Pero esto es posible si ésta se diseña ecoarquitectónicamente.

Algunas consideraciones preliminares.

Como punto fundamental de la aplicación de los criterios para el diseño y construcción de este tipo de viviendas, debo señalar que el profesional o persona que esté a cargo de la obra, deberá respetar en sus mínimos detalles los planos técnicos en sus partes relevantes, y supervisar cuidadosamente a las personas encargadas de su construcción o factura. Hemos tenido experiencias lamentables con arquitectos, ingenieros, albañiles y otros artesanos, quienes descuidaron algo tan delicado como es la construcción e instalación de un sistema de tratamiento de aguas servidas. Alteraron medidas, acabados y carga inicial en los equipos, con las consecuencias de un mal funcionamiento posterior. Algo similar ha ocurrido con estructuras de ferrocemento y sistemas pasivos de climatización a base de ventilación inducida, por no respetar al detalle las instrucciones técnicas constructivas.

Por otra parte, un error común de los neófitos en el diseño y construcción de ecotécnicas, es utilizar bibliografía elaborada en otros países tomándola tal cual, o consultar libros que contienen información deficiente o peor, errónea, los cuales desgraciadamente existen en el mercado nacional. Estas dos últimas características hacen que se genere incredulidad y desconfianza respecto del funcionamiento de las ecotécnicas.

Sí existe abundante bibliografía técnicamente confiable; desgraciadamente la mayor parte es extranjera y es necesario adaptarla a las condiciones microclimáticas, tecnológicas y socioeconómicas propias del sitio geográfico y si cabe, del "nicho sociocultural" al que esté destinado el proyecto. Por esta razón, al final de este trabajo se incluye bibliografía técnicamente confiable.



Fig. 1 Jardín del campo de oxidación, tratamiento de aguas servidas; vivienda ecológica urbana de Morelia.

Primera Parte

Propuesta de análisis integral para el diseño ecoarquitectónico

Análisis de los elementos de diseño.

Esta propuesta de análisis Integral consta de seis aspectos que es necesario estudiar de manera previa al diseño del proyecto, ya que forman parte del herramental básico para diseñar con criterios ecoarquitectónicos.

Dichos aspectos son:

- Aspectos físicos
- Aspectos biorregionales y ecológicos
- Aspectos de bienestar
- Aspectos tecnológicos
- Aspectos estéticos
- Aspectos socioeconómicos y culturales

El análisis de cada uno de los elementos que conforman esos seis aspectos, forma parte del proceso de investigación, el cual es básico para la definición del proyecto arquitectónico, de ahí que deberán conocerse todos, antes de iniciarlo.

Se presenta de manera previa al análisis de cada uno de estos aspectos, un cuadro sinóptico en el que están jerarquizados todos los elementos que los conforman, para que quien diseñe sepa de antemano cuáles aspectos son fundamentales, cuáles importantes y cuáles simplemente útiles. (Ver fig. 2).

Jerarquización de los aspectos que conforman la propuesta de análisis integral

Fundamentales

Importantes Útiles

Aspectos físicos
<p><u>Factores y elementos del clima</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Latitud (trayectoria solar) • Altitud • Irrradiación • Vientos dominantes • Régimen pluviométrico • Temperatura media • Temperaturas máximas y mínimas promedio • Humedad relativa • Factores geobiológicos • Mecánica de suelos • Micromorfología del suelo
<ul style="list-style-type: none"> • Lengua • Alacardas • Elementos especiales
<ul style="list-style-type: none"> • Edafología • Macromorfología del suelo

Aspectos de bienestar
<ul style="list-style-type: none"> • Habitabilidad • Territorialidad • Privacidad • Confort térmico • Confort lumínico visual • Confort acústico • Confort olfativo • Confort sensorial táctil • Confort ergonómico y psicomotriz

Aspectos estéticos

Aspectos biorregionales y ecológicos
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la biorregión
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la ecología regional • Estudio de la ecología local • Estudio de la ecología de la vivienda • Estudio de la ecología del paisaje • Estudio de la ecología del agua
<ul style="list-style-type: none"> • Fauna nociva

Aspectos tecnológicos
<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de los materiales y sistemas constructivos • Criterios para la selección de las ecotécnicas
<ul style="list-style-type: none"> • Selección de la tecnología

Aspectos socioeconómicos y culturales	
<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros económicos locales y de los usuarios • Parámetros demográficos 	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros culturales • Contexto arquitectónico regional • Contexto arquitectónico local • Parámetros de salud ambiental y calidad de vida

1. Aspectos físicos

Para los fines del diseño ecoarquitectónico, los aspectos físicos son todos aquellos elementos no vivos que intervienen en la determinación del mesoclima y microclima. Incluye además otros factores que pueden afectar de un modo u otro el proyecto arquitectónico, tanto su diseño como su construcción y operación.

1.1 Trayectoria solar e irradiación.

De la trayectoria solar y la irradiación que incide sobre un lugar, depende fundamentalmente el clima y los niveles de temperatura medios de un lugar. La **trayectoria solar** es la manera cómo el Sol se desplaza a lo largo del año en un lugar determinado; es matemáticamente precisa y está determinada por la **latitud**, de ahí que éste es el primer parámetro de diseño a investigar.

La importancia de la trayectoria solar en el diseño arquitectónico es tal, que podemos hablar del **eje solar** como un elemento fundamental de diseño.

Para calcular la trayectoria solar es necesario conocer la **declinación**, esto es, la inclinación que tiene el Sol en un lugar y un día determinado. Así por ejemplo, en Morelia, cuya latitud es de $19^{\circ} 42'$ (19.7°), sólo el 18 de mayo y el 24 de julio coinciden declinación y latitud.

En cualquier punto del Planeta situado entre los 0° y los $23^{\circ} 27'$, la declinación y la latitud coinciden dos veces al año, esto es, sólo dos veces cada año el Sol pasa exactamente por el cenit.

En latitudes más allá de los $23^{\circ} 27'$, el Sol jamás pasa por el cenit, ya que por la inclinación del eje terrestre N-S respecto de la elíptica (el plano en que la órbita de la Tierra describe una elipse alrededor del Sol en un año), los rayos solares inciden oblicuos y jamás llegan perpendicularmente al suelo horizontal (es decir, jamás llegan *normalmente*). Esta inclinación del eje terrestre es lo que principalmente determina los climas (ya que otros factores como la altitud, la distribución tierra-agua, el relieve y las corrientes marinas influyen también, pero a escala regional, esto es, generando los llamados *mesoclimas*).

La **Irradiación** es la cantidad de energía radiante que incide sobre una superficie específica día tras día a lo largo del año; se mide en MJ/m^2 o en w/m^2 .

Existen tablas de la **Irradiación Global** (H) que incide en distintas regiones de la República Mexicana, elaboradas tanto por el Instituto de Geofísica, como por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Mediante la Irradiación Global podemos saber qué tanta energía solar incide mes tras mes sobre el lugar donde pensamos realizar nuestro proyecto arquitectónico y de este modo, proyectar controlándola. En Morelia, gracias a esas tablas de irradiación global, sabemos que en mayo se presenta la mayor irradiación, $21.1 \text{ MJ}/\text{m}^2$, y en enero la menor, con $15 \text{ MJ}/\text{m}^2$.

Para la instalación de calentadores solares y paneles fotovoltaicos está información es muy valiosa.

1.2 Factores y elementos del clima.

El clima de un lugar es generado por los siguientes factores: la latitud, la altitud, la irradiación, el relieve, la distribución de aguas y tierra, las corrientes marinas y las modificaciones al entorno que se producen de manera natural (por erosión, terremotos, erupciones, etc.) o por la acción humana en forma de impacto.

A su vez, los elementos del clima son: la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, los vientos, la precipitación pluvial, la nubosidad, la visibilidad y la presencia de fenómenos especiales como granizo y heladas.

Factores y elementos del clima, a un nivel regional, se encuentran en las **Normales Climatológicas**, que son tablas que contienen la información del comportamiento climático de una región por meses y años. En México, el Sistema Meteorológico Nacional se encarga de realizarlas y están disponibles en las distintas estaciones meteorológicas del País.

Por otra parte, a partir de la división climática de Köppen, hecha a principios del siglo pasado y según la cual en Morelia el clima predominante es Cwbg⁸, la Dra. Enriqueta García, del Instituto de Geografía de la UNAM, elaboró una nueva y muy precisa clasificación de los distintos mesoclimas de México. Mediante ella podemos saber que el clima dominante en la región Morelia es: **Cb (w1) (W) (i') g**, donde:

Cb = templado con verano fresco.

(w1) = Subhúmedo intermedio entre el más (w2) y el menos húmedo (w0), y con régimen de 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.

⁸ El clima en Morelia, según la clasificación de Köppen es Cwbg, y significa: Cw, templado moderadamente lluvioso con lluvias en verano; b, temperatura media del mes más cálido menor a 22°C, y g, temperatura máxima antes del solsticio de verano. Sin embargo, para la Dra. Enriqueta García el término *templado moderadamente lluvioso* resultaba ambiguo, y los 22°C no eran un elemento definitivo para establecer un parámetro climático.

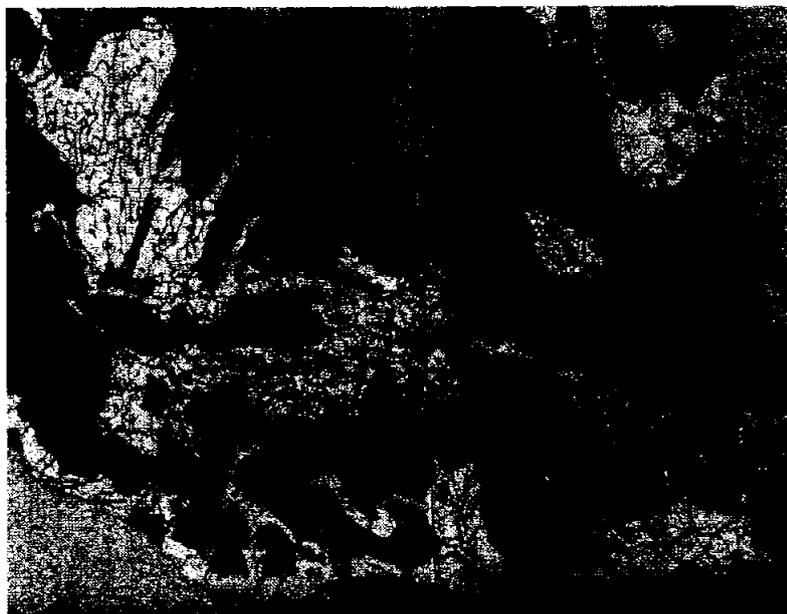


Fig. 3 Michoacán: tipos de climas (fragmento)
(Fuente: *Clasificación climática, Atlas Nacional de México, Vol. 2, Capítulo 4.*
Instituto de Geografía, UNAM, 1988)

Aunque el clima dominante en la región Morelia es **templado subhúmedo Intermedio**, (en la Fig. 3 verde medio), en la zona norte se presenta el clima Cb (w0) (W) (i') g, (en la Fig. 3 verde muy claro) y en la zona sur, el Cb (w2)(W)(i')g (en la Fig. 3 verde fuerte)

1.3 Mesoclima y microclima.

El **mesoclima** es producto del conjunto de condiciones físicas que se presentan en una región. Por ejemplo, es en la gran cuenca hidrológica del Lago de Cuitzeo, dentro de la cual se encuentra el Valle de Guayangareo, que se ubica la Ciudad de Morelia.

El **microclima**, es en cambio, el causado por el conjunto de condiciones climáticas muy locales o puntuales, esto es, que se presentan en el sitio donde se va a realizar el proyecto arquitectónico. Por ejemplo, nuestra casa ecológica está ubicada a unos cientos de metros de la ladera norte del Cerro de Santa María, lo que provoca que en invierno tenga una temperatura ligeramente más fría que otras zonas de la ciudad. O el hecho de estar muy cerca de zonas arboladas, contribuye a que haya mayor humedad en la época de secas.

Como es lógico suponer, al momento de diseñar, son las **condiciones microclimáticas**, (y por ende las condiciones ecológicas locales) las que en última instancia van a determinar los detalles del proyecto arquitectónico.

La información sobre el **mesoclima** se encuentra en las Normales Climatológicas. Pero no toda la información que se encuentra en ellas es útil para el diseño ecoarquitectónico. Los parámetros que **son de utilidad** son los siguientes:

La **latitud**, que se mide en grados, minutos y segundos. Es necesaria para conocer la declinación solar y elaborar las gráficas solares, así como para conocer las condiciones climáticas básicas.

La **altitud** (que se mide en metros sobre el nivel del mar, m.s.n.m.) va a influir sobre las condiciones mesoclimáticas y microclimáticas. Por ejemplo, no se presenta un microclima igual en el Centro de la Ciudad de Morelia, situado a 1942 m.s.n.m., que en San Miguel del Monte, un lugar situado al SE del Centro de Morelia, pero a una altura de 2025 m.s.n.m. Este último lugar es más frío y húmedo; hay encinos y vegetación de bosque templado, mientras que en el primero es común encontrar fresnos y guayabos, y el microclima es templado y más seco.

La **longitud**, además de utilizarse para una localización precisa del lugar donde se realizará el proyecto, sirve para calcular el tiempo solar verdadero, necesario para desarrollar cálculos de geometría solar. Al igual que la latitud, se mide en grados, minutos y segundos de arco, respecto de un meridiano fijo, por ejemplo, el de Greenwich.

Los **vientos dominantes** son aquellos que se presentan con mayor regularidad a lo largo del año; es fundamental conocer su dirección y velocidad promedio. Los **vientos puntuales**, a su vez, se presentan en ciertas épocas del año y su importancia estriba en la velocidad con que soplan y en la época del año en que aparecen, pues pueden provocar desbalances térmicos. Asimismo, en el diseño de edificios muy altos o rascacielos, la velocidad máxima de los vientos es fundamental para el diseño estructural.

Los vientos dominantes y puntuales son de tal importancia para el diseño ecoarquitectónico, que la forma y orientación del proyecto dependerá, en buena medida, de este parámetro. Se podrá hablar entonces del *eje eólico* para definir la orientación y ventilación de los espacios arquitectónicos y para el correcto cálculo de los sistemas bioclimáticos basados en el viento.

El **régimen pluviométrico**, esto es, la **precipitación media**, servirá para saber qué tanta lluvia cae y en qué épocas del año, así como para tener una idea del nivel de humedad ambiente y su distribución a lo largo del año. Definirá la inclinación y materiales de los techos, el diámetro de las canaletas y tuberías pluviales, y el volumen del aljibe donde se almacenarán las aguas de lluvia para su uso a lo largo de la época de secas o de todo el año. Suele medirse en mm/año de precipitación, equivaliendo a qué altura tendría una hipotética capa de agua si lo que llueve todo un año se quedara ahí. También podría considerarse por mes o por día. La **precipitación máxima del mes en 24 hrs.** servirá para diseñar ciertos elementos del sistema de captación pluvial, como veremos más adelante.



Fig. 4. Agua pluvial

Las **temperaturas media, máxima promedio mensual y mínima promedio mensual**, junto con la trayectoria solar, definen en gran medida la orientación de la construcción y los materiales a utilizar. La temperatura, que es principalmente una función directa de la irradiación, se denomina **media** cuando es el promedio de todas las temperaturas que se presentan a lo largo de un mes o de un año.

Las **temperaturas extremas mensuales promedio** -máximas y mínimas- son las que se usan al momento de realizar los cálculos del comportamiento térmico de un proyecto arquitectónico. Las máximas o mínimas absolutas no son útiles en el diseño ecoarquitectónico. Las distintas temperaturas se miden en grados centígrados en México, y en otros países, en grados Fahrenheit.

La **humedad** es el contenido de agua en el aire, más exactamente, de la cantidad de vapor de agua. La **humedad relativa** es la proporción de humedad necesaria para saturar el aire a determinada temperatura, considerando que el aire está totalmente seco. De ahí que se dé en forma de porcentaje. Para medir la humedad relativa se utiliza el higrómetro.

Se dice que el aire está **saturado** de humedad o "a punto de rocío", cuando ya no le cabe más vapor de agua. Así, un 100% de humedad relativa, significa que está lloviendo. Y un 99%, que está a punto de llover.

Para que los seres humanos estemos en condiciones de confort térmico, necesitamos también que el ambiente tenga entre 30% y 70% de humedad relativa.

Conocer la **nubosidad** nos sirve para valorar si el nivel de iluminación natural diurna será el adecuado, e incluso para realizar ciertos ajustes a los cálculos bioclimáticos estacionales. Asimismo, tiene una influencia directa en la radiación solar que llega a la superficie terrestre, lo que es fundamental para el diseño de calentadores solares de agua. En Arquitectura del Paisaje la nubosidad juega un papel estético importante.

Su unidad son las octas y van desde 0 para cielos sin nubes, hasta 8 para cielos densamente nublados.

Los **fenómenos especiales** como las heladas, granizadas, tormentas eléctricas, tornados, inundaciones, huracanes, terremotos y erupciones volcánicas deben

tomarse en cuenta al momento de diseñar en zonas donde éstas se presenten con cierta frecuencia, o donde se corra el riesgo de que se presenten.

Otros parámetros que **no forman parte de las Normales Climatológicas**, pero que deben investigarse son:

La macro y micromorfología del suelo, que es la descripción más específica de sus características físicas principales. En este rubro hemos englobado desde la composición estructural del suelo, la granulometría de sus materiales y la topografía del terreno en que se realizará el proyecto, hasta elementos orográficos que afecten directamente el diseño.

Incluye también la proporción de arcillas y arenas, su grado normal o su variabilidad de humedad. En el aspecto macro morfológico, incluye la orografía general y la topografía general del sitio, así como la distribución de aguas y tierra.

La Edafología del suelo es importante para estimar qué usos pueden ser apropiados para él y cuáles ha tenido, desde la práctica de la minería o la explotación forestal o una vocación de cultivo forestal hasta agrícola o aún acuícola, así como si es apropiado cambiar sus usos y en qué sentido. Este rubro es fundamental en el diseño urbano.

También, desde luego, las características de su **mecánica de suelos** son necesarias para diseñar adecuadamente una edificación estable, segura y que compense los efectos indeseables de algunas de estas características.

1.4 Factores geobiológicos

En este rubro entra el estudio de la dirección e intensidad de los campos magnéticos, sean los naturales terrestres o los de origen artificial; los campos electromagnéticos inducidos por generadores y motores eléctricos, las líneas de alta o baja tensión, e infinidad de aparatos industriales, domésticos y de oficina (TV, computadoras, hornos de microondas, fotocopiadoras y máquinas de escribir eléctricas, entre los más riesgosos). Asimismo, otras radiaciones naturales del entorno o producidas por diversos artefactos, sustancias y equipos usados en las actividades humanas; emanaciones gaseosas naturales o artificiales de efecto tóxico peligroso o prolongado (como gas sulfhídrico, gas metano, radón y cualesquier otras emisiones industriales urbanas). La influencia o cercanía de depósitos, corrientes o cuerpos de agua o fuentes térmicas, de ruido o de vibraciones.

Su importancia radica en los recientes descubrimientos que se han hecho sobre el impacto de los factores geobiológicos en la salud humana, especialmente en la generación del stress, neuralgias, migrañas, malformaciones genéticas y cáncer. Sin embargo, desde tiempos remotos muchas culturas los consideraron para el diseño urbano y arquitectónico: la china, la japonesa, la maya, la inca y la de Monte Albán, son algunos ejemplos.

El análisis de estos factores geobiológicos habrá de integrarse al diseño urbano y arquitectónico, sin menospreciar la sabiduría ancestral de muchas culturas antiguas en todo el mundo.

Actualmente estos conocimientos son desconocidos o menospreciados en las sociedades modernas occidentales, a pesar de su importancia para el confort físico y psicológico.

Por suerte, Sir Norman Foster y con él todos aquellos a los que él ha inspirado, consideran estos factores como elementos determinantes en sus obras arquitectónicas y urbanísticas.

En el diseño de una vivienda urbana sana resulta fundamental controlar la afectación electromagnética que tendrán los cables de alta tensión que generalmente están colocados frente al terreno, sobre la banqueta. Por ello, de ser posible, hay que ubicar la vivienda en la mitad posterior del lote y dejar la otra mitad para crear un *muro verde* arbóreo muy denso, el cual absorberá las ondas electromagnéticas no ionizantes⁹ provenientes de la energía eléctrica que viaja a través del cableado eléctrico. También es de gran ayuda incorporar cactáceas del género *Cereus*¹⁰, por su especial capacidad para contrarrestar los efectos negativos de las ondas electromagnéticas no ionizantes



Fig. 5. *Cereus peruvianus* y su aplicación en el control de las ondas electromagnéticas

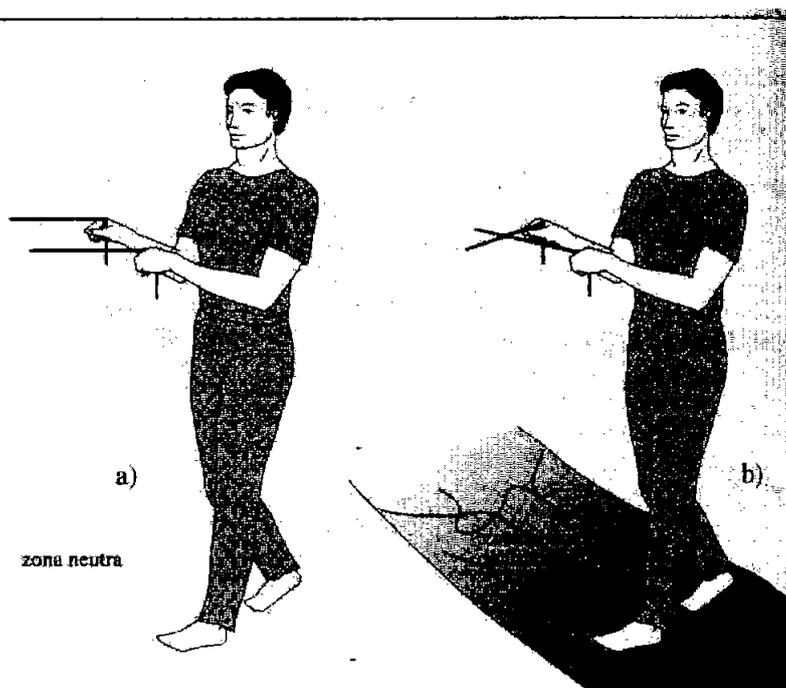
⁹ Las ondas electromagnéticas no ionizantes son todas aquellas cuya longitud de onda (λ) es menos corta que la de la luz visible, cuyo rango varía de los 400 a los 700 nanómetros (1×10^{-9} mts). Generalmente se ubican en el espectro electromagnético dentro del rango de las microondas (alrededor de 1 mm, de longitud de onda y dentro de un rango de frecuencia de 10^9 Hz y 10^{11} Hz).

¹⁰ El género *Cereus* esta formado por cactus de cuerpo largo y esbelto (como el de una vela de cera) con costillas marcadas que poseen espinas radiales y largas. Para controlar las ondas electromagnéticas, se han probado el *Cereus peruvianus*, conocido comúnmente como *Candelabro* y el *Cereus jamacaru*.

Asimismo, por la afectación que provocan las redes Hartman sobre el organismo, conviene colocar las camas con sus cabeceras orientadas hacia el norte.¹¹

Por supuesto, éstos son sólo algunos de los factores a cuidar cuando se diseña una vivienda, para lo cual se utilizan diversos equipos de detección electromagnética. En la segunda parte de este trabajo, dentro de **Geobiología y Radlestesia**, se tratan más extensamente éstos y otros factores.

Fig. 5 a Las varillas en L se utilizan para la detección de zonas geopatógenas



¹¹ La Geobiología ha demostrado experimentalmente que una retícula electromagnética que va de norte a sur y de este a oeste, cubriendo la superficie terrestre (redes Hartman), al presentar alteraciones telúricas o geológicas bajo ella, es patógena si se está expuesto de manera prolongada a ella. En las camas permanecemos muchas horas de nuestras vidas, de ahí que si están orientadas norte-sur ó este-oeste, la posibilidad de encontrar un cruce patógeno se minimiza. La Geobiología también ha demostrado experimentalmente que al dormir con la cabeza hacia el norte, se alcanza un nivel de sueño más profundo y por tanto reparador. (Fuentes: 1. Asociación de Estudios Geobiológicos, GEA, España. Web oficial: www.gea-es.org. 2. Informes del Instituto Suizo de Investigaciones Geobiológicas, Chardonne, Suiza, 1990.)

2. Aspectos biorregionales y ecológicos

2.1 Descripción de la biorregión

Se denomina **biorregión** al área territorial en la que coexisten varios ecosistemas más o menos afines y vinculados entre sí por ciertas características comunes aunque no necesariamente iguales, que suelen incluir una misma cuenca hidrológica, una zona geográfica del mismo clima básico (aunque con variantes microclimáticas) y a la que, por sus características ecológicas interdependientes, se le considera una unidad.

Así por ejemplo, la biorregión en donde se ubica Morelia es el antiguo Valle de Guayangareo, definido por la cuenca de dos ríos (el Río Chiquito y el Río Grande) que van a descargar sus aguas (hoy contaminadas y sin tratar por la Ciudad y las industrias) en el Lago de Cuitzeo, que es la segunda cuenca lacustre más grande del País después de la del Lago de Chapala, ubicado en la frontera entre el Estado de Michoacán y el de Jalisco.

En esta biorregión hay varios ecosistemas típicos del área central del Altiplano Mexicano con clima templado subhúmedo. Hasta hace dos o tres siglos albergó varios bosques templados frondosos y praderas en las llanuras de las orillas aluviales, que hoy son buenas tierras de cultivo. Hoy, por la tala inmoderada, quedan escasos manchones de aquellos bosques que no representan ni el 20 % de los originales.

2.2 Estudio del ecosistema local.

Conocer el ecosistema local es importante en el diseño ecoarquitectónico, ya que nos servirá para conocer la flora y fauna nativas. Incorporar plantas nativas en los proyectos, evitando las exóticas (esto es, las que no son de la región) mantiene en equilibrio los ecosistemas. Por el contrario, la libre introducción de especies exóticas a una región, puede traer graves consecuencias. Sirvan de ejemplo los casos de introducción masiva de eucalptos y lirios acuáticos en todo el país, para ejemplificar lo anterior. Sin embargo, no siempre ocurre así: una especie de árboles exóticos que se ha adaptado muy bien al clima templado subhúmedo, sin causar perjuicios a otras especies es el *Ficus benjamina*, conocido comúnmente como Ficus.

Aún así, no es conveniente arriesgar el equilibrio de los ecosistemas con la introducción de especies no nativas.

Lo mejor que puede hacerse es investigar qué plantas pueden sembrarse y cuales no, en un centro botánico regional o en un instituto donde haya biólogos especializados en Botánica.

Estudiar el ecosistema local también es útil para conocer las condiciones microclimáticas del lugar donde se ubicará el proyecto.

Así, en el caso de Morelia, sabemos que la mancha urbana prácticamente ha hecho desaparecer los ecosistemas naturales previos. Sin embargo, al estudiar la zona donde se ubicaría nuestra casa ecológica, observamos que era relativamente privilegiada, por estar aledaña a zonas arboladas y a unos 400 m de las laderas de la Zona de Preservación Ecológica de la Loma de Santa María y del Zoológico con su lago artificial, lo que generaba un microclima benigno.

Investigando en la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana pudimos saber que precisamente en la Loma de Santa María es donde se ha conservado mucho de la flora y fauna nativas de la región.

Habitando la casa, hemos observado que al estar muy cerca de esta zona de preservación ecológica y no utilizar plaguicidas o insecticidas en el jardín, se han generado en ella pequeños nichos ecológicos con algunas especies nativas que aún sobreviven, constituyéndose en refugio de insectos, aves, reptiles y batracios. En ese sentido, nuestra casa y su entorno han contribuido a una cierta preservación del ecosistema y el ambiente natural previos.

Estrategias como ésta de conservación de la fauna y flora nativas, son las que deben regir en cualquier diseño de vivienda urbana ecológica. Y éstas deberán preverse desde el momento de proyectar.

2.3 Análisis del impacto ambiental de los asentamientos locales.

Un análisis del Impacto ambiental generado por los asentamientos humanos en el microentorno donde se vaya a diseñar, ayuda a definir estrategias para revertir los procesos de deterioro ecológico.

Como se verá, la afectación al ambiente natural que causan los asentamientos humanos es un fenómeno típico de todas las zonas con urbanización acelerada en nuestro país.

En el caso de Morelia, un factor de preocupación adicional, es la ambición de los especuladores urbanos a todo nivel. Desde los que han influido en la distorsión del Plan de Desarrollo Urbano del Municipio de Morelia, hasta los invasores proletarios que mediante la acción hormiga se dedican *cuasi* profesionalmente al lucrativo negocio de, al mismo tiempo que adquieren un terrenito para su patrimonio, sirven de carne de cañón a partidos y grupos de presión. Ambos tipos y el natural crecimiento urbano han impactado severamente al ambiente. Ello se resiente, como hemos dicho, en la escasez de espacios verdes, en el hacinamiento urbano en muchas zonas de la ciudad, en la congestión vial, la falta de una agradable imagen urbana (sólo el Centro Histórico y las colonias de clase alta y media alta la tienen) y todos los otros males asociados como especulación inmobiliaria, delincuencia, contaminación, ruido, e Impacto visual al paisaje.

La restauración de un entorno tan caótico y deteriorado como éste, es un trabajo delicado, que requiere necesariamente de la elaboración de planes parciales de desarrollo urbano verdaderamente sustentables y elaborados de manera interdisciplinaria por todos los sectores sociales involucrados. Pero sobre todo, requiere de la voluntad gubernamental para aplicarlos correctamente, sin miramientos para con grupos o personas políticamente influyentes.

Por ejemplo, en Morelia el gobierno municipal tuvo que utilizar la fuerza pública para reubicar en definitiva a los vendedores ambulantes, a pesar que éstos ya habían aceptado ser reubicados.

El gobierno ha hecho una labor de difusión de las áreas en donde actualmente se encuentran y la población ha apoyado esta reubicación comprando en estos lugares. Aún así, las ventas de los ambulantes han bajado en promedio un 50%.

Esto se debe en parte a que no se hizo un plan parcial de desarrollo para reubicarlos en zonas que carecen de mercados. Y por otro lado se debió a la presión que ejercieron los vendedores ambulantes para ser reubicados dentro del Centro Histórico.

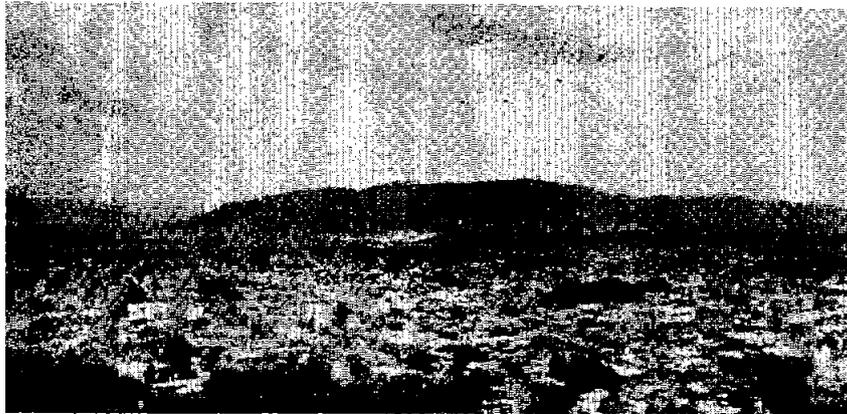


Fig 6 Vista panorámica de Morelia con su notoria falta de áreas verdes urbanas.

2.4 Flora y fauna

Es importante conocer la flora y fauna regional y local, para saber qué especies conviene introducir y cuáles no, ya sea porque compiten con las nativas, o porque traen plagas a las que no son inmunes éstas.

A causa de la urbanización ecológicamente irresponsable que está sufriendo Morelia, únicamente en la Loma de Santa María y zona sur de la ciudad, existen aún los últimos reductos de flora y fauna nativa silvestre.

Fauna nociva

Este aspecto, que podría parecer insignificante, puede en algunos casos llegar a tener una influencia decisiva en el proyecto arquitectónico e incluso urbanístico. Ilustraré un caso: en el municipio de Tarímbaro, que forma parte de la zona conurbada de Morelia, existe un fraccionamiento residencial cuya traza urbana se hizo elevando las calles y dejando los terrenos en un nivel inferior. Los terrenos, de alrededor de 1000 m² de superficie, descienden en pendiente, hasta 3 mts. Bajo el nivel de calle.

Dado que dentro de la fauna nociva de esa región abundan los alacranes del género *centruroides*¹² -depredadores muy ponzoñosos, poco sedentarios y que además son cazadores nocturnos activos- todas las casas poseen en los botiquines sueros antialacránicos y prácticamente no existe un habitante de ese fraccionamiento que no haya sido picado por uno de esos alacranes. Esto en buena parte se debe a que estos arácnidos carnívoros encuentran muy fácil caminar en sentido de la pendiente en su cacería nocturna, dado lo cual se topan, por así

¹² Los del género *Centruroides* son alacranes que pertenecen a la clase arácnidos, orden *Scorpiones* y familia *Buthidae*. Dentro de este género, en la región Tarímbaro- Morelia se encuentran las especies *centruroides infamatus infamatus* y *centruroides infamatus ornatus*. Ambas especies son sumamente peligrosas. Existe otro género de alacranes que aunque ponzoñosos, son sedentarios: los *vaejovis*. Se encuentran en rincones oscuros y no salen a cazar (no son cazadores activos): esperan la llegada de su presa. Esto disminuye su peligrosidad. Especies de este género que se encuentran en la región Tarímbaro-Morelia son: la *vaejovis mexicanus mexicanus*, la *vaejovis nigrescens* y la *vaejovis punctatus punctatus*.

decirlo, con las casas. Por otra parte, el tipo de terreno, árido y tepetatoso, junto con la gran separación existente entre casa y casa, facilitan la reproducción de los alacranes. Y como en México, por razones climáticas, no se acostumbra sellar perfectamente puertas y ventanas, estos arácnidos entran fácilmente a las viviendas a través de los huecos y rendijas o por las chimeneas.

Como resultado de todo esto, quienes viven en este fraccionamiento están en un stress permanente e inevitable, muchas veces ya inconsciente, a causa de la posibilidad de ser picados por uno de estos arácnidos, sobre todo porque los *centruroides* son el único género en América que tiene representantes sumamente peligrosos para el ser humano. Y este grave problema no existiría si la traza urbana hubiera sido hecha al revés, esto es, dejando las calles en un nivel inferior y los terrenos en forma ascendente. Aún más, si a los lados de las calles se hubieran plantado setos (por ejemplo de cedros) los alacranes no deambularían tanto buscando alimento, ya que lo encontrarían fácilmente dentro de los arbustos. Asimismo, si las casas fueran construidas sobre terraplenes o basamentos volados recubiertos de materiales lisos muy resbalosos (azulejos o loseta cerámica) o si se construyeran pequeños canales periféricos alrededor de las casas por los que fluyera agua, se evitaría que los alacranes entraran a las casas.



Fig. 7 Alacrán del género *Centruroides*. A este género lo caracteriza su color café claro.

Otro ejemplo de control ecológico de fauna nociva está en nuestra casa ecológica. Los moscos, un problema que se presenta casi todo el año en Morelia, se acentúa en casas donde hay jardines. Para evitar que entraran instalamos mosquiteros, pero aún así, debíamos tener mucho cuidado al abrir la puerta de acceso por las noches, porque de no hacerlo entraban a la casa.

La construcción de un estanque de agua pluvial, ha resuelto el problema casi en su totalidad, ya que los moscos hembras prefieren poner sus huevecillos sobre aguas estancadas.

Y como en el estanque se pusieron carpas arco iris, que se alimentan de las larvas de los moscos, éstos casi han desaparecido. Hoy podemos abrir las puertas con confianza durante el atardecer y la noche, aunque siguen siendo muy útiles los mosquiteros.

Como es importante que el estanque se oxigene, encendemos la fuente únicamente en las horas más cálidas¹³, que es cuando los mosquitos descansan. Y por

¹³ En los meses de secas, las horas más cálidas están fuera del rango de confort por falta de humedad. La fuente que instalamos sirve, aparte de oxigenar del estanque, para refrescar la vivienda.

supuesto, sembramos plantas acuáticas compatibles con las carpas arco iris, como la lentejuelilla. De manera natural, otros animales se han ido incorporando, creando un pequeño y agradable ecosistema.

En la segunda parte de este trabajo se trata más extensamente el tema de la fauna nociva y su control a través de la arquitectura.

2.5 Impacto ambiental prefigurado del proyecto.

En términos generales, la normatividad vigente obliga a prefigurar el tipo de efectos que una obra va a tener sobre el medio ambiente a fin de prevenirlos, minimizarlos -o al menos, mitigarlos- si son nocivos; en especial aquellas que por su tamaño o índole, representan mayores riesgos y peligro. El qué y el cómo hacerlo varía según la clase de obra y su tamaño.

Pero más allá de las disposiciones oficiales, un arquitecto responsable está obligado a prefigurar cuidadosa y rigurosamente, todo riesgo de afectación pernicioso al medio ambiente natural. Obviamente, debe aguzar su ingenio e imaginación para preservar el entorno natural lo mejor posible y para minimizar los impactos ambientales y riesgos a la salud.

Las estimaciones de impacto deben considerarse desde el momento en que se realiza el preproyecto y se seleccionan los materiales y sistemas constructivos. Y deben estar presentes a todo lo largo del desarrollo del proyecto, en cualquier toma de decisiones.

De este modo, la vivienda así diseñada no sólo previene muchos de los impactos provocados por materiales y técnicas convencionales, sino que es una aportación directa a la mejora del entorno natural y la calidad de vida de sus habitantes.

En 4.2 *Materiales y sistemas constructivos* se describen materiales y sistemas constructivos sustentables en diversa medida. Asimismo, las ecotécnicas descritas en la *Segunda Parte* han demostrado su eficiencia técnica y su reducido impacto al ambiente.



Fig. 8 El impacto ambiental de los drenajes en los ríos se evita al separar las aguas grises de las negras e instalar sistemas de tratamiento de aguas servidas.

Por ello es importante desde el diseño, prever un estanque cuya fuente este en sentido de los vientos dominantes, porque sólo así podrá refrescar el interior de la vivienda. En Morelia, como los vientos dominantes tienen dirección sureste-sur-suroeste, el estanque con su fuente fue construido frente a la fachada principal, que da hacia el sur.

3. Aspectos del bienestar

3.1 Habitabilidad

Aunque ya mucho se ha escrito en Arquitectura sobre este tema, proponemos aquí una valoración cuidadosa de las implicaciones ambientales de la vivienda urbana y su efecto sobre quienes lo habitan.

Ciertamente, la arquitectura más remota procuró el bienestar de sus habitantes, que en aquellos tiempos primitivos, solían ser también sus realizadores. En la actualidad se supone que se procura lo mismo, sólo que los patrones de hábitos, conductas y valores humanos se han transformado en muchas ocasiones no en sentido positivo, sino de forma cuestionable y contradictoria, contribuyendo a esa dicotomía mental, que es una de las principales enfermedades sociales de nuestro tiempo: la esquizofrenia social (del griego *esquizos*, dividido y *friné*, mente).

La arquitectura actual también refleja esa dicotomía, aún más, contribuye a producirla. No nos extraña hoy pues con ciudades enajenadas, no diseñadas *para ser vivida todos los días*¹⁴, sino generadas por los intereses del lucro inmobiliario, conculcada por el automóvil y prostituida por el comercio y la publicidad.

El paisaje urbano hoy son viaductos, anuncios sin control y el deplorable espectáculo de una arquitectura caótica y alienada a toda clase de intereses, menos a los de sus moradores y destinatarios humanos.

En ecoarquitectura, habitabilidad significa la coexistencia armónica del habitante con su hábitat, esa solución de continuidad entre el espacio habitable interior y el ambiente externo natural en que se ubica el espacio construido (que para los fines de este trabajo es la vivienda), al menos en la medida nada despreciable de los linderos físicos y psicológicos de la '*oikos*'.

De aquí se infiere la clase de habitabilidad intrínseca que hemos de conferir a una vivienda urbana, y cada uno de los siguientes parámetros del bienestar estará permeado por tal concepto.

Pero por habitabilidad también debemos entender el diseño de espacios cómodos prácticos, con suficiente espacio para realizar actividades en ellos y colocados en zonas de fácil acceso. Pensemos aquí en un área siempre sacrificada: la del lavado y tendido de ropa. Incluso en residencias amplias, el espacio dedicado a tender la ropa es insuficiente. Y es común ver que el ama de casa lo extiende a la cochera, al jardín, a las ventanas y baños.

O pensemos en tinacos de muy difícil acceso, cuando es necesario limpiarlos al menos una vez cada año; o en ventanales casi imposibles de limpiar sin realizar acrobacias. O aún en algo tan sencillo como lavar ropa en el mismo lavadero donde se limpian los trapos, jergas o mechudos. Esto nos obliga a pensar en tener dos lavaderos, uno afuera de la cocina y otro en el área de lavado.

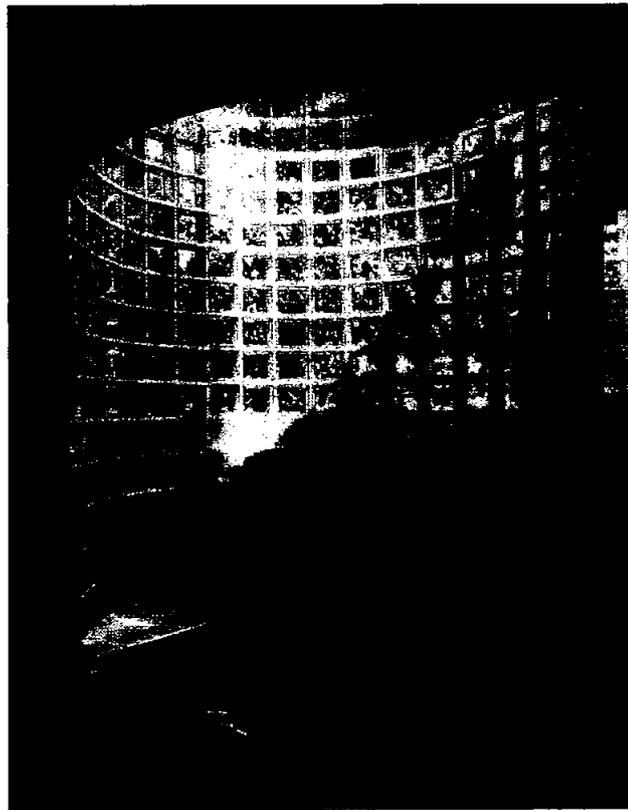
Todo esto y más debe ser previsto desde el diseño. Y aquí el sentido crítico y autocrítico, y la retroalimentación de ideas con los futuros usuarios -especialmente con las amas de casa- juegan un muy importante papel.

Privacidad y territorialidad. Una vivienda grata y habitable también dependerá de crear espacios privados y para la privacidad. Ventanas que no coincidan con las de los vecinos, espacios íntimos aislados de los de uso colectivo y que no den a la calle, ni aunque estén ocultos mediante cortinas, ventanas polarizadas o vidrios chinos.

¹⁴ Este tema de la arquitectura para ser vivida todos los días en contraposición a la creación de entornos opresivos, es tratado en forma extraordinaria por Alberto Saldarriaga Roa, en su libro *Arquitectura para todos los días, la práctica cultural de la arquitectura*; Universidad Nacional de Colombia, 1992.

La ecoarquitectura también debe contribuir, mediante una adecuada distribución de los espacios, a que se dé fácilmente la territorialidad que cada miembro de la familia necesita para desarrollarse sanamente. Ejemplifiquemos lo anterior con el baño: debe diseñarse de manera que si un usuario así lo quiere, nadie se entere de que entró en él. Esto se logra ubicándolo en rincones, al final de pasillos secundarios o dentro de las recámaras.

El confort acústico y olfativo, así como la iluminación natural es algo que no debe descuidarse al momento de diseñarlo. Pero aún más, el baño (esto es, la tina, regadera o jacuzzi) puede separarse del WC y el lavabo, como se acostumbra en muchos países orientales. Y esta separación permite un uso muy original de los espacios, al menos para la cultura occidental.



*Fig. 9 Baño, Casa El Retiro, Morelos.
Arq. Jorge Mercado*

3.2 Confort térmico

Se denomina confort térmico al logro del bienestar mediante la obtención de un rango de temperatura en el espacio arquitectónico, en el cual un usuario se sienta bien, esto es, que su bienestar no sea perturbado a causa de la presencia de condiciones de temperatura y humedad que lo hagan sentirse incómodo.

Sus parámetros los ha definido la arquitectura bioclimática y están determinados tanto por factores objetivos de temperatura real, como por factores subjetivos. La percepción del confort térmico se da principalmente a través de la piel. Para comprender el comportamiento térmico del cuerpo humano ante los factores ambientales es necesario conocer algunos aspectos fisiológicos. Por ejemplo, los seres humanos deben mantener constante su temperatura (entre 36.5°C y 37°C) bajo cualquier situación climática. La energía necesaria para lograr esta autorregulación se obtiene a través de la oxidación de los alimentos. Del total de la energía producida, solamente se utiliza alrededor de un 20% para las necesidades internas del cuerpo, mientras que el 80% restante debe disiparse al medio ambiente. De hecho, para que exista balance térmico entre el cuerpo y el medio ambiente, es necesario que este calor restante sea disipado. Esta disipación se efectúa a través de la piel y los pulmones, aumentando la temperatura del aire.

La **temperatura del aire** es un factor importante de controlar, ya que entre mayor es la diferencia entre la temperatura ambiente y la corporal, mayor es el flujo de calor, aunque la aclimatación de un individuo al ambiente, depende también de la temperatura en la cual viva la mayor parte del tiempo. Así, una persona acostumbrada a vivir en un clima frío soporta temperaturas más bajas que otra que no lo está. Esto lo estudia la arquitectura bioclimática como *las pieles* en la arquitectura. La *primera piel* o epidermis tiene en cada individuo diferente rango de tolerancia al calor o al frío. Esto lo debe considerar el arquitecto al diseñar, ya que la ubicación de los espacios, su iluminación y los materiales que envolverán la vivienda dependerán de esa tolerancia (ver 7.1.5 *La Envoltiente Arquitectónica*).

La temperatura de confort, (llamada también *termopreferendum*) representa un rango de temperaturas en el cual los individuos expresan satisfacción térmica con el ambiente.

Otro factor que afecta enormemente la sensación térmica del cuerpo, al punto de ser más significativa que la temperatura del aire, es la **temperatura radiante**, esto es, la temperatura provocada por la irradiación solar, aunque también puede ser la emitida por alguna otra fuente de calor, por ejemplo, una chimenea encendida.

La **humedad del aire** juega también un papel importante en el confort térmico; si el ambiente está muy húmedo, el organismo para equilibrarse, evapotranspirará a través de la sudoración. Para determinar gráficamente las zonas de confort térmico, se utilizan la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. Las zonas de confort térmico, obtenidas a partir del *termopreferendum*, nos sirven al momento de realizar un proyecto arquitectónico, pues las protecciones contra el Sol que diseñemos (sean aleros, partesoles o *muros verdes*) deberán calcularse en horas, días y meses fuera de la zona de confort térmico.



Fig. 10 El muro de vitroblocs en esta estancia contribuye a su confort térmico. No así la chimenea que significa una fuga lenta, pero continua y significativa, de calor (ver 7.4 Chimeneas)

El **movimiento del aire** también provoca efectos térmicos en el individuo aún sin que cambie la temperatura ambiente. Con el movimiento del aire se incrementa la disipación del calor del cuerpo de dos maneras: incrementando las pérdidas convectivas de calor y acelerando la evaporación a través de la piel.

En la segunda parte de este trabajo se incluye el diseño y cálculo de ecotécnicas bioclimáticas. Asimismo, las estrategias para lograr el confort térmico, las cuales incluyen el cálculo de aleros, partesoles y *muros verdes*.

Más precisamente, en 7.1.2 *Herramientas para el Diseño Bioclimático*, pueden conocerse las distintas herramientas que existen para diseñar espacios térmicamente confortables; por ejemplo, una fórmula para el cálculo del *termopreferendum*¹⁵, o sea, de los rangos de temperatura en los que se está en confort, información muy útil en el diseño bioclimático.

¹⁵ El Dr. David Morillón capacita en la aplicación de esta fórmula en la Especialidad en Heliodiseño de la Facultad de Ingeniería, UNAM.

3.3 Confort lumínico visual

Aunque ambos están relacionados, el confort lumínico difiere del confort visual en que el primero se refiere a los aspectos físicos, fisiológicos y psicológicos relacionados con la luz; el segundo se refiere a los aspectos psicológicos relacionados con la percepción espacial y de los objetos que rodean al individuo.

El confort lumínico significa que nuestra visión no se sienta incómoda, sea por la intensidad, los contrastes o las discontinuidades en la iluminación o por la información disruptiva que un escenario determinado puede provocar en quien se encuentre en el espacio arquitectónico. Desde luego, estos conceptos tienen que estudiarse en cada caso.

Asimismo, suele asumirse que si se provee una cantidad suficiente de luz, según algunas normas, se puede desarrollar cualquier tipo de trabajo; sin embargo, es necesario considerar la **calidad de la luz además de la simple cantidad**.

La calidad de la luz tiene que ver con la o las longitudes de onda de la luz visible que se estén recibiendo (dentro del espectro de la radiación electromagnética, la luz visible corresponde a una estrecha banda situada entre los 380 y los 760 nanómetros). La sensibilidad del ojo humano varía de acuerdo a la longitud de onda, presentándose la máxima sensibilidad alrededor de los 550 nanómetros (correspondiente al color verde-amarillo) y la luz del Sol, que difunde su energía de manera continua y bastante pareja -por lo que emite *luz blanca*- tiene su énfasis alrededor de los 500 nanómetros (correspondiente al color verde).

Es por esto que puede hablarse de una **relación de causalidad** entre la respuesta del ojo humano y el Sol: este órgano está diseñado para percibir la luz emitida por él. De ahí que es un error utilizar en iluminación los focos incandescentes como sustitutos diurnos de la luz natural, ya que irradian mucho más rojo que azul y verde, además de que tienen su máxima emisión en una longitud de onda de 966 nanómetros (en los infrarrojos), lo cual, además de hablar de su ineficiencia como fuentes lumínicas (puesto que convierten la mayor parte de la energía que consumen en calor) puede dañar la vista por exceso de calor (radiación infrarroja). Es por esta razón que la gente que se somete a lámparas infrarrojas -sea para terapia o para broncearse- debe protegerse los ojos¹⁶.

De igual manera, las lámparas fluorescentes compactas (llamadas lámparas o focos ahorradores, ya que consumen 75% menos energía eléctrica que los focos de luz incandescente para una misma emisión luminosa) no deben tampoco ser sustitutos de la luz natural, ya que irradian hacia el azul (focos de luz fría) o el rojo (focos de luz cálida). De hecho, al instalar estas lámparas ahorradoras lo mejor es adquirir las que emitan su luz en rangos lo más cercano posible al verde-amarillo.¹⁷

El peor error que puede hacerse al iluminar con luz artificial, es instalar tubos largos fluorescentes con balastros no electrónicos (desgraciadamente muy populares) ya que irradian una luz, que aunque baja en rojo, es muy discontinua (estos focos vibran 60 veces en un segundo) por lo que el ojo humano alcanza a percibirla subliminalmente, con cierta molestia o aún daño si se trata de actividades que requieran continuo uso acentuado de la visión (leer, escribir, realizar trabajos artesanales o manuales). De

¹⁶ Toda la anterior información sobre Óptica e Iluminación fue proporcionada durante la Especialidad en Heliodiseño, de la Facultad de Arquitectura, UNAM, (1998) por el Dr. Agustín Mulhía, del Instituto de Geofísica, UNAM, y por el Ing. Mario Reynoso, ambos docentes dentro de dicha Especialización.

¹⁷ La marca Phillips produce la línea de lámparas ahorradoras llamadas *Ecotone*, dentro de las cuales se encuentran algunas que irradian en rangos cercanos al verde-amarillo.

hecho, personas que trabajan en este tipo de actividades 8 horas al día, en espacios así iluminados, suelen tener a largo plazo, reducción visual y aún ceguera parcial o total.



Fig. 10 a. Distribución del espectro luminoso de cuatro fuentes de luz: la primera es la de la luz solar, con una emisión continua y muy equilibrada, la segunda es de un foco de luz incandescente y puede apreciarse como emite hacia el rojo.

La tercera y cuarta imágenes son de dos lámparas fluorescentes compactas (se aprecian las discontinuidades en la emisión características de los focos fluorescentes, originadas por las combinaciones de las mezclas de gases y superficies de emisión reactivas. La tendencia es fabricar lámparas que tengan un espectro más continuo: esto es sin saltos bruscos y con curvas de emisión lo más parecido posible a la luz solar). Las de tipo compacto tienen intervalos de encendido-apagado tan cortos (milés de ciclos por segundo) que no resultan dañinos a los ojos). La que posee una distribución espectral más parecida (BLANCO UNIVERSAL, con luz cálida) es mejor.

Por último, habrá que tomar en cuenta en qué momentos y circunstancias se va a utilizar luz artificial, pues no es lo mismo la iluminación diurna a la de una fiesta, una cena íntima, o la oscuridad necesaria para un sueño reparador que propicie la producción de melatonina por el cerebro, cuando dormimos. En términos generales, sin embargo, y en un contexto tan neurótico como lo suele ser la ciudad y la ajetreada vida actual, la vivienda ha de brindar protección, tranquilidad y sosiego, mediante un correcto diseño lumínico-visual, que incluye la necesidad temporal y espacial de la oscuridad.

La gráfica solar equidistante (ver 7.1.2 *Herramientas para el Diseño Arquitectónico y Apéndice*) permite fácilmente ver la ubicación del Sol todos los días y meses del año y resulta por tanto una herramienta fundamental para saber donde ubicar las ventanas, tragaluces y demás elementos para la iluminación natural de la vivienda.



Fig. 11. Confort lumínico visual en una pergola techada con piezas de polietileno reciclado, Casa Familia Padilla, Morelia, Michoacán

3.4 Confort acústico

Se refiere a la percepción que se da a través del sentido del oído. El control tanto de los niveles sonoros adecuados (aspectos cuantitativos) como la adecuada calidad sonora (aspectos cualitativos) generará condiciones de confort acústico. Cuando un sonido es desordenado o demasiado intenso, se convierte en un factor contaminante, aún cuando no sea un ruido (éste se define como un tipo de sonido indeseable, sea o no ordenado, sea tenue o intenso). La intensidad del sonido se mide en decibeles. Un ambiente ruidoso, pero no molesto, fluctúa de los 45 a los 55 decibeles.

La Organización Mundial de la Salud establece que más allá de los 90 decibeles se provocan daños físicos al oído y sin embargo, en muchos lugares (por ejemplo en gimnasios) es común encontrar música de fondo a 90 decibeles.

Por otra parte, diseñar y ubicar correctamente los espacios arquitectónicos para neutralizar ruidos, por ejemplo en los baños y cocina, contribuye al confort acústico.

Pero aún más, se deben extender esas condiciones de bienestar al entorno total de la vivienda: una casa protectora y auspiciadora de paz y bienestar espiritual y fisiológico donde se pueda oír correr del viento lo mismo en las frondas de los árboles que en un mini carrillón de tubos metálicos. El sonido cantarino de una fuente o el piar de los pajarillos no son lujos románticos, sino reales necesidades del cuerpo y el alma tan estresados por el tráfico urbano. Y un proyecto ecoarquitectónico debe siempre tomar en cuenta este universo acústico.

3.5 Confort olfativo

En las congestionadas y contaminadas ciudades es creciente la incidencia de enfermedades respiratorias y de alergias, especialmente en la población más vulnerable: niños, enfermos y ancianos. Se ha comprobado que la falta de una buena ventilación y a veces hasta el abuso del aire acondicionado (que no se renueva, aunque por error se crea que sí) son factores si no causantes, al menos coadyuvantes de importancia real.

Ello, además de lo incómodo que resultan los olores no ya digamos tóxicos, como lo puede llegar a ser el humo de la cocina, sino simplemente desagradables y perturbadores. Y aunque este es un tipo de confort pocas veces considerado, es un factor importante que debe ser tomarse en cuenta al momento de diseñar.

El confort olfativo tiene dos vertientes de análisis, la primera referente a la utilización de olores agradables con el fin de producir una cierta sensación psicológica en el individuo. La segunda trata del manejo que debe darse a los olores desagradables. En ambas será un factor fundamental el diseño del proyecto arquitectónico respecto del **eje eólico**.

En las casas que hemos diseñado, enfatizamos en la importancia una buena ventilación, por lo que siempre partimos de considerar dicho *eje eólico*, esto es, la dirección de los vientos dominantes, para el diseño de los diferentes espacios y ventanas, aunque tomando en cuenta los cambios de una ventilación estacional para lograr confort térmico.

Así pues, el diseño de los espacios arquitectónicos dependerá de la dirección de los vientos dominantes, si se quiere lograr confort olfativo. Por ello, en terrenos urbanos en que por falta de espacio no sea posible tener patios internos, lo mejor es ubicar los sanitarios y cocina hacia donde no soplen los vientos dominantes. Así por ejemplo, en Morelia los vientos dominantes soplan del SSW, pero durante el otoño lo hacen del NE.

Las ventilaciones de la cocina y sanitarios no deberán ubicarse en estas dos orientaciones, ya que de hacerlo, los olores producidos en ellos pasarán a otras áreas de la vivienda, a no ser que haya un patio por el que esos olores salgan al exterior.

Asimismo, el jardín deberá estar orientado hacia los vientos dominantes, ya que así proporcionará a la vivienda agradables olores (desde el de tierra mojada o de plantas aromáticas y flores, hasta el aire humedecido por las hojas de los árboles, sin polvos ni alérgenos, en primavera).

Así, en nuestros proyectos, la aireación que ayuda a deshumedecer ropa y casa en la época de lluvias, y la inducción de corrientes de aire tibio del invernadero en los días fríos, son debidos al conocimiento de la dirección que tienen los vientos dominantes.

Otros elementos arquitectónicos para generar confort olfativo y térmico se encuentran en las habitaciones y los baños: en varias viviendas que hemos diseñado, las recámaras poseen ductos de ventilación, que extraen el aire caliente encerrado, de manera continua. Estos ductos se cierran únicamente durante los días más fríos de invierno.

A su vez, el olor y humedad en baños que por su diseño carecen de ventanas exteriores, la hemos resuelto mediante un sistema de ventilación inducida (basado en las torres de viento árabes) que posee una pequeña puerta que se abre y cierra de acuerdo a las necesidades diarias. En la segunda parte de este trabajo se explica el diseño y funcionamiento de ambos sistemas.

3.6 Confort sensorial táctil



*Fig. 12 El confort sensorial táctil de los distintos materiales
(Casa Manuel Mestre, México)*

Los arquitectos, que tanto cuidan las texturas aparentes, saben de la importancia estética de esta percepción sensorial. Sin embargo, nosotros nos referimos a ello no sólo en el sentido estético, nada despreciable, sino también en el sentido práctico que es el que disfruta -o sufre- principalmente el ama de casa o quien hace el aseo de pisos, paredes, muebles, cocina o baños. Por eso, es necesario que los pisos y otras

superficies horizontales (sean de mosaico, cerámica, mármol o madera) sean fáciles de limpiar, para lo cual de preferencia deben ser lisas, pero no tanto que puedan provocar accidentes, especialmente en los pisos de baños y demás áreas húmedas.

3.7 Confort ergonómico y psicomotriz

Este es un evidente factor del diseño arquitectónico, pero aquí tiene una significación especial, ya que una vivienda debería facilitar los cambios de conducta que esperamos en un hábitat alternativo. Así, reducir a sólo lo necesario el estar subiendo y bajando la escalera que nos conduce a la parte alta, se logra si la lógica de habitabilidad por tipo de actividad, permite una permanencia mayor en cada nivel; por ejemplo, zonas de uso no frecuente, arriba; zonas de uso frecuente, abajo. Aún así, es conveniente prever al momento de diseñar, que una vivienda de dos o más pisos pueda fácilmente ser transformada para ser de un solo piso, ya que en la tercera edad esto se vuelve necesario.

Por otra parte, en una vivienda diseñada con criterios ecoarquitectónicos es necesario tener espacios para tratar los desechos orgánicos o desplazar fuera de la casa los de tipo inorgánico. Por esta razón, deberá tener siempre dos patios, uno adelante y otro atrás (de servicio) unidos mediante un pasillo fuera de la vivienda, para poder hacer todos los movimientos antes señalados sin pasar a través de la casa.

Un aspecto ergonómico importante, que a veces se olvida, es el de los pequeños desniveles: hay que recordar que un nivel de menos de 5 cms de alto, es peligroso. Y geobiológicamente hablando, es más sana una estancia elevada o al nivel del piso que una que esté hundida¹⁸.

También cualquier vivienda, no importa si es o no ecológica, debe tener espacios cuya lógica y estética haga agradable y funcional el recorrerlos o el estar en ellos.

4. Aspectos tecnológicos

4.1 Selección de la tecnología

Un profesional responsable con el medio ambiente debe diseñar y construir procurando utilizar una tecnología no lesiva al ambiente natural ni a la salud humana. De esa manera contribuirá a un desarrollo auténticamente sustentable y a una mejora efectiva en la salud del ambiente y la calidad de vida.

Y para ello debe considerar la incorporación de ecotécnicas y sistemas constructivos que cumplan los requerimientos de lo que se denomina *tecnología apropiada*, cuyas principales características pueden describirse así:

SENCILLEZ- La tecnología apropiada debe ser intrínsecamente sencilla en la integración técnica de sus componentes, aunque puede haber sistemas y productos complejos estructuralmente; si bien éstos deben ser conceptualmente simples para poder ser apropiados por sus usuarios.

¹⁸ Aunque se desconoce la razón científica, experimentos con equipos geobiológicos hechos en varios países europeos a distintos grupos de personas, han demostrado la presencia de mayores perturbaciones geomagnéticas (reacciones radiestésicas) cuando se encontraban en estancias hundidas, que cuando lo estaban en estancias que estaban más elevadas o al mismo nivel que el resto de la vivienda. En Japón, tradicionalmente el diseño de áreas de estar en las viviendas se hace elevándolas o dejándolas al mismo nivel de toda la casa, por razones que actualmente se ha demostrado, son radiestésicas. (Para profundizar sobre este tema, consúltese *Radiestesia médica*, Adrien Gesta, Editorial Índigo, Barcelona, España, 1989)

DEBERÁ EMPLEAR la mano de obra local, no necesariamente calificada, de manera intensiva, y en general, preferir alternativas con bajos requerimientos de capital y alta demanda de mano de obra.

DEBERÁ PRESTARSE AL TRABAJO COLECTIVO Y COMUNITARIO, como por ejemplo el "tequio" o trabajo solidario comunal de muchos pueblos indígenas. También se puede utilizar los servicios de artesanos locales y regionales.



Fig.13 La tecnología apropiada y el trabajo comunitario

PREFERIRÁ USAR MATERIALES ABUNDANTES en la región y de ellos, preferentemente los de tipo renovable o, al menos, los que sean susceptibles de volver a ser utilizados o reciclados al final de su uso, o que en su eventual desecho, no contaminen o dañen al ambiente.

EN SU OPERACIÓN usará poca energía, de preferencia de tipo renovable (sol, viento, hidráulica, biomasa, metabólica)

DEBERÁ FOMENTAR LOS VALORES DE LA COMUNIDAD, los de cooperación y los de competitividad, aunque respetará la individualidad.

UTILIZARÁ LO MENOS POSIBLE ELEMENTOS DE IMPORTACIÓN, que no fomentan la autosuficiencia tecnológica. En cambio, permitirá que la operación, el mantenimiento y la eventual reparación de los equipos esencialmente se hagan regionalmente y no que dependan de refacciones o financiamientos externos caros y complicados.

Con estos criterios hemos diseñado decenas de viviendas en Michoacán. La experiencia y los conocimientos adquiridos durante su diseño y construcción, forman parte del acervo y del *know how* que quiero dejar plasmado en este trabajo, de tal manera que sirva de base a quienes deseen construir ecológicamente, de manera tal que los proyectos que diseñen sean dignos de ser llamados ecoarquitectónicos.

Finalmente, aunque éstas son las características que definen la tecnología apropiada, no deberán de tomarse rígidamente, sino más bien ser una guía, un criterio general que sólo el arquitecto sabrá cuándo es posible y conveniente aplicar y cuándo han de hacerse excepciones, con toda la imaginación, creatividad y talento que posea.



Fig. 14 Casas tradicionales de la región michoacana con clima templado subhúmedo del grupo Cb (w2). Su diseño y los materiales utilizados responden a las condiciones climatológicas específicas de esa región (Casas en San Juan Nuevo, Michoacán)

4.2 Materiales y sistemas constructivos

Si empezamos aquí a aplicar los criterios de la tecnología apropiada, buscaremos al diseñar, que los materiales seleccionados sean, en su mayor parte, de origen local o regional y sólo de manera indispensable utilizaremos aquellos que vengan de muy lejos o cuya fabricación sea contaminante o muy consumidora de energía.

También en lo posible, se diseñará utilizando materiales regionalmente abundantes y que utilicen las técnicas y la mano de obra disponibles localmente. Asimismo, dentro de un abanico de opciones posibles, los materiales elegidos deben ser los más duraderos y los que menos afecten al ambiente, tanto en su fabricación, como en su uso y su eventual desecho.

Obviamente, al aplicar criterios ecoarquitectónicos se elegirán materiales que produzcan fuentes de empleo locales y que no representen dependencia tecnológica, y que por añadidura, se integren -por continuidad o por contraste- al contexto arquitectónico y paisajístico local.

Y, por supuesto, deberán reunir las propiedades físicas para los usos a que se destinen: resistencia, durabilidad, peso o ligereza, conductividad o inercia térmica, características acústicas, textura, apariencia, belleza, color, etc.

Por lo anterior, algunos materiales y sistemas constructivos recomendados¹⁹ son:

1. TABIQUES DE BARRO industrializado, adobes compactados a alta presión²⁰ y SILLARES DE TEPETATE son una alternativa para suplir el tabique recocido convencional, el cual no es recomendable por la contaminación atmosférica y la destrucción de suelos que provocan las tabiquerías donde se elaboran.
2. TABIQUES DE CONCRETO CELULAR elaborados con cemento y yeso²¹



Fig.15 Tabiques huecos de barro industrializado

3. PIEDRA, siempre y cuando esté disponible localmente, como material de cimentación y para la construcción de paredes.
4. PANELES DE YESO para muros interiores y exteriores.
5. CONCRETO ARMADO, exclusivamente en elementos estructurales²², como cadenas de cerramiento y trabes, o en losas delgadas tipo escudo.
6. VIGUETA Y BOVEDILLA, por ser un sistema constructivo que se adapta perfectamente para que fluya aire a través de él y tener así techos con un excelente amortiguamiento térmico.
7. FERROCEMENTO, para los techos y losas de entrepiso autoestructurales, estanques, aljibes, tanques digestores, muebles de cocina, columnas huecas y ductos de chimeneas.
8. TEJAS, ya que por su forma (que permite exista una capa de aire en continuo movimiento) y por el material con que están hechas, logran un muy adecuado retraso térmico.

¹⁹ Ver *Directorio de Fabricantes*.

²⁰ En muchas ciudades del país se pueden comprar las máquinas compactadoras para elaborar los adobes con la misma tierra que se extrae para la construcción de los cimientos y el aljibe, adicionando cemento en caso necesario. La empresa Aceros América las distribuye en todo el país (ver *Desechos Sólidos en: Directorio de Fabricantes*)

A su vez, la empresa NOVACERAMIC elabora el tabique de barro industrializado TABIMAX, una muy buena opción para el aislamiento térmico-acústico. Asimismo, la empresa *Akar de México* vende las piezas de adobe estabilizado de 8.5x 14.5x 29 cms (ver *Directorio de Fabricantes*).

²¹ El sistema constructivo CONTEC está elaborado con concreto celular, tiene extraordinarias propiedades de aislamiento térmico-acústico, es muy ligero y reduce significativamente los tiempos de construcción (ver *Directorio de Fabricantes*).

²² El cemento es una de las industrias más demandantes de energía: una fábrica de cemento necesita tener sus hornos permanentemente encendidos a 4,000 °C. Por ello es altamente contaminante.



Fig. 16 Tejas de barro industrializadas

9. **MADERA.** Un material versátil y noble para pisos, paredes y techos, que también puede servir de material de sostén, a modo de cimbra perdida, en losas de vigas de concreto y en ferrocemento.
Por ejemplo, en nuestra casa ecológica construimos un techo mixto de madera-ferrocemento en la planta alta de la casa, que sirve también como calentador solar. En él, la madera trabaja como soporte del mortero, como aislante térmico y acústico, y como un recubrimiento decorativo interior -todo en uno- de la losa.
10. **ACERO** en elementos estructurales. De hecho una estructura de acero es un sistema constructivo más sustentable que el concreto o el hormigón armado, puesto que se utiliza menos energía para elaborar el acero que el cemento.
11. **MÁRMOL, GRANITO, CANTERA,** y un sin fin de materiales **PÉTREOS**, para pisos y paredes. Deben elegirse materiales pétreos de origen regional, ya que tienen la característica de haberse adaptado -durante millones de años- a las condiciones climáticas regionales, por lo cual no sufren desgaste, ni alteraciones en su composición química, como sucede con el concreto, cuyo pH es sumamente alcalino y cualquier medio ácido (como el producido por la elevada contaminación atmosférica de las ciudades) lo corroe.
12. **HERRERÍA TUBULAR** para escaleras, puertas y ventanas, para vigas de soporte o como estructura de sostén de techos translúcidos.
13. **ALUMINIO** para marcos de ventanas, estructuras de sostén de techos translúcidos y cancelas de baño; siempre y cuando sean hechas de aluminio reciclado, el cual es fácil distinguir por su coloración más opaca.
14. **VIDRIO, VIDRIO TEMPLADO Y ACRÍLICO** para domos y techos translúcidos, o **LÁMINAS** translúcidas acrílicas reforzadas con fibra de vidrio para techos. Las láminas de policarbonato extruído no son una opción sustentable, porque no duran más allá de 20 años.

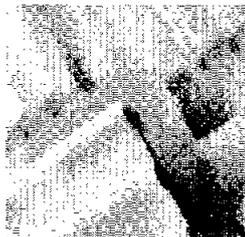


Fig. 17 Láminas de acrílico y fibra de vidrio

15. **FIBRA DE VIDRIO O POLIETILENO ALTA DENSIDAD (HDPE o PAD)** para tapas de aljibes y de los registros de sistemas de tratamiento de aguas servidas.

16. AISLANTES DE FIBRA DE VIDRIO para aislamiento térmico-acústico.

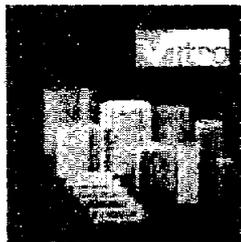


Fig. 18. Aislantes VITRO de fibra de vidrio

17. VIDRIO para ventanas, puertas, tragaluces y calentadores solares. VIDRIO DOBLE con vacío interior para un excelente aislamiento térmico-acústico.²³
18. FIBRA DE VIDRIO PLASTIFICADA y POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD para tinacos y tinas.
19. TUBERÍA DE COBRE para las instalaciones de agua potable; el PVC es sumamente contaminante.

Los materiales que se seleccionen, quierase o no, condicionan los sistemas constructivos. En la Segunda Parte de este trabajo se describen algunos sistemas constructivos que por no ser muy conocidos o estar en proceso de abandono es importante conocer o revalorar. Estos sistemas son:

- Cimientos de piedra reforzados y protegidos
- Losas y estructuras de ferrocemento
- Componentes estructurales huecos
- Techos con cimbra perdida
- Techos con colector solar primario integrado
- Suelo-cemento y malla-cemento

²³ En México, la empresa VITRO fabrica el vidrio doble DUO-VENT y la empresa VIDRIOS MARTE el vidrio doble THERMAK. La empresa CUPRUM elabora ventanas prefabricadas con vidrio doble, de distintos tipos y modelos. Por otra parte, es un error común de muchos arquitectos creer que el vidrio doble puede hacerse artesanalmente colocando dos vidrios en una doble estructura. Es necesario que entre los vidrios haya vacío o gas radón o criptón, así como un desecante que evite la formación de vaho. Asimismo, para lugares con climas extremos conviene que los vidrios con que se elabora un vidrio doble, sean de baja emisión (low-E) para retardar aun más la entrada y/o salida del calor.

Con el desarrollo del vidrio doble, los muros Trombe y muros acumuladores de calor (que jamás fueron una solución estética y económica) pasaron a la historia.

4.3 Selección de ecotécnicas.

En Arquitectura, las ecotécnicas pueden dividirse en dos categorías: las *bioclimáticas* y las que no lo son, y que he denominado *no bioclimáticas*.

Para climas templados subhúmedos Cb (w0), Cb (w1) y Cb (w2), la experiencia nos ha demostrado que los sistemas que se describen en la segunda parte de este trabajo, son los más convenientes tanto en términos técnicos como económicos.

Respecto de los sistemas bioclimáticos, es fundamental antes de comenzar a diseñar, conocer cuál es la estrategia bioclimática prioritaria: **calentamiento, enfriamiento, humidificación o deshumidificación**. Y deberá ser dicha estrategia prioritaria, junto con una adecuada iluminación natural, lo que regule el diseño arquitectónico. En la Segunda Parte de este trabajo, se explica el proceso de selección de estas estrategias bioclimáticas.

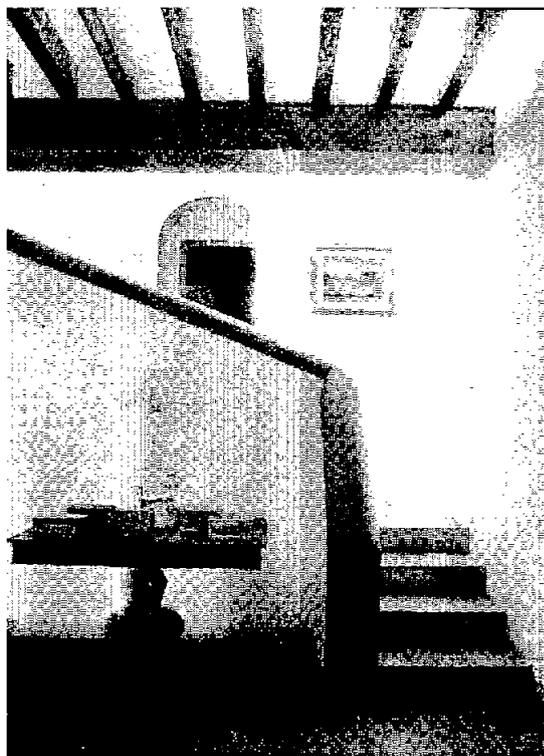


Fig. 19 Escalera correctamente iluminada mediante un domo (Casa Cafetos, Arq. Jaime Guzmán, México)

Respecto de las **ecotécnicas no bioclimáticas**, es prioritario captar y utilizar agua pluvial en vez del agua proveniente de la toma municipal, cuya calidad es muy baja en la mayoría de las ciudades del país. Asimismo, hemos comprobado que las aguas servidas, tratadas correctamente, pueden reciclarse dentro de la misma vivienda, en el riego del jardín y en los sanitarios.

Y por supuesto, que lo más conveniente es el agua calentada solarmente, y que por razones económicas en una vivienda urbana es mejor conectarse a la red de energía eléctrica convencional, que utilizar sistemas alternativos de generación eléctrica (fotoceldas, aerogeneradores o plantas de biogás) pero utilizar aparatos y equipos ahorradores de energía, ubicándolos correctamente dentro de la vivienda para hacerlos más eficientes.

Asimismo, es una excelente solución compostear los desechos orgánicos provenientes de la cocina y limpiar y separar los inorgánicos para permitir su reuso y reciclaje.

Todo lo anterior se trata ampliamente en la Segunda Parte de este trabajo.

5. Aspectos socioeconómicos y culturales

5.1 Contexto arquitectónico regional y local

Poco es lo que se puede decir sobre un tema que es -o al menos debe ser- del dominio pleno de los arquitectos. Así, me limitaré a recordar lo sencillo, pero al mismo delicado y difícil que es adecuar una obra a un cierto contexto arquitectónico, ya sea regional o local.

En primer lugar está la integración de la obra al contexto regional. Así, para el diseño de la vivienda es conveniente estudiar la **arquitectura vernácula regional**, y tener siempre presente que una bella y correcta solución arquitectónica es en mucho una adecuada solución a su entorno.

Ejemplifiquemos lo anterior con un error común: en Morelia pueden encontrarse viviendas y edificios públicos que se inspiran en las típicas *trojes* de la Meseta Tarasca. Las trojes son las casas que las comunidades purépechas han construido y habitado por muchas generaciones. Son soluciones arquitectónicas sabias, pues utilizan un material abundante localmente (la madera) para hacer una vivienda acogedora para la fría temporada invernal o para la no menos fresca y húmeda época lluviosa.

Pero al copiar exclusivamente las formas de las trojes, aislándolas del contexto que las generó, su sentido se corrompe, dando lugar a propuestas estéticas cuestionables, por decir lo menos.

Por otra parte, en Morelia y otras ciudades coloniales de la región, la arquitectura contemporánea ha incorporado la piedra, el adobe, los tabiques, los arcos de medio punto y los techos de viguería y terrados, clásicos del Altiplano Central Mexicano.

Un toque muy local ha sido el uso de la famosa cantera rosa, tan moreliana y que le otorga su carácter peculiar al Centro Histórico de la Ciudad. Pero para hacer una arquitectura correcta no hay que conformarse con incorporar ciertos materiales y elementos constructivos, hay que recordar que la forma debe integrarse al entorno. Y de ser posible, ir más allá, para crear una arquitectura trascendente.

En este sentido, es importante estudiar la excelente obra del arquitecto Carlos Mijares, durante su *periodo michoacano*.

El otro punto a considerar es el contexto local del barrio donde se ubicará el proyecto.

Así, al estudiar la colonia donde se ubicaría nuestra casa ecológica, observamos que no tenía elementos que le otorgaran un carácter particular; de hecho, no se distingue mucho de los barrios urbanos de clase media del siglo XX en todo México. Así que en este caso, el contexto local sólo se tomó en cuenta marginalmente, por no tener mucha significación, aunque su búsqueda la discreción en la fachada, por lo cual ésta sólo se compone de una barda y una reja tipo colonial, cubierta parcialmente por árboles. El contexto regional quedó manifiesto en el uso significativo de la madera, en el diseño de los arcos estructurales de la fachada, pero

principalmente en el patio interior climatizador, que se construyó con el sentido del antiguo patio central colonial, que climatizaba la vivienda.

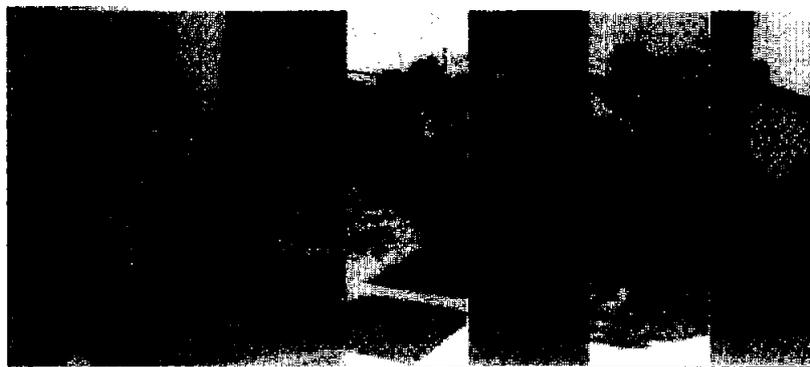
5.2 Parámetros económicos locales y de los usuarios.

Conocer los parámetros económicos locales y de los usuarios, sirve para ser realistas respecto de lo que se debe diseñar. Y es obligación del arquitecto hacerlo ver a los futuros usuarios.

En las asesorías ecológicas que he hecho, me he encontrado que familias que habitaron casas de interés social y tienen posibilidades de construir una vivienda mejor, si el arquitecto lo permite, la construyen demasiado grande, en buena parte por la necesidad de tener lo que no tenían: espacio, privacidad y territorialidad. Y resulta que como no tienen suficientes recursos económicos, las casas jamás quedan terminadas.

Por otra parte, una vivienda demasiado ostentosa para los parámetros económicos locales, aumenta los riesgos de robo o al menos de agresión, a través, por ejemplo, de *graffitis*. Por cierto, he comprobado que la mejor forma de evitar que una pared exterior sea pintarrajeada, es colocando plantas trepadoras sobre ella, o plantando árboles y setos en las banquetas, de modo que oculten parcialmente la pared. De este modo se les dificulta tanto el trabajo a los *grafiteros* que pasan de largo.

5.3 Parámetros demográficos.



Los parámetros demográficos son parte del estudio que debe hacerse para conocer el contexto en el que diseñaremos. La mejor manera de explicar qué son y cómo influyen estos parámetros es mediante un ejemplo:

Morelia es una de las llamadas *Cien ciudades medias*; cuenta con una población de alrededor de un millón de habitantes. Su rápido crecimiento a partir de los setentas (todavía en 1970 se estimaba que era una de las ciudades medianas que para el año 2000 no iba llegar al millón de habitantes) ha provocado un crecimiento desordenado, en el que supuestos planes de desarrollo urbano se convierten en expresiones pretéritas de buenas intenciones, rebasadas por la realidad de la carencia de vivienda para la población que migra de las zonas rurales, y de la avaricia de los especuladores urbanos con la complicidad de funcionarios corruptos. Estos factores, no obstante, no han influido mucho en el entorno, excepto por el valor de los terrenos que se han encarecido mucho, dando lugar a predios cada vez más pequeños y a una escasez creciente de

áreas verdes, que en el pasado reciente tuvo un dramático episodio local, cuando las autoridades estatales y municipales se coludieron para privatizar más de una hectárea de parque público en el área del Planetario y Centro de Convenciones, y construir allí un Centro de Exposiciones (*Expocentro Morelia*) al servicio de empresarios (al revés de otros sitios civilizados en que suelen expropiarse terrenos privados para hacerlos áreas verdes por causa de utilidad pública).

Como sea, a la ciudad le faltan áreas verdes, lo cual es una ironía porque siempre fue una ciudad muy arbolada, al punto que en el siglo XIX, la entonces señorial Valladolid fue reconocida como "el Jardín de la Nueva España".

5.4 Parámetros culturales

Como en el caso anterior, son determinantes en el diseño arquitectónico. Al diseñar la vivienda deben tomarse en cuenta las tradiciones, usos y costumbres de la comunidad en la que se inserta, para no causar rupturas o disrupciones estéticas, tecnológicas, anímicas o ambientales.

Para el caso nuestro, la marcada herencia colonial, junto con cierta sana tradición michoacana de apertura al progreso técnico (en términos de tecnología apropiada) que existe desde la tecnología artesanal purhépecha y pasa por el impulso renacentista de Vasco de Quiroga, no hizo sino facilitarnos la inserción de lo ecoarquitectónico en una sociedad que lo apreciaba e incluso, lo auspiciaba, como en tantos otros sitios aún sanos de México, en los que se pueden revivir las mejores tradiciones tecnológico-culturales.

5.5 Parámetros de salud ambiental y calidad de vida.

Son de importancia crucial, tanto para entender el medio ambiental y comunitario, como para adaptar la vivienda para que proporcione la protección adecuada contra los factores nocivos del ambiente y, asimismo, para que los factores positivos sean aprovechados y reforzados por ella.

Así, el análisis de estos parámetros nos llevó a concluir que el barrio donde se halla la casa, no presenta problemas especiales de salud pública, más allá del promedio nacional. Entre ellos, desgraciadamente, la incidencia de enfermedades gastrointestinales de origen hídrico, dada la dudosa potabilidad del agua de la red, que en el municipio de Morelia es en general de mala calidad.

Por ello, los sistemas de captación pluvial y depuración *in situ* de las aguas servidas que posee nuestra casa, resuelven de hecho este problema.

Dicho tipo de enfermedades también es causado por las verduras cultivadas con riego de aguas negras sin tratar, a lo largo del Valle de Guayangareo, donde la Ciudad, sin una sola planta de tratamiento municipal, descarga sus aguas, a través de un río muy contaminado, que finalmente llega al gran y moribundo Lago de Cuitzeo.

A este problema no contribuye nuestra casa, ni otras que ya hemos construido, pues no envían sus aguas servidas al drenaje municipal.

Por lo que toca a la salud del ambiente, es obvia nuestra contribución directa e indirecta, y lo mismo puede decirse del enorme potencial de mejoría a la calidad de vida que la generalización de estos sistemas acarrearía a cualquier comunidad.

Por lo pronto, la calidad de vida de quienes habitan viviendas diseñadas con estos criterios es, con mucho, bastante mejor que la de quienes viven de modo convencional. Sin embargo, su evaluación aún es relativamente subjetiva y, ciertamente, depende de muchos otros factores además de la casa en sí. Pero ésta sin duda contribuye a proporcionar un hábitat sano, grato, no reñido con el medio ambiente y que en sí mismo es una contribución de muchas maneras directas e indirectas a la salud mental.

Todos estos factores usualmente no son tomados suficientemente en cuenta por el arquitecto convencional. Por ello creemos que debe generarse un cambio, pues la salud mental y espiritual tan deteriorada por la neurosis urbana actual, es tan importante como la salud física normalmente considerada, a la que desde luego afecta aquella y mucho.

6. Aspectos Estéticos

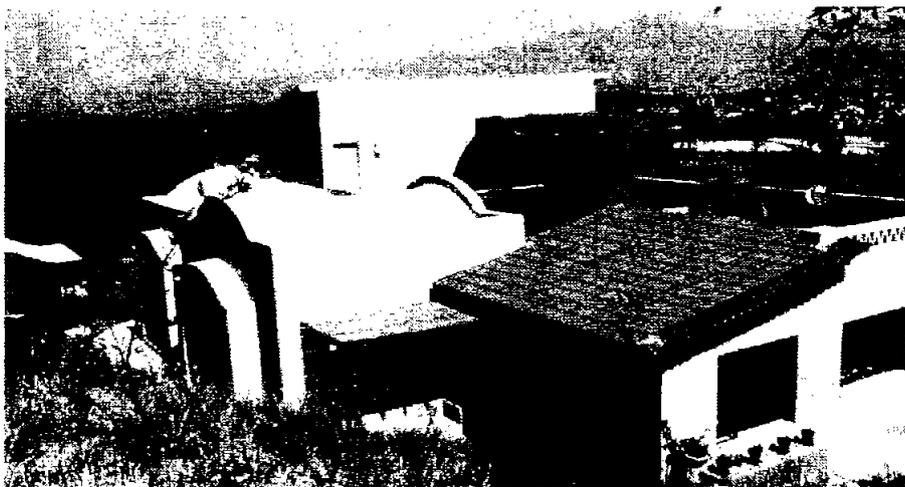


Fig. 21 Vivienda urbana en Morelia, Michoacán, en la cual se han integrado acertadamente aspectos estéticos y ecológicos (Casa Familia Padilla, Arq. Gil Treviño)

Hay tres aspectos que me parecen prioritarios en un proyecto arquitectónico y que muchas veces se olvidan o se sacrifican en aras de aspectos estéticos por demás cuestionables: el confort, la habitabilidad y la adaptación al medio ambiente. Estos aspectos ya fueron estudiados dentro del análisis integral que he propuesto; son los *aspectos físicos, ecológicos y del bienestar*.

La clave del verdadero diseño arquitectónico está en la suma armónica de los diferentes elementos necesarios y funcionales, integrados -gracias al talento del creador arquitectónico- de una manera estética. Más nunca ha de supeditarse una cosa a la otra. Hacerlo a favor de la estética hará pasar la obra a otros campos del arte, en el mejor de los casos, pero negará la esencia de la arquitectura, un arte útil. Y hacer lo contrario, supeditarlo todo a lo utilitario-funcional, la mutilará en una parte fundamental de la arquitectura, la belleza. Así pues, una integración armónica es el reto para el verdadero arquitecto.

Una arquitectura ambientalmente responsable deberá terminar con el concepto sobrevalorado de *estilo arquitectónico, de originalidad de forma*, pero sobre todo de que la arquitectura es prioritariamente una bella arte y por tanto, debe ser regida por la estética.

Actualmente suele considerarse inadecuado que un arquitecto no tenga un estilo propio.

Tomando las palabras de Geoffrey Broadbent²⁴: "... Todos los integrantes de un equipo de construcción saben de antemano cómo va a ser el edificio...Saben lo que pueden esperar en términos ambientales y en lo que a su calidad arquitectónica se refiere. Si un diseño ha resultado bueno, ¿Por qué valoramos tanto, entonces, la originalidad? Sencillamente, por los condicionamientos culturales. La gente espera que los artistas sean "originales"; los arquitectos son artistas, luego deben ser originales."

Ese es un mito que se debe romper. Y cuando esto ocurra, ya no existirán estilos arquitectónicos que identifiquen a un creador en particular, sino una arquitectura bellamente adaptada a las condiciones físicas y climáticas, ecológicas, tecnológicas, de confort, de habitabilidad, culturales y sociales.

El arquitecto que lo consiga logrará la preeminencia, y su verdadero *estilo* será conseguir siempre esa integración de manera afortunada.

Este camino ya ha sido iniciado por uno de los más grandes arquitectos contemporáneos: Sir Norman Foster.

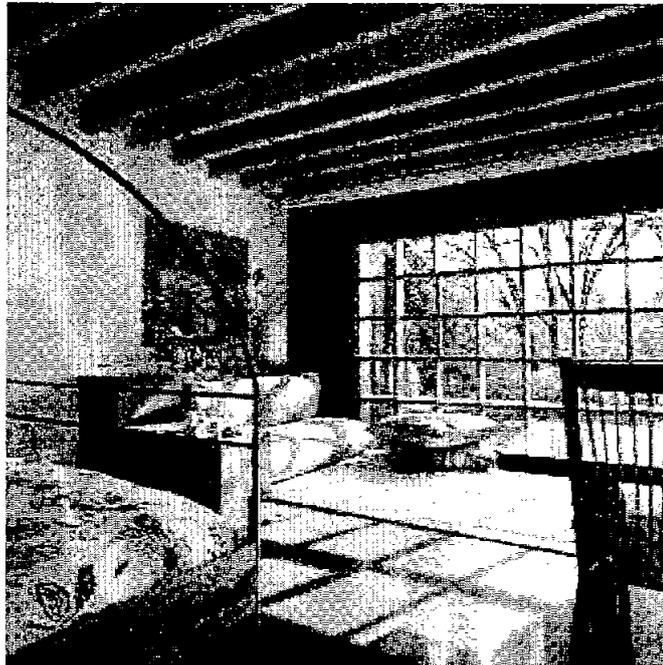


Fig. 22 Una arquitectura bellamente adaptada al entorno natural: Casa Akle, Arq. Legorreta, Avándaro, México.

²⁴ Broadbent, Geoffrey, *Diseño Arquitectónico. Arquitectura y Ciencias Humanas*, The Architectural Press Limited, London, 1995, p. 395.

Segunda Parte

Síntesis: Diseño de los Sistemas ¹

Todo proceso de diseño involucra una serie de toma de decisiones, pero en el caso del diseño con criterios ecoarquitectónicos, tal proceso debe hacer una valoración cuidadosa y distinta de todos los aspectos mencionados, que, como se ha visto, involucran muchos más factores que los normalmente considerados en el diseño arquitectónico convencional.

Además, su valoración, la ponderación de los distintos elementos y la jerarquización de las prioridades son distintas y suelen ser aquí más escrupulosas.

En este proceso de toma de decisiones se analizan todos los aspectos ya estipulados en la primera parte de este trabajo, priorizando la protección al ambiente y la calidad de vida, tanto de los usuarios como de la comunidad.

Una vez que todos ellos han sido analizados y jerarquizados, se comienza a trazar el proyecto, empezando con la orientación misma de los espacios, con el fin de **bioclimatizarlos**².

7. Sistemas bioclimáticos

7.1 Estrategias de climatización.

7.1.1 Selección de las estrategias de climatización

Por climatizar se entiende *crear las condiciones para que un espacio construido esté térmicamente agradable*.

La arquitectura bioclimática contempla cuatro estrategias para climatizar: el **calentamiento**, el **enfriamiento**, la **humidificación** y la **deshumidificación**.

La selección de estas estrategias se debe hacer considerando las condiciones climáticas a todo lo largo del año, y dependerá, por supuesto, del tipo de clima³.

En el subcapítulo 7.1.3 *Proceso de selección de las estrategias*, se presenta una guía que ha demostrado en la práctica ser fácil de entender y utilizar.

Según puede verse en esa guía, para el clima templado subhúmedo (que es el analizado en esta tesis) las estrategias de climatización son tres: calentar, enfriar y humidificar. Y es perfectamente posible aplicarlas con éxito, mediante sistemas pasivos.⁴

¹ En aquellos sistemas que por su complejidad o importancia resulte relevante, se incluye la descripción de los principios físicos en que se basan.

² Bioclimatizar significa utilizar elementos naturales (básicamente el sol, el viento, el agua y la vegetación) para crear condiciones de bienestar térmico en un espacio arquitectónico.

³ En el *Atlas Nacional de México, Tomo II, parte IV*, se encuentra el mapa climático de la República Mexicana (*Carta IV. 4. 10*). Este mapa se puede adquirir de forma separada en el Instituto de Geografía de la UNAM, campus Ciudad Universitaria. (Ver *Bibliografía recomendada*).

Para decidir qué sistemas pasivos se utilizarán, es necesario ubicar los distintos espacios arquitectónicos en relación a la trayectoria solar y a los vientos dominantes (esto es, lo que se denomina eje solar y eje eólico), pensando en cómo, cuándo (meses y horas) y qué tanto se desea que reciban la radiación solar y en cómo, cuándo y qué tanto requieren ser iluminados y ventilados.

Y aquí es donde se utilizan las extraordinarias herramientas que posee actualmente el diseño bioclimático.



*Fig.23 Una estancia dividida del vestíbulo por una puerta de madera es una estrategia pasiva de climatización muy eficaz en el invierno de climas templados subhúmedos, ya que así se mantiene atrapado el calor.
(Casa Ángeles, Arq. Gilberto Riojas, México)*

7.1.2 Herramientas para el diseño bioclimático

1ª Herramienta

Dos tablas:

- **La tabla de temperaturas horarias**, que nos permite conocer las temperaturas de confort hora tras hora todos los meses del año, en una región cualquiera. Se obtiene a partir del cálculo del **termopreferendum (Tp)**, utilizando la ecuación:

$$Tp = 17.6 + 0.31 (Tm) + 2.5^{\circ} \text{ c} \quad \text{donde,}$$

$$Tp = \text{termopreferendum}$$

⁴ Sistemas pasivos de climatización son todos aquellos que no utilizan energía fósil o no renovable, sino solamente la que proporciona directamente la naturaleza: la del sol, del viento, etc. Calentadores solares de agua por termosifón, ventanas con el tamaño y la orientación correctos, torres de viento árabes y bombas solares para agua, son ejemplos de estos sistemas. Sistemas activos son los que funcionan con energía no renovable (energía eléctrica, de gas, etc.) y poseen mecanismos relativamente sofisticados: *coolers*, bombas eléctricas para agua, ventiladores, sistemas de aire acondicionado, radiadores, etc.). Sistemas híbridos son aquellos básicamente pasivos, pero que se apoyan en algún sistema activo: un calentador solar de agua conectado automáticamente a un calentador auxiliar de gas, por ejemplo.

T_m = temperatura media mensual, que se obtiene de la normales climatológicas y, 17.6 y 0.31 = constantes;

Se utiliza además un programa desarrollado en una hoja de cálculo electrónico por la Universidad de Xalapa, que al ser alimentado con las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales, (obtenidas de los registros que hay en los centros meteorológicos regionales) nos da una tabla con las temperaturas hora tras hora de cada mes.

Así, es posible saber a qué horas se está en confort o fuera de confort térmico en el lugar en que haremos nuestro proyecto y podremos por ejemplo, diseñar aleros (protecciones horizontales) o partesoles (protecciones verticales) a partir de las horas en que la tabla obtenida señale que s realmente necesaria la protección. (Ver en el *Apéndice* la tabla de temperaturas horarias de la región de Morelia, hecha mediante este método).

- **La tabla de humedad horaria**, que se hace por medio del mismo programa, en otra hoja de cálculo electrónico, alimentándolo -en la parte correspondiente- con los datos de humedad relativa mensual, obtenidos también de los registros de los centros meteorológicos regionales.

2ª Herramienta: la gráfica solar equidistante, con la cual se puede conocer día a día la trayectoria solar en vista horizontal, en la latitud que se desee. Para obtenerla conviene utilizar un programa de computadora desarrollado en Italia, denominado *Sunchart*, ya que con él se obtiene muy fácilmente esta gráfica.

Con la gráfica solar equidistante se pueden calcular (apoyados en sencillas fórmulas trigonométricas) la longitud de aleros y partesoles, y, a partir de la fórmula trigonométrica para conocer el largo de las sombras, la ubicación óptima de cada espacio arquitectónico, así como el lugar exacto en que deben estar las barreras arbóreas y *muros verdes* para proteger del excesivo soleamiento.

La fórmula para calcular el largo de las sombras, es especialmente útil cuando se proyecta una vivienda en un terreno que tiene un edificio colindante alto, ya que al conocer cómo proyecta su sombra ese edificio en los meses invernales, podemos mover nuestro proyecto de manera que dicha sombra afecte lo menos posible el soleamiento de la vivienda en el periodo invernal.

En el *Apéndice* se puede ver una gráfica solar equidistante hecha mediante el programa *Sunchart* para los días 21 de cada mes⁵ en la latitud de Morelia (19° 42' N) y las fórmulas para calcular aleros, partesoles, barreras arbóreas y proyección de sombras, así como ejemplos de su aplicación.

3ª Herramienta: la gráfica solar cilíndrica, con la cual podemos conocer la trayectoria solar en vista vertical y calcular gráficamente cómo penetra el sol por las ventanas, mediante una mascarilla que se le superpone. Ya existe un programa de computadora, que permite obtener muy rápidamente el *reloj solar* (que es la base de la gráfica solar cilíndrica y una herramienta básica en heliodones que utilizan la luz solar como fuente fija) para cualquier lugar del planeta y en cualquier día del año. En el *Apéndice*, se puede ver la gráfica solar cilíndrica de Morelia (19° 42' N) obtenida mediante este programa.

4ª Herramienta: el heliodón, que permite simular en tercera dimensión el movimiento aparente del Sol en una maqueta arquitectónica. Es un dispositivo similar a un restirador, cuya base está fija o puede rotar para todos los lados.

Hay tres tipos de heliodones: los de fuente luminosa fija y base móvil, los de fuente luminosa móvil y base fija o semifija, y los de fuente luminosa y base móviles.

Dentro de estos tres tipos, los heliodones que utilizan la luz solar como fuente luminosa fija son los más adecuados para lugares intertropicales con buena irradiación la mayor parte del año, porque para simular el movimiento aparente del Sol, la fuente de luz óptima y la más económica, es obviamente la solar.

De hecho, la mayor parte de los heliodones que existen en todo el mundo, nunca utilizan la luz solar como fuente fija, porque estos equipos se han diseñado en universidades de países ubicados más allá de los

⁵ Los días 21 de cada mes son los mejores para diseñar cualquier tipo de gráfica solar, ya que cuatro veces al año, en marzo, junio, septiembre y diciembre, alrededor de esos días, el Sol toca perpendicularmente los trópicos y el Ecuador, ocurriendo los solsticios y equinoccios. Comúnmente se consideran estas fechas los inicios de cada estación (primavera, verano otoño e invierno).

trópicos, que por lo mismo reciben la luz solar de manera muy inclinada e inconstante. Por ello, requieren simular la luz solar mediante iluminación artificial, utilizando focos especiales que proyectan sombras ortogonales, o valiéndose del *cielo artificial* (un cuarto lleno de estos focos, colocados de manera que asemejen la luz solar y su trayectoria anual).

Su complejidad para moverlos hace que sólo tengan prefijadas tres o cuatro latitudes en su base (base semifija).

Estos heliodones son, como ya se dijo, los más adecuados para lugares con latitudes más allá de los trópicos ($23^{\circ} 27'$) o que aún siendo intertropicales, tienen alta nubosidad a todo lo largo del año, lo que dificulta el uso de la luz solar y obliga a utilizar luz artificial.

Pero para países como el nuestro (situados entre los trópicos y que reciben la luz solar muy perpendicular y constante a todo lo largo del año) convienen los heliodones portátiles con fuente de luz solar, que además utilicen un *reloj solar* intercambiable en una base móvil con brújula⁶, ya que resultan muy económicos al no depender de luz artificial. Su base móvil puede adaptarse a cualquier latitud y sólo requieren estar en un lugar que permita el libre paso de la luz solar cada vez que necesite analizarse el soleamiento en un proyecto (Fig. 24 a)

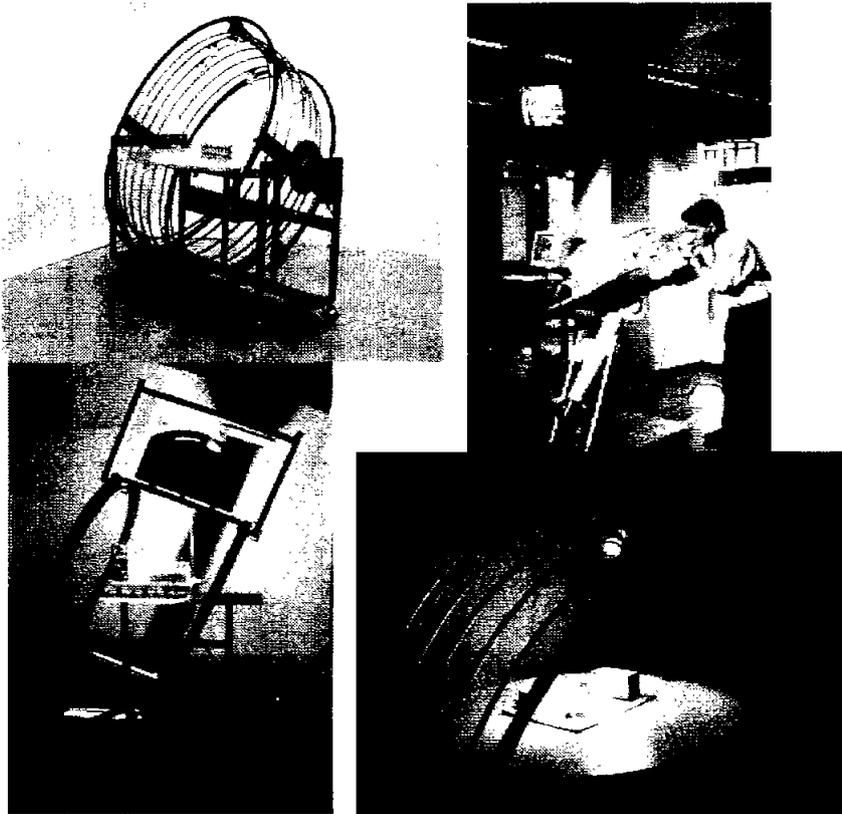


Fig. 24 (arriba izquierda) Heliodón con fuente de luz móvil de un solo foco.
(Universidad de Berkeley, California, EU)

Fig. 24 a (arriba derecha) Heliodón con base móvil y reloj solar, que utiliza la luz solar como fuente lumínica fija.
(Universidad de Berkeley, California, EU)

Figs. 24 b y 24 c (abajo) Dos imágenes de heliodones con fuente artificial móvil de uno y varios focos.
(Laboratorio de Bioclimática de la Universidad de Hong-Kong, China)

⁶ El Ing. Mario Reynoso (CIEPFA, UNAM) imparte cursos sobre el funcionamiento de estos heliodones (Ver *Directorio de Investigadores*). Por otra parte, el Centro de Investigación en Diseño Industrial (CIDI) de la UNAM, iniciará en breve (sep 2004), el diseño de un heliodón de este tipo, para su producción en serie.

5ª Herramienta: las fórmulas para calcular las ganancias por conducción de los materiales mediante el **balance estático, y el amortiguamiento y retraso térmico:**

- Para conocer qué tanto conduce el calor un material, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_c = A U \Delta t$$

donde,

Q_c = ganancia por conducción (en watts, w)

A = área del elemento de la envolvente expuesto al exterior (en m^2)

U = coeficiente de transferencia global de calor (en $w/m^2 \text{ } ^\circ c$)

Δt = incremento de temperatura (en $^\circ c$), que para los fines de este cálculo tiene valor de 1 ($\Delta t=1$)

A este cálculo se le conoce como *Balance Estático*.

- Para saber el *retraso térmico (en horas)* y el *amortiguamiento térmico (en %)* de un material, se utiliza un *método gráfico numérico* que emplea una ecuación de 1er. grado y una gráfica que contiene dos curvas asintóticas, las cuales permiten conocer el retraso y el amortiguamiento térmicos.

6ª Herramienta: las fórmulas trigonométricas para conocer **la declinación, el tiempo solar verdadero, el azimuth, la altura solar, el ángulo cenital y el ángulo solar horario**. Asimismo, para saber cómo incide la radiación solar y poder calcular a partir de ella, la cantidad de energía (en watts) que incide sobre planos verticales, horizontales e inclinados.

7ª Herramienta: el programa de computadora **KUTNESHKA** diseñado por el Instituto de Geofísica de la UNAM, que de manera gráfica nos permite conocer la cantidad de energía solar radiante que llega a una superficie cualquiera.

8ª Herramienta: la **Norma Oficial Mexicana 020 (NOM 020)** que rige el diseño bioclimático de viviendas en todo México. La Comisión Nacional de Energía (CONAE) es la encargada de difundirla y dar cursos de capacitación para poder aplicarla.

9ª Herramienta: el **balance térmico dinámico**, que es quizás la parte más sofisticada del diseño bioclimático, pero que mediante un programa de computadora denominado *Transis*, puede obtenerse con cierta facilidad, siempre y cuando se conozca el proceso de cálculo fundamental, que se basa en la siguiente ecuación:

$$Q_s + Q_c + Q_v + Q_e + Q_i + Q_m = 0$$

Donde,

Q_s = ganancias solares (a través de vidrios)

Q_c = ganancias o pérdidas por conducción

Q_v = ganancias o pérdidas por ventilación

Q_e = ganancias o pérdidas por evaporación

Q_i = ganancias internas (metabólicas y por equipos de iluminación y electromecánicos)

Q_m = ganancias o pérdidas por equipos de climatización

Si se desea conocer más sobre esta herramienta, recomendamos consultar cualquiera de los diversos trabajos de cálculo térmico dinámico aplicado, que hay tanto en la UNAM, como en la Universidad de Colima y la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

10ª Herramienta: la **caja translúcida** para conocer la posible circulación de los vientos en nuestro proyecto. Se introduce una maqueta del proyecto (a la cual se le coloca un techo transparente, dejando abiertos los espacios no techados) dentro de esta caja, orientándola correctamente, y se le hace pasar una corriente de

humo (utilizando un ventilador de poca potencia) de modo que asemeje lo más posible el comportamiento de los vientos dominantes⁷.

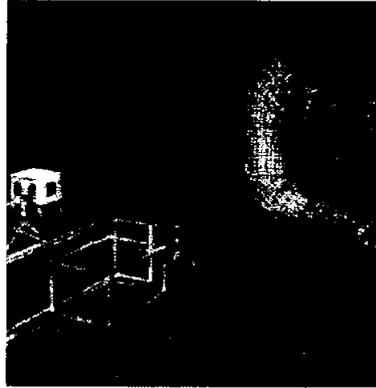


Fig. 25 Estudiando el comportamiento de los vientos mediante una maqueta translúcida (Universidad de Nottingham, U.K.; School of the Built Environment)

Las mínimas herramientas que por su sencillez para obtenerlas e interpretarlas, deben utilizarse para diseñar bioclimáticamente son:

- 1º. La gráfica solar equidistante
- 2º. Las tablas de isorrequerimientos (temperatura y humedad horarias) y,
- 3º. La orientación de los vientos dominantes.

Sin embargo, es conveniente conocer también el **amortiguamiento y retraso térmico** de los sistemas constructivos (no sólo de los materiales)⁸ que se piensen utilizar.

Aunque el manejo de estas herramientas es relativamente sencillo, se requiere capacitación. Actualmente casi todas las universidades del país que poseen diplomados o maestrías en Arquitectura Bioclimática o Diseño Arquitectónico, imparten cursos cortos sobre el manejo de estas herramientas⁹.

7.1.3 Proceso para la selección de las estrategias de climatización

Una vez conocido el clima del lugar donde se realizará el proyecto, a través del *Mapa Climático de la República Mexicana*¹⁰ y de las normales climatológicas regionales, podemos saber cuándo es necesario calentar, enfriar, humidificar o deshumidificar con sólo analizar **las tablas de temperatura y humedad horarias**. Más aún,

⁷ En el Laboratorio de Bioclimática de la UAM Azcapotzalco se utilizan también estas cajas. Para conocer más sobre ellas, comunicarse con el Mtro. Víctor Fuentes Freixanet (ver *Directorio de Investigadores*)

⁸ El cálculo del amortiguamiento y retraso térmicos debe ser hecho respecto del sistema constructivo completo; por ejemplo, una losa elaborada con vigueta y bovedilla de arcilla, debe incluir el impermeabilizante externo, el mortero sobre la estructura y el yeso bajo ésta. Esto significará calcular el impermeabilizante, el mortero, la bovedilla de arcilla, el aire intermedio, nuevamente la bovedilla de arcilla y por último, el yeso.

⁹ En caso de no existir a nivel regional instituciones que impartan estos cursos, se pueden pedir información sobre ellos al Dr. David Morillón (Programa Universitario de Energía, UNAM); al Mtro. Víctor Fuentes Freixanet (UAM Azcapotzalco), o a la facultades de Arquitectura de la Universidad de Colima y de la Universidad Michoacana (ver *Directorio de Investigadores*).

¹⁰ *Mapa climático de la República Mexicana*, Tomo II, Carta IV. 4. 10, en: Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM, 1988. Este Atlas contiene la información climática más confiable que existe en el país.

ambas tablas nos permiten saber cuáles son las estrategias de climatización prioritarias. Conviene seleccionar una o dos como las prioritarias y a partir de ellas, jerarquizar las restantes.

Ejemplifiquemos lo anterior: en la Tabla de temperaturas horarias de la región de Morelia (ver *Apéndice*) se aprecia que esta región de clima templado subhúmedo¹¹ no tiene temperaturas muy bajas en el periodo invernal (la temperatura mínima promedio es 4.5°C y ocurre en enero alrededor de las 6 hrs), pero su temperatura al final de la primavera tiende a ser alta (la temperatura máxima promedio de mayo es 31.8°C y ocurre alrededor de las 14 hrs).

Si además observamos las normales climatológicas, veremos que a fines de mayo se presentan temperaturas máximas extremas de hasta 38.5°C.

Por otra parte, en la Tabla de humedad horaria¹² se puede observar que durante los meses de marzo, abril y mayo, es necesario humidificar a partir de las 11 hrs y hasta las 17 hrs.

Por todo lo anterior, es posible concluir que en la región de Morelia las dos estrategias prioritarias de climatización son el enfriamiento y la humidificación para mantener temperaturas de confort y adecuada humedad entre las 11 y las 17 hrs de esos meses cálidos y secos. Hay además una estrategia de climatización que no es prioritaria: el calentamiento para mantener térmicamente confortables las viviendas por las noches (entre las 20 y las 9 hrs) de los meses de noviembre a febrero.

Como se dijo antes, por las características no extremosas del clima templado subhúmedo, lo más recomendable es climatizar mediante sistemas pasivos. Para lograrlo, es necesario diseñar la vivienda respecto de los ejes solar y eólico.

Por medio de la **gráfica solar equidistante** se puede diseñar el proyecto respecto del eje solar (del doble eje móvil este-oeste y sur-norte, que sigue el sol diariamente y a lo largo del año). Utilizando este doble eje se pueden orientar los espacios de la vivienda de manera que se climaticen adecuadamente durante todo el año, y tengan al mismo tiempo una adecuada iluminación natural. Para ello hay que considerar el horario de uso de cada espacio.

Esta gráfica también sirve para diseñar los aleros, partesoles y protecciones arbóreas o *muros verdes* en las ventanas donde realmente se requieran y durante los meses y horas en que son necesarios.

El diseño de la vivienda respecto del eje eólico (el eje móvil por el que soplan los vientos dominantes) sirve para lograr la correcta ventilación de cada uno de los espacios, en particular de la cocina y baños. Este eje se obtiene analizando la dirección de los **vientos dominantes** a todo lo largo del año. Por ejemplo (ver *Apéndice*) en la región de Morelia los vientos dominantes de invierno, primavera y la mayor parte del verano y otoño, son tropicales y llegan de las costas del Pacífico con dirección SSW¹³

7.1.4 Diseño de los espacios arquitectónicos

Lo primero que se necesita considerar al diseñar una vivienda urbana con criterios ecoarquitectónicos, es el área de la que se dispone. Es importante saber que se necesitan como mínimo 200 m², ya que sólo así se puede construir la vivienda en la mitad del terreno de modo que reciba un correcto solemiento durante todo el

¹¹ La región de Morelia, como ya se explicó en la primera parte de este trabajo, posee los tres tipos de clima templado subhúmedo: el Cb(w0) (el más seco de los subhúmedos) en el norte, noreste y noroeste; el Cb(w1) (el subhúmedo intermedio) al centro del Valle de Guayangareo (que es donde está ubicada la ciudad de Morelia) y el Cb(w2) (el más húmedo de los subhúmedos) al sur, sureste y suroeste.

¹² Ver la Tabla de humedad horaria de la región de Morelia en el *Apéndice*.

¹³ Los vientos dominantes que soplan en Michoacán son tropicales, provienen del Ecuador (soplan del Sur al Norte) pero por el Efecto Coriolis se desvían a la izquierda y llegan a las costas del Pacífico por el SSW. Asimismo, los vientos dominantes alisios que soplan al fin del verano y principios del otoño en la región de Morelia, provienen del norte (dirección Norte-Sur), pero se desvían a la izquierda por el mismo efecto Coriolis, llegando por el NE. Para entender el Efecto Coriolis se recomienda consultar el libro *Viento y Arquitectura*, de Víctor Fuentes Freixanet (ver *Bibliografía*)

año, y en los 100 m² restantes se pueden construir si así se desea, los patios delantero y trasero, el pasillo exterior que los une¹⁴; los aljibes, el jardín, la cochera y demás zonas de transición del exterior al interior, además de los sistemas de tratamiento de aguas servidas y desechos sólidos.

Esto nos lleva a reconsiderar las actuales normas de construcción en nuestro país, ya que una vivienda construida en un terreno menor de 200 m², no permite la sostenibilidad, por muy buena voluntad que tengan quienes la diseñen. De hecho, lo óptimo son 400 m², porque sólo así es posible tener relativamente alejados del área de vivienda los sistemas de tratamiento de aguas servidas y desechos sólidos, tener espacio suficiente para construir unos aljibes que permitan tener agua pluvial durante todo el año y obtener cierta autosuficiencia alimenticia (Ver Fig. 26).

Los espacios interiores

Respecto del diseño de la vivienda en sí, en el Hemisferio Norte una distribución arquitectónica que busque bioclimatizar, tratará de orientar los lados más largos e iluminados de las recámaras, estancia y estudio hacia el S o SE, y los lados más cortos hacia el E-W o SW-NE, porque así tendrán tanto en techos como en muros más área de exposición solar en invierno y menos área de exposición al sol del poniente que en general en climas templados es agobiante, excepto en invierno.

Asimismo, se deberá intentar que los lados más largos de la cocina y baños estén al N, NE o NW y los más cortos hacia el E, W o SW, ya que si se analiza el eje solar se verá que son las orientaciones que reciben menos calor, y la cocina es un espacio generador de calor. Por su parte, el baño no es un lugar en el que se esté horas enteras, lo que permite que esté ubicado en esas orientaciones.

A su vez, por lo agradable que es el soleamiento matinal, es muy adecuado iluminar las recámaras y desayunoador por el E o SE¹⁵.

Aunque los baños se localicen al N, es posible hacer que reciban luz del S-SE-SW, colocando tragaluces o domos en lugares donde no reciban sombra de ningún otro cuerpo en invierno¹⁶ y diseñándolos para que reciban verticalmente la luz. (Ver diseños de tragaluces verticales en 7.2. Iluminación natural)

Hay que recordar que la cocina es, podríamos decir, el centro de la vivienda, y donde permanecemos más tiempo después de las recámaras. Por ello debe ser amplia, estar bien iluminada y ventilada, y tener una cuidadosa distribución. En zonas intertropicales no debe tener tragaluces ni ventanas que no sean completamente verticales, ya que de no hacerse así, la luz solar se recibirá muy directamente incomodando a quienes estén en ella, ya que en las zonas intertropicales el Sol se mueve muy cerca del cenit desde el 21 de febrero hasta el 21 de octubre (ver diseños de tragaluces para cocina en 7.2.3 Iluminación natural).

Por último, los lugares de estar y de trabajo, deben, ante todo, invitarnos a estar. Es por eso que requieren un diseño cuidadoso no sólo en lo estético: necesitan una adecuada iluminación natural en los horarios de uso específicos (Ver Fig. 26)

Algo que no debe olvidarse es una previa revisión geobiológica del terreno, con el fin de minimizar los efectos sobre la salud que pudiera ocasionar la presencia de elementos geomagnéticos (ver *Factores geobiológicos en el diseño de espacios*).

En relación a este punto, si la revisión geobiológica muestra en el terreno donde va a construirse la vivienda, la presencia de zonas geopatógenas, es adecuado ubicar sobre ellas, las zonas de transición (patios, jardín, cochera, escaleras, pasillos y vestíbulo) ya que en ellas únicamente se está de paso.

¹⁴ Es conveniente diseñar la vivienda con un patio o jardín o delantero y otro trasero para separar lo más posible la captación pluvial del tratamiento de aguas servidas. El corredor de los une es muy útil porque permite sacar los desechos sin atravesar la vivienda, o evitar que las mascotas entren a la vivienda si así se desea.

¹⁵ Se está considerando el diseño de los sistemas (bioclimáticos y no bioclimáticos) para el Hemisferio Norte. Si se quiere diseñar para el Hemisferio Sur, las orientaciones N-S se deben considerar al revés y lo que es correcto que esté hacia el sur en el Hemisferio Norte, deberá estar al norte en el Hemisferio Sur. Para el este y el oeste no hay cambios, ya que el sol también sale por el este y se oculta por el oeste en el Hemisferio Sur.

¹⁶ Existe una ecuación trigonométrica para calcular el largo de la sombra que proyecta un cuerpo (ver *Cálculo de Sombras, en el Apéndice*)

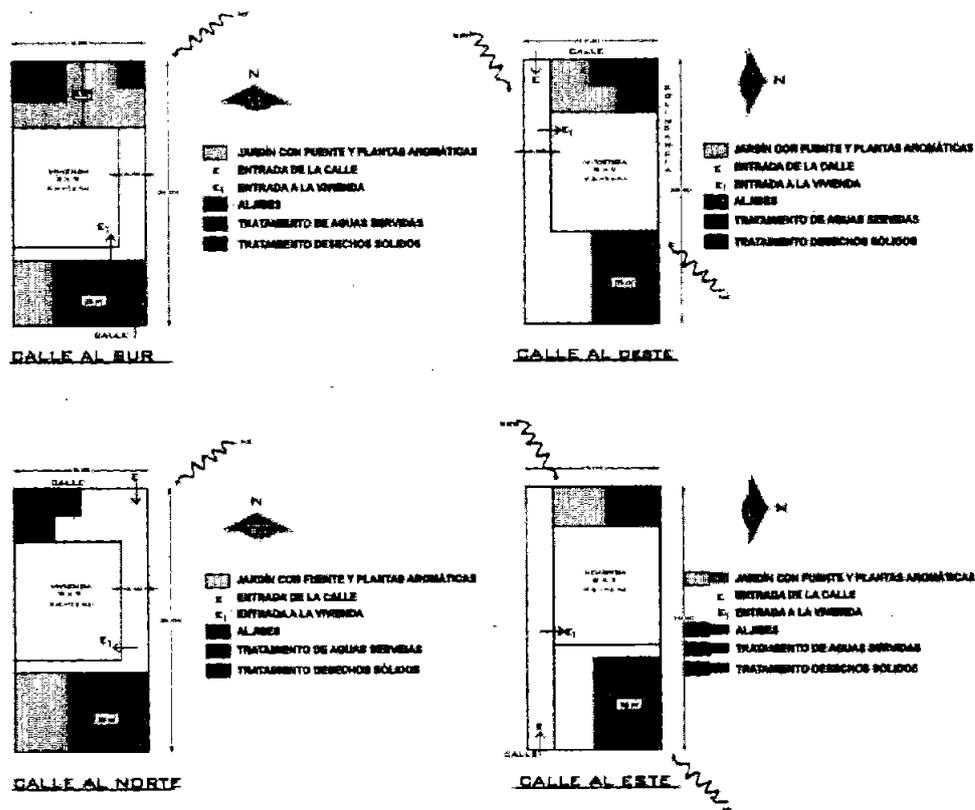


Fig. 26 Posibles distribuciones bioclimáticas en terrenos urbanos de 200m² y con vientos dominantes SSW y NE

7.1.5 La envolvente arquitectónica

La exacta selección de las estrategias de climatización, la adecuada orientación de los espacios, el correcto diseño de la volumetría exterior para que, además de un buen resultado estético, los espacios estén protegidos del excesivo soleamiento o pérdida del calor, traen como consecuencia una correcta **envolvente arquitectónica**.

Se entiende por envolvente arquitectónica **la piel del edificio**, su cubierta final: las paredes y techos exteriores, las ventanas y todos aquellos elementos que envuelven el espacio habitable, que lo separan del exterior. Y precisamente por ello, son materia fundamental de estudio en la arquitectura bioclimática.

El confort térmico y la arquitectura bioclimática están íntimamente ligados. De hecho, el objetivo principal de esta arquitectura es lograr el bienestar térmico de las personas que usan un espacio de manera temporal o permanente.

Para ello, la arquitectura bioclimática considera la existencia de tres *pieles*:¹⁷

- la primera es la piel misma de los seres vivos, su epidermis;

¹⁷ Dentro de su teoría *Kalikosmia*, el Arq. Juan José Díaz Infante las estudia, denominándolas *pieles del espacio*.

- la segunda *piel* es la ropa, con la que los seres humanos se cubren para obtener condiciones de bienestar térmico;
- la tercera *piel* es la envolvente arquitectónica.

Cuando se proyecta, es conveniente conocer las características específicas de estas tres *pieles* si se quiere lograr un fino diseño bioclimático, porque la respuesta de la primera *piel* ante condiciones climáticas específicas, varía según el rango de confort térmico a que estén acostumbradas las personas.

Así por ejemplo, la respuesta ante condiciones cálido-húmedas será distinta en personas que viven en climas fríos, que en aquellas que viven en climas templado subhúmedos: éstas últimas soportarán más esas condiciones climáticas. Igualmente, las primeras tenderán a no querer usar más ropa que la indispensable, mientras que las segundas aceptarán cubrirse con ropa ligera.

Por tanto, el diseño de la envolvente arquitectónica, de la tercera *piel*, debe hacerse considerando qué grupo de personas van a habitar el espacio arquitectónico: de su tolerancia al calor, al frío, a la humedad o a la falta de ella. Sólo así se logrará un diseño climáticamente idóneo para los futuros usuarios.

El estudio de la tolerancia térmica de la *primera piel*, toma especial importancia al proyectar una vivienda, ya que en general las personas que solicitan el diseño de su casa a un arquitecto, están pensando en habitarla por un largo periodo, quizás por toda su vida.

Por último, la *segunda piel*, servirá para adaptarse individualmente, ya que en un mismo lugar por muy bien climatizado que esté, una persona necesitará cubrirse más que otra. Y esto ocurrirá según las circunstancias específicas del biorritmo de cada una, de su masa corpórea (una persona gorda soporta más el frío que una delgada) o de su estatura¹⁸.

La envolvente arquitectónica es, por tanto, el resultado de haber hecho una correcta selección y jerarquización de las estrategias de climatización y de haber utilizado e interpretado correctamente las herramientas para el diseño bioclimático; pero es también el resultado de conocer cómo responde la *primera piel* de los futuros usuarios, ante las diferentes condiciones climáticas.

En lo personal, yo acostumbro entrevistarme con todos los miembros de la familia para saber de qué clima provienen, cuánto tiempo llevan viviendo en el lugar donde construirán la casa, y, por supuesto, qué rangos de tolerancia tiene cada uno a la luz natural, al calor, a la humedad y al frío. Con esta información, ubico cada espacio en la mejor orientación y puedo diseñar, incluso, el tamaño óptimo de las ventanas y los materiales más adecuados para los techos y las paredes exteriores.

Se presenta a continuación una propuesta de ubicación de espacios y elementos arquitectónicos para la región de Morelia, obtenida a partir del análisis de la gráfica solar equidistante, de las tablas de isorequerimientos y de los concentrados de vientos dominantes de esta región. Se valora la ubicación de cada espacio y elemento arquitectónico en función del soleamiento necesario (hay elementos como las cavas que no deben recibir radiación solar), de su adecuada ventilación y de los rangos de tolerancia promedio de la *primera piel* ante las condiciones climáticas regionales.

³ Existe una ecuación (consultarla en: Rivas, R. Manuel; *Modelo para el cálculo de edificaciones*, Tesis de Maestría en Arquitectura-Tecnología, UNAM, México, 1999, p.56) que relaciona el peso y la estatura, con la capacidad metabólica del individuo y su tolerancia ante condiciones climáticas. El Dr. Diego Morales del Centro de Investigación y Estudios de Postgrado, Facultad de Arquitectura (CIEPFA) UNAM, se ha dedicado a investigar sobre este tema. (Ver *Directorio de Investigadores*).

TABLAS DE UBICACIÓN BIOCLIMÁTICA

INFORMACIÓN CLIMÁTICA UTILIZADA:

- **Región:** Morelia, Michoacán.
- **Estaciones meteorológicas** de las que se obtuvo la información: Morelia y Cuitzeo del Porvenir
- **Altitud:** 1913 m.s.n.m. y 1831 m.s.n.m., respectivamente
- **Latitud:** 19° 42' N y 19° 58' N, respectivamente
- **Longitud:** 101° 11' W y 101° 10' W, respectivamente.

- **Tipo de clima:**
 Morelia: Cb (w1) w (templado subhúmedo intermedio con lluvias en verano);
 Cuitzeo del Porvenir: Cb (w0) w (templado subhúmedo, el más seco de los subhúmedos, con lluvias en verano).

- **Vientos dominantes:** SSW (de noviembre a junio) y NE (de julio a octubre)
- **Período analizado:** 1980- 2001.

HERRAMIENTAS UTILIZADAS:

- **Gráfica solar equidistante** para la latitud: 19° 42' N
- **Tablas de isorrequerimientos**, periodo 1980- 2002

Tabla de diseño 1: ubicación de los espacios.

Espacios	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Dormitorios	XX	XX	+++	+++	+++	+	X	XX
Baños	+++	++	+	XX	XX	XX	+	+++
Cocina	+++	++	+	XX	XX	XX	XX	++
Comedor	XX	X	+++	+++	+++	+	X	XX
Sala	XX	XX	+	+	+++	+++	++	XX
Sala de juegos	X	X	++	++	++	+++	+	X
Estudio/ biblioteca	X	X	++	++	++	+	X	X
Patio de servicio/ lavado y tendido de ropa	X	X	+	+++	+++	+++	+++	+
Cochera	++	++	+	+	+	+++	+++	++
Espacios con techos de cúpula	XX	XX	X	X	+	++	++	XX
Terrazas	XX	XX	++	++	+++	++	+	X
Área de alberca/ asoladero	XX	XX	+	+++	+++	+++	+++	XX
Jardines arbolados	++	+++	++	++	++	+++	+++	++
Entrada principal/ vestíbulo	X	X	++	++	+++	++	+	X
Invernadero	+	+	+	+	+++	+++	+++	+

- +++ = excelente
- ++ = bastante bien
- + = bien
- X = mal
- xx = muy mal

Tabla de Diseño 2: elementos arquitectónicos

Elemento arquitectónico/ equipo doméstico	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ventanales *	xx	xx	+++	+++	+++	xx	xx	xx
Ventanas pequeñas de ventilación	+	+++	++	++	++	+++	+	+
Muros con Vitroblock	++	++	+	+	+++	+++	+++	++
Puertas exteriores	x	x	++	++	+++	++	+	x
Ventanas con aleros	xx	xx	+	++	+++	+++	+++	xx
Ventanas con partesoles	xx	xx	xx	xx	++	+++	++	xx
Aljibes	+	+	+	+++	+++	+++	+	+
Calentadores solares	xx	xx	xx	xx	+++	xx	xx	xx
Sistema de tratamiento de aguas servidas**	+++	+	xx	xx	xx	xx	xx	++
Cava para vinos	+++	++	x	xx	xx	xx	xx	+++
Alacenas/ guardado de alimentos	+++	+++	x	xx	xx	xx	xx	++
Refrigerador	+++	+++	xx	xx	xx	xx	xx	+
Estufa/ TV/ computadora	+++	+++	x	x	xx	xx	xx	+++
Escaleras	+++	+++	+	+	+	+++	+++	+++
Foto celdas para: bombeo de agua/ sistema de alarma	xx	xx	xx	xx	+++	xx	xx	xx

* Se suponen ventanales convencionales, no de vidrio doble Industrial (con vacío interior)

** Todos los sistemas de tratamiento de aguas servidas emiten olores indeseables; de hecho, esto indica que ya necesitan mantenimiento. Por ello es importante ubicarlos hacia donde no soplan los vientos dominantes.

+++ = excelente
 ++ = bastante bien
 + = bien
 x = mal
 xx = muy mal

7.2 Techos, muros y ventanas

Aunque en las tablas anteriores se pueden ver las ubicaciones adecuadas para cada espacio y elemento arquitectónico en la región de Morelia con climas Cb (w0) y Cb (w1), es conveniente mencionar algunos criterios para diseñar correctamente techos, muros y ventanas.

7.2.1 Altura, orientación e inclinación en techos planos

La experiencia ha demostrado que la altura de los techos para climas Cb (w0) puede ser mayor a los 3.50 m, pero en climas Cb (w1) y Cb (w2) no debe pasar de 3.00m; de no hacerlo, los espacios se enfriarán demasiado en invierno.



*Fig. 27 Escalera con techo bajo en la estancia, ideal para climas Cb(w2)
(Casa Cafetos, Arq. Jaime Guzmán, México)*

En caso de que se quiera tener un espacio con doble altura, convendría que fuera el vestíbulo, aislando los demás espacios mediante puertas, cancelerías plegables o fijas, y muros divisorios de piso a techo que eviten las fugas de calor en invierno. De madera son adecuados, aunque convienen de vidrio o Vitroblock si se desea el paso de luz natural.



*Fig.28 Comedor separado por una celosía con vidrios, para evitar fugas de calor en invierno
(Casa La Ventana, Arq. Belden Rangel, Monterrey, N.L.)*

En climas Cb (w2), la mejor orientación para una adecuada captación solar invernal de los techos, es hacia el sur (azimuth=0) y con una inclinación 10° mayor que la latitud local; para Morelia esto significa inclinar los techos 30°.

Sin embargo, una losa plana inclinada hacia el sur con la latitud local (por ejemplo, 20° en Morelia, ya que está a los 19.7° N) recibirá un soleamiento adecuado a todo lo largo del año, pero su eficiencia calorífica en invierno disminuirá.

En viviendas con techos de dos aguas, la orientación norte-sur es la más adecuada, dejando hacia el norte cocina y baños, y hacia el sur, con 20 ó 30° de inclinación, (según la latitud y altitud locales) las recámaras, estancia, estudio y lugares donde se permanezca muchas horas del día. (Ver Fig. 29)

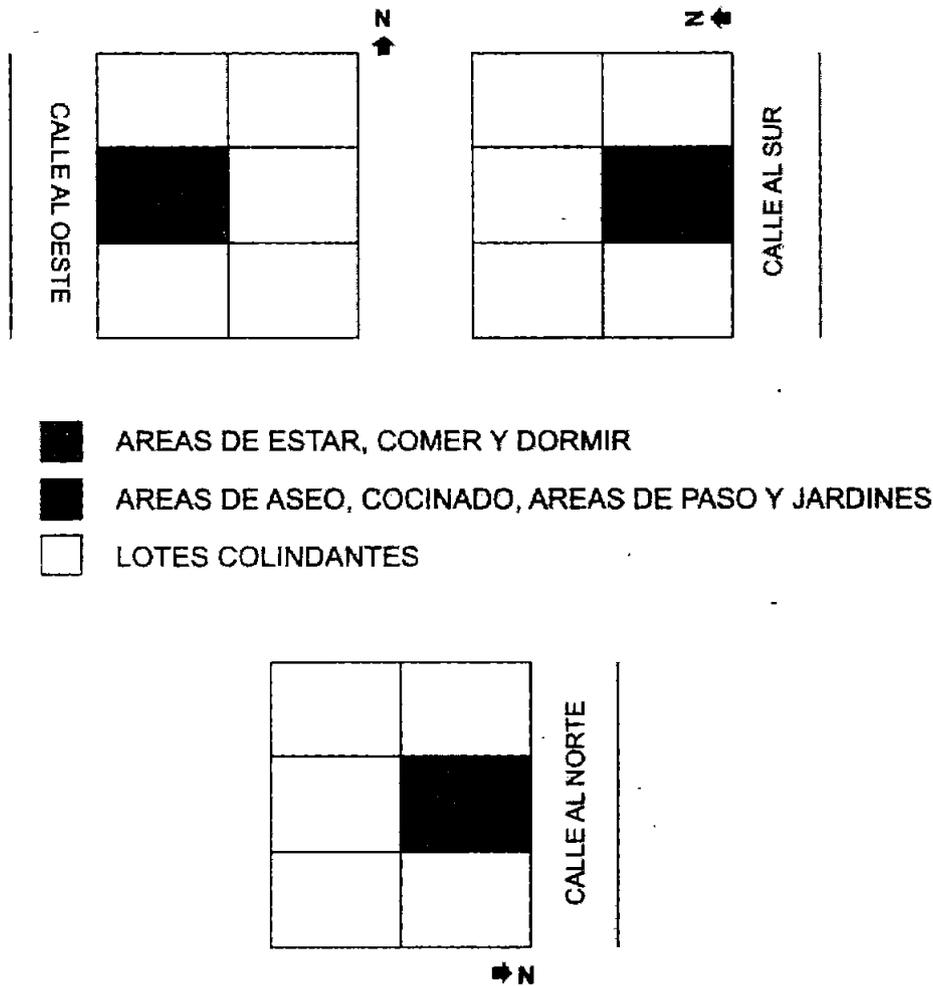


Fig. 29 Diagramas de posible ubicación de espacios en viviendas con techos de dos y cuatro aguas en latitudes Norte y con vientos dominantes SW, SSW y NE

7.2.2 Cúpulas y bóvedas

Consideramos una **cúpula** como una protuberancia significativa en el perfil envolvente de la edificación. Su forma puede ser de casquete semi esférico, parabólica, semi elíptica, de catenaria invertida, etc. Su superficie está curvada en tres dimensiones.

En cambio, una **bóveda** es una superficie curvada en dos dimensiones, una bóveda de cañón, por ejemplo; en ambos casos son curvaturas convexas hacia el exterior, que deberán tener aberturas en su parte más alta para inducir la ventilación.

Las cúpulas fueron desarrolladas por los árabes para el clima cálido seco del desierto y se convirtieron en un elemento importante de la arquitectura novo hispánica religiosa. Es después de la segunda mitad del siglo XX, que las cúpulas entran a formar parte de la arquitectura habitacional mexicana. Pero no como un elemento climatizador, sino simplemente como un componente decorativo representativo de estatus. De hecho, la ignorancia de sus características bioclimáticas ha causado que se les use indiscriminadamente.

Diseño del sistema

Principios en que se basa

1. El viento que corre como láminas horizontales (según la teoría aerodinámica de Boundary Layer sobre *capa de contacto*) tendrá que recorrer una distancia mayor al pasar por una cúpula o bóveda, que las capas de viento que no están en contacto con ellas, lo cual obliga a las primeras a pasar con mayor velocidad sobre estos elementos curvos, para mantener la continuidad del flujo del viento.

Esto, según el principio de Bernoulli provoca que la presión estática de ese viento más rápido, sea menor que la del aire que está dentro del edificio, por lo que, si existen aberturas en la parte más alta de la cúpula o bóveda, se inducirá una succión del aire interno (*Ver Fig. 30*) Este efecto puede observarse en un *túnel de viento*.

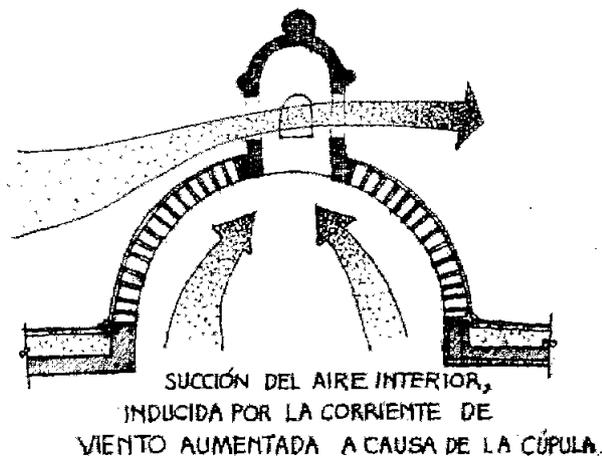


Fig. 30 Principio de Bernoulli en una cúpula

Para estos fines de ventilación inducida, se requiere que la altura de levante de la cúpula o de la bóveda sobre el edificio, sea mayor que la tercera parte de la altura del resto del edificio (*Ver Fig. 30 a*)

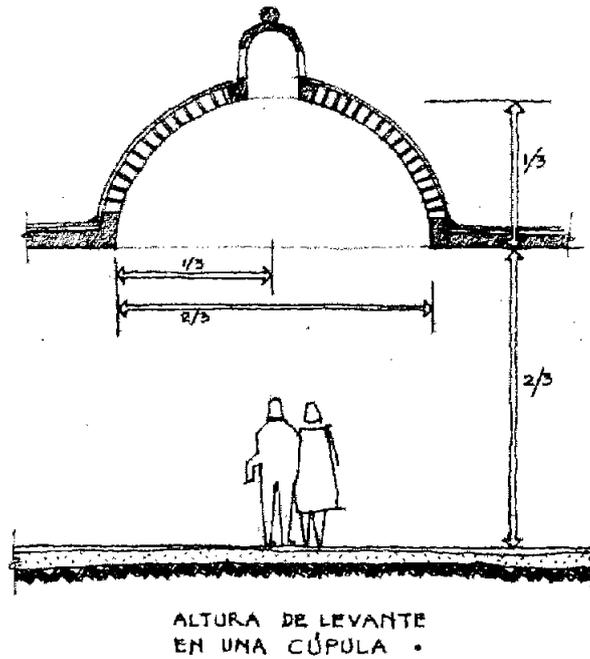


Fig. 30a Proporciones correctas de una cúpula.

Al diseñar una cúpula o bóveda hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Hay que recordar que los espacios con cúpulas o bóvedas se mantienen permanentemente frescos, por lo que **no es conveniente** construirlos en viviendas con climas templados subhúmedos del grupo Cb(w2), con altitud arriba de los 2000 m.s.n.m. (el más húmedo de los subhúmedos, característico de Pátzcuaro y Toluca).
- En climas Cb (w0) y Cb (w1) pueden construirse cúpulas, pero nunca en las recámaras. Si por razones decorativas se desea una cúpula en la estancia, conviene ubicar este lugar al W ó al SW y colocar sus ventanas o ventanales hacia el sur, ya que de lo contrario, la habitación será sumamente fría en invierno.
- En caso de que en el recinto donde está una cúpula o bóveda se deseen colocar ventanales hacia el norte, éstos deberán ser de vidrio doble industrial o estar completamente sellados, esto es, no deberán servir para ventilación o acceso.

7.2.3 Iluminación natural: tragaluces

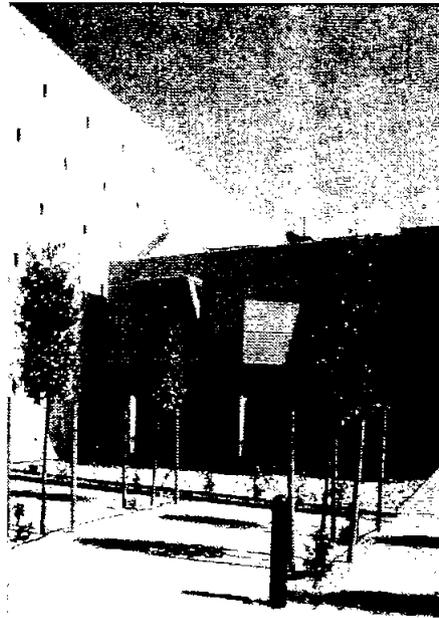


*Fig.31 Escalera iluminada por un tragaluz cenital
(Casa Sordo Madaleno, México D.F.)*

Un tragaluz como el de esta foto sólo iluminará cenitalmente cuando la declinación solar coincida con la latitud del lugar; esto es alrededor de dos días al año. El resto del tiempo simplemente entrará luz indirecta. Eso es importante saberlo, ya que es común que los arquitectos piensen que efectos de luz como éste se pueden lograr casi todo el año.

Elementos muy agradables, los tragaluces permiten crear soluciones muy estéticas con la iluminación natural. Sin embargo, en latitudes intertropicales, domos y tragaluces deben estar colocados en zonas de paso (escaleras, pasillos, etc.) o en las que no se permanezca mucho tiempo y convenga recibir luz natural (baños, invernaderos, vestíbulos).

Nunca deberán colocarse en zonas de trabajo o estar, a menos que se diseñen de manera que la luz se reciba verticalmente, como puede verse en las fotos y esquema siguientes:



*Fig. 32 Tragaluces verticales con distintas orientaciones para recibir la luz solar a todo lo largo del día y del año.
(Centro de Archivos de Ultramar, Arqs. Lacoste-Robain-Guieysse, Aix de Provence, Francia)*

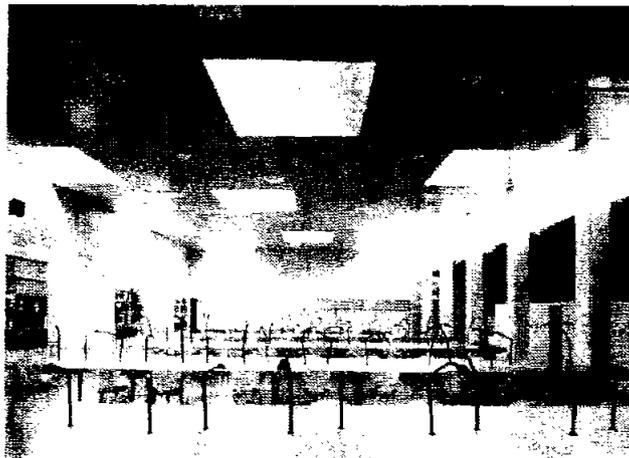


Fig. 32 a Vista interior de la sala de lectura del Centro, en la que puede apreciarse cómo los tragaluces verticales permiten iluminar ese espacio sin producir deslumbramiento ni excesivo calor.

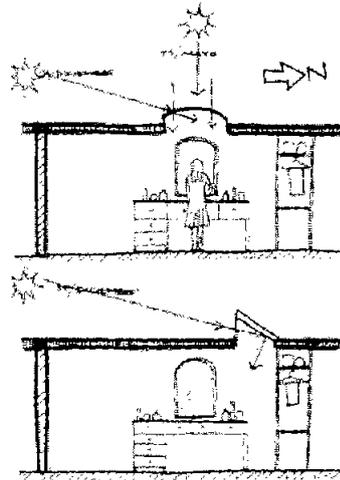


Fig. 32 b Funcionamiento de un tragaluz vertical y de uno cenital en lugares intertropicales del Hemisferio Norte: la luz solar incide perpendicular en mayo; en diciembre, en cambio, incide muy oblicua. Por ello, un tragaluz cenital resulta inadecuado, mientras que uno vertical resulta óptimo, tanto en diciembre como en mayo.

7.2.4 Sistemas constructivos para techos

Es fundamental en climas templado subhúmedos, mantener fresca la casa durante los días cálidos de primavera, pero al mismo tiempo mantenerla tibia durante los días y noches invernales. Para lograrlo deben utilizarse materiales que tengan suficiente retraso e inercia térmica. Y en estos dos aspectos, las losas de concreto convencionales resultan ser una mala opción. De hecho, el concreto sólo debe usarse en elementos estructurales, por la enorme contaminación ambiental que la producción del cemento genera.

La mejor opción para estos climas, son los techos que poseen capa de aire, ya que el aire es muy mal conductor térmico y retrasa varias horas el paso del calor a la vivienda. Las tejas son, por tanto, una muy buena opción, ya que por su forma, tienen una capa permanente de aire.

Asimismo, la **vigueta y bovedilla** de barro extruido forma huecos de aire, resultando ser una excelente opción bioclimática¹⁹. Por producir electricidad estática, las bovedillas hechas de espuma de poliestireno no son una opción sana.²⁰

¹⁹ Para conocer fabricantes de viguetas y de bovedillas de barro, ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*

²⁰ Experimentos publicados por GEA España, una institución dedicada al estudio y difusión de la Geobiología y la Radiestesia, demuestran que en lugares con paredes y techos de espuma de poliestireno, "las personas presentan una hipersecreción de serotonina (la hormona del estrés) con todas las consecuencias y problemas que de ello derivan" (Mariano Bueno, *El Gran libro de la Casa Sana*, Capítulo 4: *Ionización del aire y equilibrio iónico*). Este estrés no se presenta en espacios construidos con materiales naturales.



Fig.33 Viguetas de concreto y bovedillas ligeras de barro.

En climas Cb (w0) con altitud menor a los 1,500 m.s.n.m., conviene que los extremos finales de las bovedillas queden abiertos, para que el aire fluya y barra el calor, que de otra manera calentaría en exceso la vivienda.

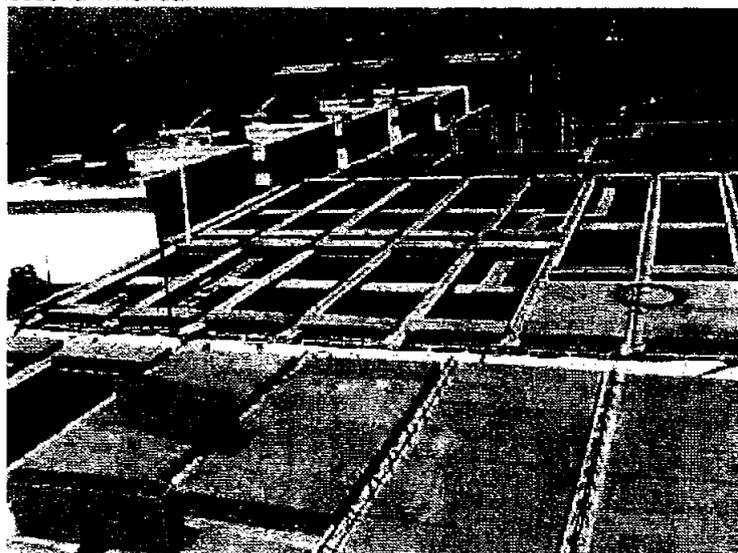


Fig.34 Detalle de techos de vigueta y bovedilla adaptadas para permitir que fluya el aire.

El **Ferrocemento**, por su alta resistencia, ligereza y bajo empleo de acero y cemento, se emplea para losas de entrepiso y techos auto estructurales, columnas huecas, tanques para agua y otros elementos estructurales. Por su costo, su flexibilidad, versatilidad, peso estructural y seguridad sísmica, tiene notorias ventajas sobre el concreto; una de ellas, que puede cubrir grandes claros sin utilizar traveses de sostén.

Además emplea más intensivamente la mano de obra que el capital, y por su ligereza y resistencia, abarata el costo estructural global, especialmente en edificaciones de más de un piso.

Consiste en una estructura o matriz formada por un núcleo de malla hecho con alambroón de acero o malla electro soldada, recubierta por ambos lados con una capa de tela de gallinero de 1/2" a 1" (u otra malla fina similar), que se cubre con un mortero seco, hecho con arena fina y cemento puzzolánico²¹. Forma cascarones muy delgados, resistentes, ligeros y más flexibles que el concreto. Y además, por el tamaño menor de las partículas del mortero y por estar hecho con cemento puzzolánico, es más impermeable que el concreto convencional.

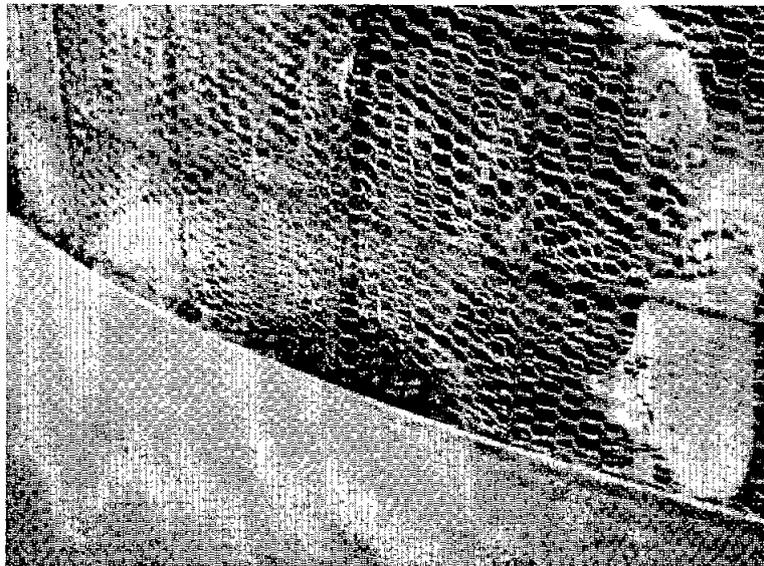


Fig.35 Elaborando una estructura de ferrocemento

²¹ Las empresas mexicanas CEMEX y MOCITZUMA elaboran los cementos Cruz Azul Tipo II con puzzolana y el Moctezuma CPP 30R. El cemento puzzolánico se caracteriza por tener un tiempo mayor de fraguado, mayor elasticidad e impermeabilidad que el cemento Pórtland. Es ideal para la elaboración de morteros más secos, como el del ferrocemento. Para mayor información consultar la *Carilla del Concreto (Ver Bibliografía)*.

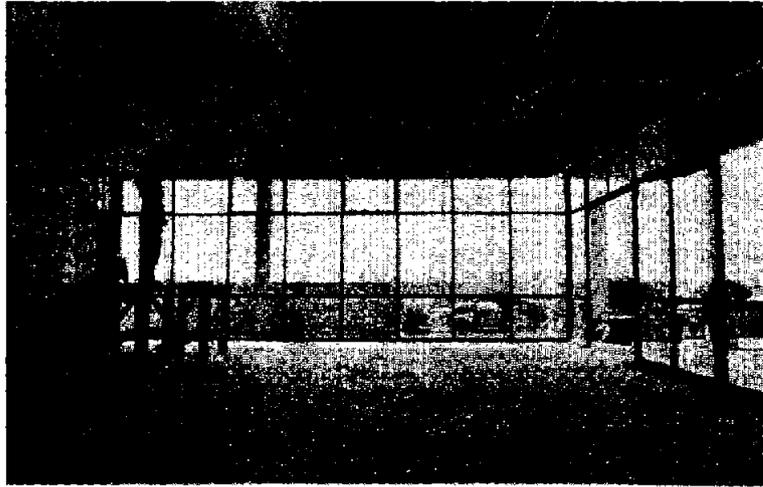
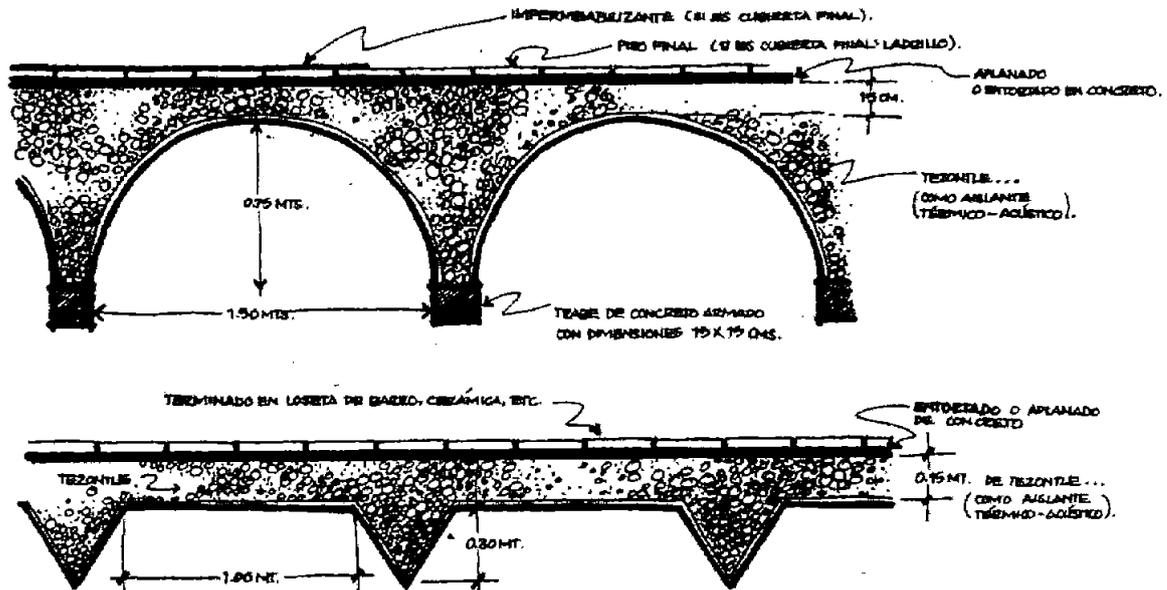


Fig.35 a Techo elaborado con estructuras de ferrocemento de media caña, en un claro de 15m, sin trabes.
(Edificio de la Delegación de Azcapotzalco, México DF)

Aunque el ferrocemento supera al concreto en los aspectos tecnológico, económico y ecológico; por ser tan delgado prácticamente no tiene retraso térmico. Es por tanto, necesario colocar encima de él tejas o una capa de al menos 15 cms, de tezontle u otro material natural muy ligero, a fin de que tenga aislamiento térmico-acústico. En los techos de ferrocemento que construimos utilizamos tezontle como material aislante térmico-acústico, con excelentes resultados (ver Fig. 36)



● **FIG. 36 LOSAS EN FERROCEMENTO PARA ENTREPISO Y CUBIERTA FINAL, QUE UTILIZAN TEJONTE COMO AISLANTE TÉRMICO-ACÚSTICO...**

Fig.36 Esquemas de estructuras de ferrocemento en entepiso y como cubierta final

Los techos con cimbra perdida son otra opción. Y pueden funcionar como colectores solares primarios, si así se desea. Pueden ser hechos con sistemas tradicionales, como ladrillos sostenidos por vigas de madera, o con cualquier otro material que pueda recibir un concreto ligero de 2.5 cms de espesor. Pero como son muy delgados, es necesario colocar encima de ellos tejas; sólo así tendrán un adecuado retraso térmico.

El que está construido en nuestra casa ecológica tiene un soporte de vigas de madera sobre las que se colocaron tablas de madera de tercera; encima de ellas se coló una losa ligera de concreto de 2.5 cms., hecha con una matriz de malla electro-soldada y tela de gallinero de 1". La cimbra perdida de madera, impermeabiliza y rigidiza el techo, además de cumplir una función estética muy compatible con los estilos arquitectónicos regionales.

Antes de colocarla, tanto la cimbra como las vigas de madera se impermeabilizaron y se les dio un tratamiento anti-polilla²² y retardante al fuego, que les permitirá tener muchos años de vida útil.

A este techo lo denominamos:

²² En México construir con madera es verdaderamente un riesgo, porque casi nunca es tratada previamente para exterminar las polillas y termitas. Un tratamiento correcto de la madera debe pasar necesariamente por sumergir la madera en agua muy caliente e inmediatamente después, por sales de boro, ya que no son tóxicas, o aire caliente. La Universidad Michoacana da a la madera ambos tratamientos (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

Techo colector solar primario Integral, ya que sobre él, se coloca tubería flexible de polietileno negro (de cédula hidráulica simple) de modo uniforme en toda el área del techo. Por él circula agua que se calienta solarmente, desplazándose por termosifón. Esto hace que el techo no se caliente durante la primavera, pues el agua "arrastra" el calor acumulado. Durante el invierno se puede detener la circulación del agua para permitir que el calor penetre.

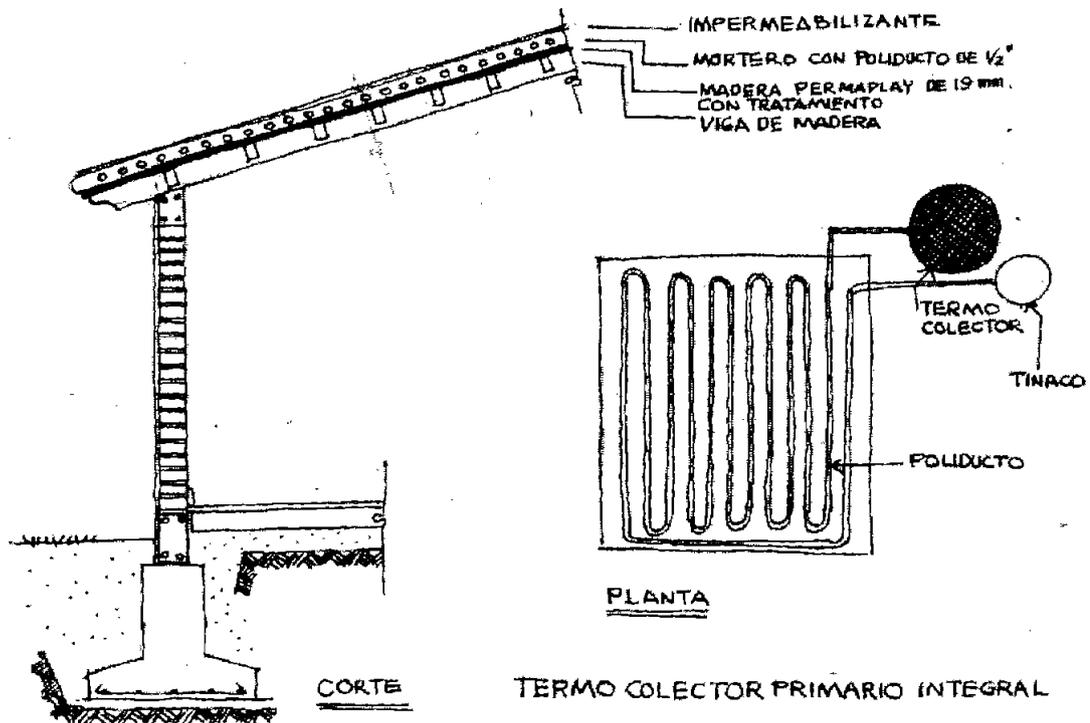


Fig. 37 Techo colector primario integral con cimbra perdida de madera

Para proteger la manguera de la insolación directa que la polimerizaría y rompería, así como para protegerla de otros agentes mecánicos que pudieran dañarla, se ahoga en un grueso "cordón" de mortero con un agregado metálico (limaduras de hierro o bien pedacera pequeña de aluminio). Todo el conjunto del techo se pinta posteriormente con un recubrimiento de color verde oscuro, que constituye una capa absorbadora-emisora selectiva que optimiza la colección de radiación solar (ver Nota de pie de página no. 53)

Este calentador no es muy eficiente pues no tiene cubierta adicional alguna (por ejemplo, de vidrio); de hecho sólo sirve como un precalentador solar del agua, al hacerla circular por termosifón y almacenarla en el tinaco que alimenta el calentador solar de agua, lo que permite que el agua alcance una mayor temperatura.

7.2.5 Muros

Componentes estructurales huecos. Pueden ser prefabricados o hechos en concreto o ferrocemento. En el caso de las columnas de carga, su aportación estructural relevante está dada más que por resistir el peso de los entresijos y techos que estén encima de ellas, por resistir cargas laterales de tipo sísmico (para los cuales el factor determinante son los momentos de inercia). Entonces, recordando que en estos

elementos lo que principalmente resiste este tipo de cargas laterales es lo que forma la superficie de la columna, se comprende que columnas o castillos huecos pueden cumplir perfectamente la misma función de los sólidos convencionales, pero con la ventaja obvia de que los elementos huecos pesan mucho menos unitaria y acumulativamente en el conjunto. Además, ese hueco puede contener instalaciones hidráulicas, sanitarias, de ventilación, de agua pluvial e incluso de iluminación natural desde los techos, si así se diseña (*light pipes*).

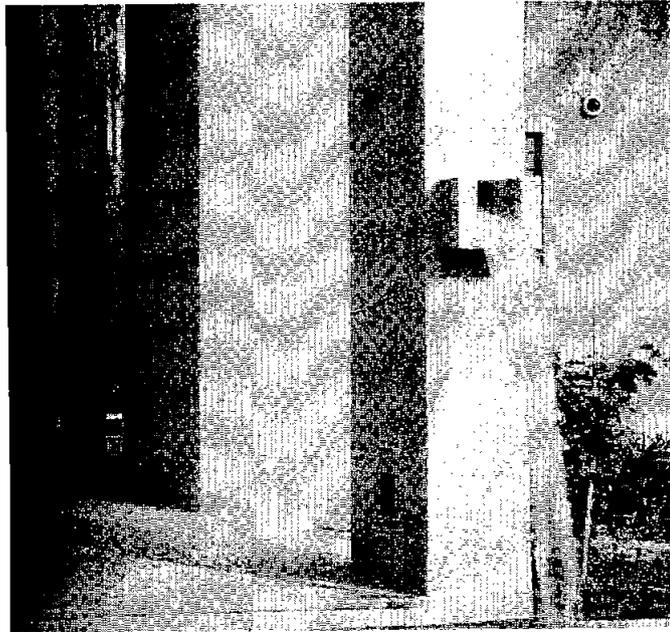


Fig. 38 Una columna hueca puede servir como bajada de aguas pluviales

Otro tipo de columnas que inicialmente son huecas, son las formadas por una estructura de tabiques de barro aparentes en cuyo núcleo hueco se cuelan castillos de concreto armado, quedando la columna de tabiques como cimbra perdida permanente.

Bloques de tierra-cemento y tierra compactada a alta presión. Estos materiales resultan excelentes por su muy bajo costo, su extraordinaria inercia térmica y porque su elaboración es poco demandante de energía. Existen en el mercado nacional varias empresas que se dedican a fabricar bloques de tierra compactada de alta resistencia, sólidos o con huecos de aire internos; y empresas que venden y/o alquilan las máquinas compactadoras para que uno fabrique *in situ* los bloques de tierra compactada o de tierra-cemento²³ (ver *Directorio de fabricantes*).

7.2.6 Ventanas

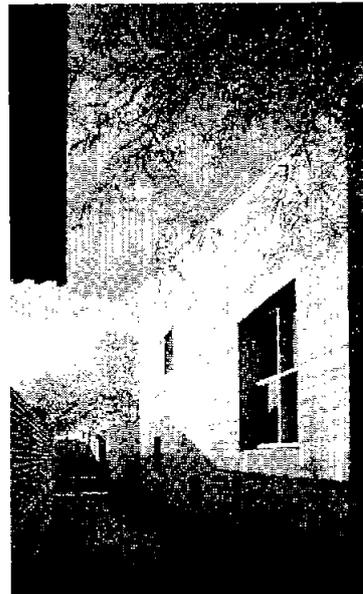
Es conveniente recordar que para el diseño bioclimático, hay dos tipos de ventanas: de iluminación y mixtas (de iluminación y ventilación).

²³ Para conocer si la tierra del lugar donde se piensa construir es adecuada para comprimirse sin agregado alguno, hay que llevar una muestra de esa tierra, para que hagan unos bloques de prueba, donde alquilan o venden estas máquinas compactadoras (cuyo costo no es elevado, alrededor de \$30,000.00). Si la tierra no es adecuada será necesario agregarle cemento. En este caso lo ideal es llevar la muestra a un laboratorio de ingeniería de materiales, para saber la cantidad de cementante exacta que hay que agregar. Sin embargo, una prueba que tradicionalmente se ha usado para elaborar tierra-cemento, puede verse en el *Apéndice*.

Un buen criterio de ventilación parte de colocar las ventanas mixtas en dirección a los vientos dominantes. A la región de Morelia los vientos dominantes llegan del SSW y del NE; es por ello que en las tablas anteriores se puede observar que estas orientaciones se consideran las mejores para colocar ventanas de ventilación. Una ventilación cruzada SSW-NE resulta, por tanto, óptima. Por otra parte, en lugares con climas Cb(w1) y Cb(w2) es recomendable que predominen los macizos sobre los vanos, es decir, que haya más área de muros que de ventanas; conviene entonces que el área de ventanas no sea mayor al 50% del área total de muros, ubicando las ventanas preferentemente hacia el E, SE, S y SW. Para lugares con clima Cb (w0) puede aumentarse el área de vanos a más del 50%. La mejor ubicación de las ventanas será el E, SE y S.



*Dos posibilidades de relación entre macizos y vanos para climas templado subhúmedos:
Fig. 39 Un 50% de relación entre macizos y vanos...
(Casa Akle, Arq. Legorreta, Avándaro, México)*



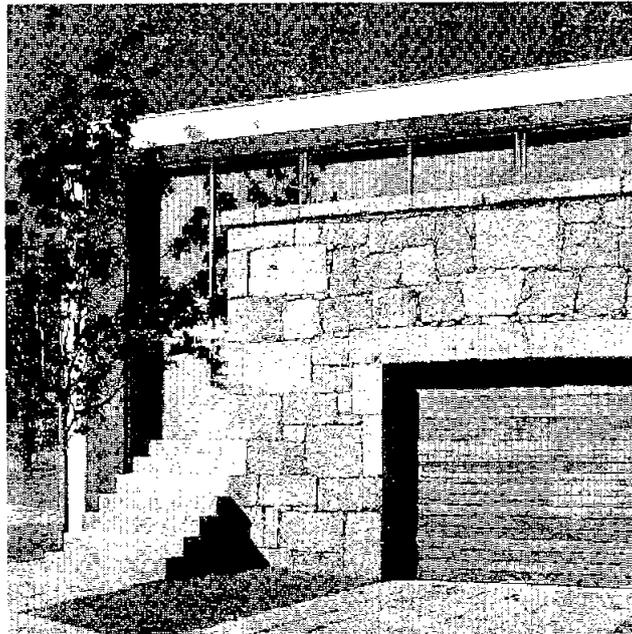
*Fig. 39 a...y menos de un 50 % de relación entre macizos y vanos.
(Casa en Tucson, Arizona; Arq. Rick Joy)*

Asimismo, para que la vivienda se ventile suficientemente evitando la entrada de polvo (que llega fácilmente si las ventanas están puestas hacia los vientos dominantes) es conveniente que el área de ventilación sea del 10% del área total de iluminación y que se encuentre en la parte más alta de las ventanas. El resto de las ventanas puede estar sellada (no abrirse) para evitar la entrada de polvo y las fugas de calor.

Para edificaciones en clima Cb (w2) es importante cuidar que no haya pérdidas de calor en los meses de invierno. Esto se logra con una adecuada orientación y diseño de los espacios, con puertas, ventanas y ventanales orientados al sur-sureste²⁴, o con ventanales al N, NE y NW, que utilicen vidrio doble elaborado industrialmente. Asimismo en este tipo de clima es necesario utilizar materiales de gran inercia térmica en muros y techos.

Por otra parte, las puertas de acceso a la vivienda no deberán estar ubicadas hacia el N, NE y NW, ya que al no poder estar nunca completamente selladas, habrá fugas de calor, que es necesario evitar especialmente en climas Cb (w1) y Cb (w2).

Un problema importante que no puede pasar por alto una arquitectura responsable con la naturaleza, son los **miles de pájaros que mueren** diariamente al chocar contra ventanales de piso a techo. El problema es tan serio que es la mayor causa de muerte de aves urbanas. Lo sensato sería diseñar ventanales seccionados con manguetería gruesa de colores oscuros o llamativos, plantar árboles de follaje denso o amplio frente a los ventanales, o, si los terrenos tienen pendientes, colocar los ventanales en las partes más bajas, hundidos respecto del resto del terreno y protegidos con árboles.



*Diferentes formas de diseñar e instalar correctamente los ventanales:
Fig. 40 Colocando un árbol delante, o...*

²⁴ Obviamente esta orientación sur-sureste es para viviendas ubicadas en el Hemisferio Norte; en el Hemisferio Sur la orientación idónea para puertas y ventanas es la norte-noreste.

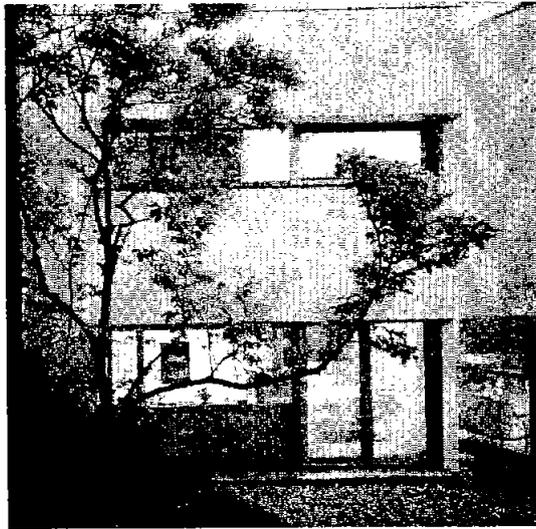


Fig. 40 a... hundiendo el nivel y colocando un árbol delante.

7.3 Vegetación y muros verdes

La importancia de la vegetación en el ambiente urbano tiene que ver con cinco aspectos: los estéticos en la composición del ambiente urbano, la regulación del microclima en el entorno local, la protección contra la contaminación ambiental (visual, por ruidos, polvo, humo, etc.), el diseño del sombreado de las edificaciones o parte de ellas, el ser elemento fundamental, creativo, dinámico y vivo en la arquitectura del paisaje, y por último, el ser parte esencial en el equilibrio ecológico, incluidas la parte social y de la salud humana.

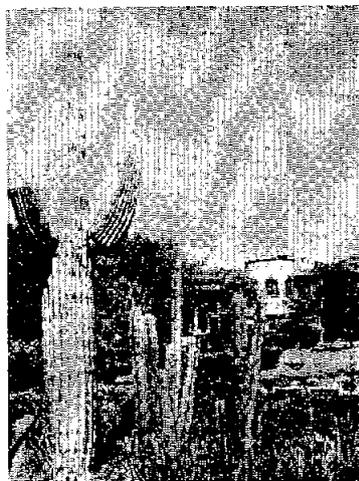
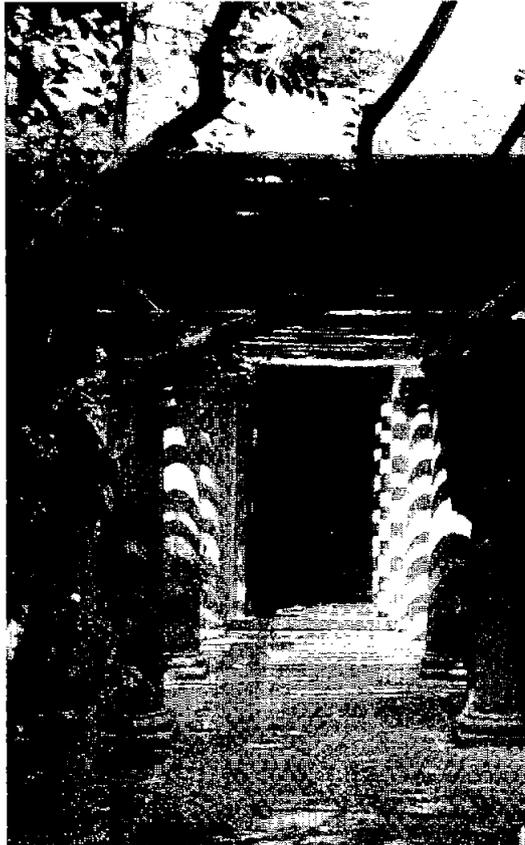


Fig. 41. Vegetación de climas B que se ha adaptado al clima Cb (w0)

La diferencia de temperaturas entre los sitios arbolados y los que no lo están, varía entre 1.5°C y 8°C, siendo esta diferencia mayor durante la noche. Esto se debe a tres razones: el sombreado, la evapotranspiración que transfiere humedad del suelo al aire ambiente (con lo que la humedad relativa se incrementa, reduciendo la variación térmica) y de un modo menor pero significativo, la inercia térmica del agua contenida en los tejidos de la masa arbórea.

Por otra parte, los árboles reducen la velocidad de los vientos de 2 a 5 veces, ya sea por obstrucción, canalización, desviación o filtración. Obviamente, la protección será función del tipo, tamaño, forma, colocación y variaciones estacionales que tengan.



*Fig. 42 Entrada pergolada protegida por árboles
(Casa El Retiro. Arq. Jorge Mercado. Morelos, México)*

Un árbol de 12 m de altura libera alrededor de 1.7 m³ de oxígeno puro por día²⁵, lo cual contribuye a mitigar el exceso de monóxido y bióxido de carbono generados por la industria y automotores.

Se ha observado además, que las plantas de hojas pequeñas tienen mayor capacidad de absorción de los contaminantes; esto se debe a que al disminuir el tamaño de un cuerpo (en este caso las hojas) aumenta la superficie relativa expuesta al contacto.

Asimismo, los árboles se comportan como verdaderas "esponjas" ante el ruido, debido a que reducen los efectos de eco y amortiguan cualquier sonido.

²⁵ Chacaló Hílu, Alicia; *Manejo del Arbolado Urbano*, UAM, México, 1997.

Otra propiedad útil de la vegetación es la de fijar los suelos, por medio de sus sistemas radiculares y de la trabazón del conjunto de ellas, ya que literalmente hacen amarres de red en el suelo y el subsuelo a distintas profundidades, según las especies utilizadas para cada propósito.

Pero las raíces de los árboles son un factor de diseño importante, ya que si no se plantan las especies adecuadas del modo apropiado, pueden a la larga llegar a afectar los cimientos y muros de las edificaciones, además de los drenajes y pavimento.

Por ello, es importante saber que las raíces pueden alcanzar una extensión de una vez el diámetro de la copa del árbol en especies de raíces pivotantes, y hasta tres veces el diámetro de la copa del árbol, en las especies con raíces ramificadas²⁶, pero si las copas son continuamente podadas, se desestimula el crecimiento de las raíces y a la larga, aún la subsistencia de parte de las ya existentes.

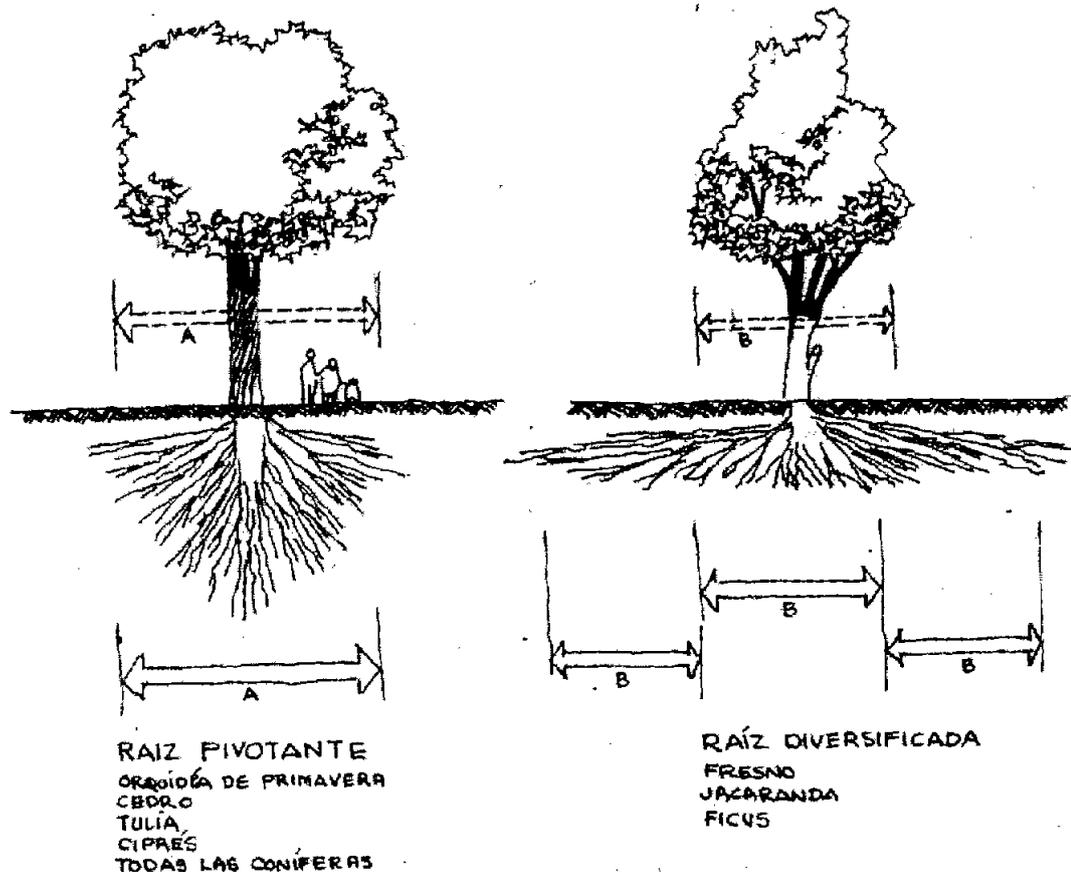


Fig.43 Relación entre el diámetro de la copa y el diámetro de las raíces, en especies con raíces pivotantes y ramificadas

En la región de Morelia hay dos especies nativas caducifolias de clima A, que se han adaptado perfectamente al clima Cb(w1); su altura promedio es de 5mts y poseen raíz pivotante, además de una

²⁶ Las raíces pivotantes son aquellas que tienen una raíz principal con crecimiento perpendicular al suelo y radículas alrededor de ésta.; por ejemplo, todas las coníferas. Las raíces ramificadas son aquellas en que no se aprecia una raíz principal; por ejemplo, el fresno (*Fraxinus udhei*) y todas las especies del género *Ficus*, siendo los más conocidos el erróneamente llamado Ficus (*Ficus benjamina*) y el laurel de la india (*Ficus retusa* y *Ficus nitida*).

floración anual sumamente bella: la orquídea de primavera (*Bauhinia divaricata* y *Bauhinia unguolata*) que por las características anteriores resultan excelentes para banquetas y jardines dentro de la vivienda.



Figs. 44 y 44 a Ejemplar de *Bauhinia divaricata*, y detalle de sus hojas y flores

Otras dos especies muy recomendables por las mismas razones²⁷ son el cedro (*Cupressus lindleyi*) y una planta arbustiva de hojas pequeñas que alcanza los 4 ó 5 mts de altura, la *Baccharis conferta*. Además están el liquidambar (*Liquidambar styraciflua*), el trueno (*Ligustrum japonicum*), el hueso de fraile (*Thevetia thevetioides*), y dentro de los frutales, el guayabo (*Psidium guajava*), el durazno (*Prunus persica*), el ciruelo (*Prunus domestica*), el níspero (*Eriobotrya japonica*), el nanche (*Byrsonima crassifolia*) y el naranjo amargo (*Citrus aurantium*, L.)

Asimismo, conviene saber que la profundidad de las raíces es de 1 a 5 veces la altura del árbol, a excepción de especies con raíces superficiales, como el eucalipto o el laurel de la India.

En el caso específico de la vivienda urbana, podemos imaginarnos otras ventajas que proporciona la vegetación, en particular los árboles: privacidad, hábitat de numerosas aves canoras, elemento de entretenimiento infantil, soporte de lámparas, tendederos, cables y pararrayos permanentes o temporales.

Ubicación de la vegetación

La correcta selección de las especies vegetales y su adecuada ubicación tienen un papel decisivo en la bioclimatización de la vivienda.

En climas templado subhúmedos conviene que los árboles sean de especies perennifolias, o caducifolias como la orquídea de primavera o el durazno, que al tirar las hojas se cubren de flores. Los arquitectos tienden a olvidar que las especies caducifolias que no florecen permanecen sin hojas desde el otoño hasta la primavera, esto es, alrededor de 5 ó 6 meses. Y en climas templados subhúmedos, solo hace frío en diciembre y enero.

Además las especies perennifolias protegen de los fríos vientos que descienden de los polos. De ahí que si hay ventanas sencillas hacia el norte (no de vidrio doble industrial) deben plantarse especies arbóreas perennifolias (las coníferas son excelentes).

²⁷ Se mencionan únicamente especies arbóreas adaptadas al clima Cb(w1) porque en él se encuentra la ciudad de Morelia y éstas son especies muy recomendables para dentro y fuera de las viviendas urbanas.

En climas Cb(w0) y Cb(w1) conviene que al W y SW se hagan *muros verdes* de plantas trepadoras, como el jazmín (*Philadelphus mexicanus*, Schl.), la hiedra (*Hedera helix* L.), bugambilia (*Bougainvillea glabra*), flor de la pasión (*Pasiflora caerulea*, L.), madreselva (*Lonicera japónica*, Thumb), plumbago (*Plumbago capensis*, Thumb), etc.



Fig. 45 Muro verde climatizando una pared poniente
(Casa La Estadía, Arq. José de Yturbe, México)

Cuidados

Un punto importante es el cuidado que se debe dar a los árboles y demás plantas, para que estén siempre saludables. Los más importantes son:

- Al plantar un árbol en la banqueta o en un patio, hay que dejar un diámetro suficientemente grande (1m, como mínimo) sin pavimentar. Esto permitirá regarlo por las orillas, ya que es incorrecto hacerlo en la base del tronco.



Fig. 46 Forma correcta de plantar árboles en las banquetas y patios.

- Aunque no se conoce la razón científica, tradicionalmente en México muchos jardineros ancianos saben que las podas de árboles deben hacerse entre luna menguante y luna nueva.²⁸ Plantas arbustivas (rosales, bugambilias, jazmines, etc.) pueden hacerse al inicio del cuarto creciente. En ningún caso durante la luna llena, ya que las plantas podrían secarse.
- Nunca hay que podar en periodo de lluvias, pues las plantas pueden pudrirse. En climas intertropicales, la mejor época para podar es unas semanas antes de iniciar la época de lluvias.
- Si hay cables de la luz, es importante elegir especies arbóreas de poca altura, manteniéndolas de todos modos podadas. Se puede pedir a la CFE o compañía de luz local, que sustituya los cables convencionales por cables forrados; su costo no es alto y permiten que el árbol crezca más libremente, sin ser un factor de riesgo.
- Las aves, por ser insectívoras, son un control natural de los insectos, por eso es importante no utilizar plaguicidas, ya que mata a las aves y a otros insectívoros, como las catarinas (que por lo mismo son ya una especie amenazada). En caso de que se presente una plaga que dañe gravemente a una planta, lo mejor es podarla, aunque es bueno recordar que las plagas son selectivas y que el daño nunca será grave si existe variedad en la vegetación. Conviene por ello sembrar juntas, plantas que sean atacadas por especies completamente distintas.

Muros Verdes

Los *muros verdes* consisten en barreras intrincadas de plantas entrelazadas y contiguas, que pueden cubrir una base estructural previa (como lo puede ser una enredadera común adosada a un muro o a una malla ciclónica) o bien, muros de plantas que pueden mantenerse erectas por sí mismas, como muchas cactáceas y bambúes. Por ello, sirven para bioclimatizar las viviendas al retardar el paso del calor a través de un muro; como barreras visuales o cercas para impedir el paso. Un interesante ejemplo prehispánico de *muros verdes* son los ahuejotes (*Salix bomplandiana*) de Xochimilco, en el Valle de México, que constituían el perímetro de un recinto donde se acumulaba cieno y plantas acuáticas en descomposición para formar un sustrato de cultivos de muy alto rendimiento: las chinampas.



Fig. 46a Muro verde en una fachada SW

Otra propiedad de los *muros verdes*, aparte de las evidentes ya señaladas, es que pueden detener las radiaciones y ondas electromagnéticas provenientes de distintas fuentes, como cables de alta tensión situados frente a la vivienda, o antenas emisoras de telecomunicación.

²⁸ Estas prácticas basadas en el calendario lunar tienen un origen precolombino y son fundamentalmente agrícolas. Afortunadamente han sobrevivido hasta la actualidad, aunque por desgracia no han sido estudiadas científicamente. De hecho, muchos botánicos e ingenieros agrónomos las desprecian.

Las plantas en general, detienen las ondas electromagnéticas, pero se ha demostrado experimentalmente que las más eficaces son las cactáceas del género *Cereus*²⁹, al grado que en E.U., Japón y algunos países europeos, se utilizan como protectores muebles a un lado de las pantallas de computadoras o de TV, para reducir sus efectos perniciosos.



Fig.47 *Cereus peruvianus* junto a una televisión

7.4 Invernaderos

Como su nombre lo indica, los invernaderos sirven para preservar plantas de climas benignos en lugares de inviernos crudos. Se les usó originalmente en instituciones de investigación científica europeas, durante el periodo de La Ilustración, cuando propiamente se inició el estudio de la Botánica como ciencia. Pero pronto se puso de moda entre los aristócratas, que lo usaron para presumir las plantas exóticas traídas de las colonias de ultramar.

Sin embargo, los inviernos especialmente crudos de principios del siglo XIX (tanto que derrotaron a Napoleón en Rusia e hicieron nevar en Nueva Inglaterra (en julio de 1815!) y la hoy poco recordada crisis energética de entonces (los países escandinavos, Alemania, Irlanda y hasta la propia Inglaterra, habían consumido ya sus bosques y hubo hambrunas por falta de leña, antes de que se popularizara el uso del carbón en las casas) hicieron notar a los pocos ricos dueños de invernaderos, que podían también utilizarlos como fuente de calefacción suplementaria para sus mansiones.

En el siglo XX, el embargo petrolero árabe de 1973-1974 y sus secuelas (que produjeron una escasez real de energéticos fósiles), hicieron que se volviera la vista a esta prácticamente olvidada posibilidad de climatización. Esta situación de escasez, que en los últimos 20 años sólo se ha agravado circunstancialmente, es un problema que "llegó para quedarse" y que una arquitectura más sensata y responsable con el ambiente, debe aprender a utilizar.

Los invernaderos que hoy se diseñan tiene ese doble propósito: cultivar plantas de climas más benignos y contribuir a climatizar las edificaciones, de dos maneras distintas: por calentamiento y por humidificación.

Si bien puede pensarse razonablemente que un invernadero es una instalación demasiado cara para incluirse en una vivienda no lujosa, esto no ocurre si se le integra con creatividad. De hecho, en el hemisferio norte, todo tragaluz colocado en el techo y orientado al sur, será una forma de invernadero.

²⁹ Ver artículo "Un cactus contra la contaminación electromagnética"; revista Integral, no. 128, agosto de 1990, Barcelona, España.



*Fig. 48 Invernadero de una casa suburbana en clima Cb (w1)
(Casa Familia Padilla, Arq. Gil Treviño, Morelia, Mich.)*

Diseño del Sistema

Principios en que se basa

1. Un invernadero climatiza a través de calentar y humidificar. Las superficies del invernadero -especialmente el techo- al ser de cualquier material transparente a la radiación solar y formar un espacio cerrado, impiden la salida, por convección, del aire calentado. Así, se va acumulando durante el día una cierta cantidad de calor que puede ser utilizada, en espacios aledaños, como calefacción.
2. Si el material transparente a la radiación solar es opaco en alguna medida a la rerradiación infrarroja, el calor atrapado dentro del invernadero, se conserva y acumula aún más. Por ello son aconsejables el vidrio, el acrílico y el policarbonato.
3. Las plantas, al estar en un clima más cálido aumentan sensiblemente su evapotranspiración, generando un ambiente húmedo (que a su vez aumenta la retención del calor radiante, ya que el vapor de agua es opaco al bajo infrarrojo). Esta humedad puede ser utilizada para humidificar espacios aledaños.
4. Si las condiciones del terreno, su orientación, su insolación y el diseño del edificio lo permiten, se puede utilizar el principio de **termosifón**, colocando el invernadero en la parte más baja de la edificación para que el aire caliente y húmedo que tiende a subir, se distribuya en partes más altas del edificio, donde naturalmente tenderá a irse enfriando y perdiendo humedad, mientras calienta y humidifica esos recintos. Una vez enfriado el aire, aumenta su densidad (pesa más), por lo que podrá regresarse por otros ductos a la parte baja del invernadero, el cual mientras haya radiación solar, permitirá que el ciclo continúe automáticamente.

Al diseñar un invernadero hay que tomar en cuenta lo siguiente:

- Habrá que cuidar los efectos de sobrecalentamiento en primavera o verano, según sea el clima (en regiones intertropicales con clima templado subhúmedo, será la primavera, ya que en el verano llueve)
- En latitudes intertropicales un invernadero puede ubicarse en cualquier parte de la vivienda, ya que el sol nunca está tan inclinado como en los países fuera de los trópicos, donde es conveniente ubicarlos en la parte sur de la vivienda. Sin embargo, aún en climas intertropicales, es importante que el invernadero no se ubique en un lugar donde reciba sombra en invierno. Su techo deberá estar inclinado hacia el sur, a 10° más de la latitud local, para que los rayos solares incidan lo más normalmente posible³⁰ en invierno.
En la región de Morelia, por tanto, la inclinación óptima del techo es 30°.
- Conviene que el invernadero esté en la zona de recámaras, porque es ahí donde hay que mantener condiciones climáticas más benignas durante el invierno.
- Nunca hay que utilizar polietileno (HDPE o LDPE) para construir invernaderos cuyo propósito sea climatizar, ya que este material es transparente a la radiación infrarroja, y pierde fácilmente el calor ganado. Además es poco duradero, ya que se polimeriza muy rápidamente con los rayos ultravioleta, volviéndose quebradizo, opaco y por tanto, inútil.
Por desgracia, varios textos lo recomiendan para la construcción de invernaderos en viviendas pobres, por su bajo costo (pero de hecho, este precio es ficticio y no subsistirá por mucho tiempo, ya que el polietileno es uno de los productos del petróleo que está más subsidiado en México).
- Los mejores materiales son el vidrio y el acrílico transparente, porque atrapan un rango muy amplio de los infrarrojos, cosa que no ocurre con los policarbonatos, cuyo rango es más estrecho. De ahí que no conviene utilizar policarbonato en invernaderos cuyo propósito sea la climatización. Esto, sin considerar que también es más vulnerable a la radiación UV y por tanto menos duradero que el acrílico (los mejores policarbonatos tienen una vida máxima de 25 años, mientras que los acrílicos tienen una vida media de 50 años). El vidrio obviamente dura siglos sino se rompe.
- Es importante diseñar los invernaderos con aperturas en el techo que puedan abrirse y cerrarse herméticamente, ya que puede ser necesario ventilar en primavera. Por lo mismo, el mecanismo para abrirlo y cerrarlo debe ser fácil de usar y estar en un lugar muy accesible, además de tener una estructura ligera, por ejemplo, de aluminio.

³⁰ El programa KUTNESHKA, una las herramientas bioclimáticas ya mencionadas, permite ver gráficamente que un techo inclinado a 10° más que la latitud local tiene la máxima captación solar en invierno.

**FIG. 49 INVERNADERO TECHO ABATIBLE
PARA CLIMAS Cbw₀, Cbw₁, Cbw₂.**

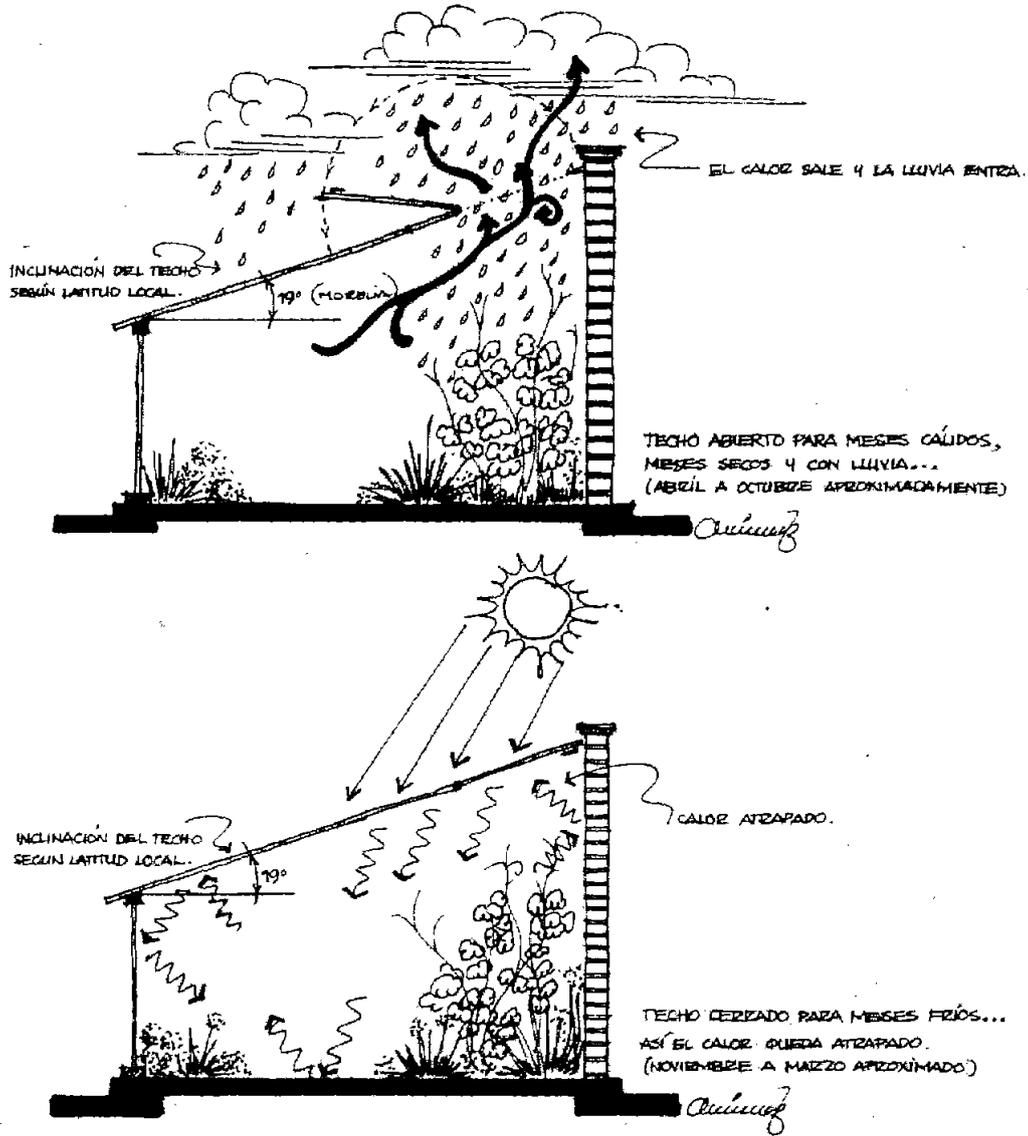


Fig. 49 Esquema de un invernadero con techo abatible o corredizo

7.5 Ventilación inducida y bodega fresca. Chimeneas.

Ventilación inducida

Se denomina así a cualquier sistema que produzca movimiento del aire. Tal inducción puede basarse en formas pasivas (como la simple apertura de ventanas o ductos, o las torres de viento árabes) o activas (ventiladores electromecánicos o sistemas de aire acondicionado por refrigeración o enfriamiento evaporativo).

Para climas Cb (w0) y Cb (w1) (los más secos de los subhúmedos) un sistema de ventilación inducida, equivalente a un modelo simplificado de torre de viento, resulta suficiente para enfriar una bodega (cava o fresquera) y para ventilar baños interiores, especialmente durante los meses cálidos y secos de primavera.

Diseño del sistema

Principios en que se basa

1. Al hacer circular aire proveniente de una zona sombreada externa, a través de un ducto subterráneo de material poroso, colocado bajo una zona húmeda, el aire seco pierde calor por evaporación al pasar por sus paredes húmedas, entrando más fresco a la vivienda por el flujo convectivo que se produce al ser el aire, succionado por un tiro de chimenea.

Este sistema de ventilación inducida está formado por un túnel de tabiques desnudos, que posee una malla de mosquitero de alta resistencia en su entrada y salida, para evitar que entren insectos o roedores en él. Está colocado en el subsuelo y cubierto de una capa vegetal que lo mantiene permanente húmedo, para provocar que el aire que pasa por él se humedezca y disminuya de temperatura.

El túnel llega a una bodega fresca (una cava para vinos, por ejemplo) en cuyo techo se inicia un tiro tipo chimenea, por el que sale el aire más caliente. Este tiro puede ser de tabiques, de PVC, de ferrocemento, etc., ya que a diferencia del ducto de entrada, no tiene que ser poroso. Como en cualquier tiro de chimenea doméstica, conviene colocarle un pequeño techo que evite que entre la lluvia (*ver Fig. 50*)

En nuestra casa ecológica, el túnel de entrada tiene 7m de largo y corre bajo parte del sistema de tratamiento de aguas grises, que le provee la humedad necesaria para su enfriamiento evaporativo. El aire enfriado refresca una pequeña cava de 1 m² de base por 1.5 m de alto, ubicada bajo la escalera que da acceso a la planta alta. El tiro también ventila - y muy bien - un baño interior situado en la planta baja, que por su ubicación no tiene otra manera de ventilarse. Ello se logra por la convección del aire que atraviesa el túnel, pasa por la cava y sale por un tiro de 7m de altura, que inicia en la cava y termina en la azotea.

Es importante mencionar que los espacios que se deseen ventilar con este sistema deberán tener cada uno, una ventila perfectamente sellada, la cual se abrirá cuando se desee ventilar. Si un mismo tiro ventila varios espacios, no podrán estar sus ventilas abiertas al mismo tiempo, ya que esto crea un "corto circuito" en el tiro, obstaculizando la ventilación.

Por ello, en los edificios árabes (por ejemplo en el Taj Mahal) se pueden ver muchas torres delgadas de ventilación, una para cada habitación del edificio. El tamaño de la torre corresponde al volumen del espacio que se desea ventilar.

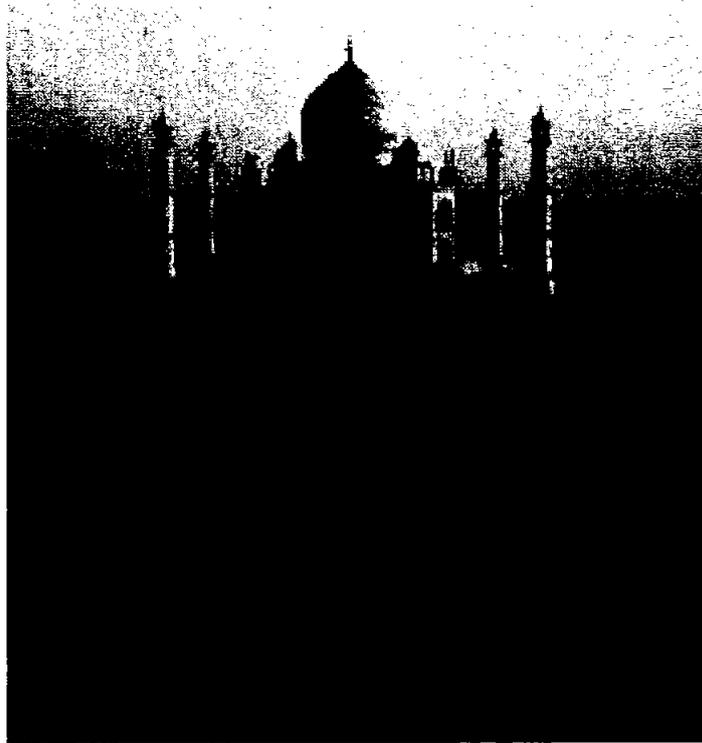


Fig. 49a Vista del Taj Mahal con su multitud de torres de viento

Para forzar la convección del aire, el tiro debe tener como mínimo un área de sección del doble que la del túnel de entrada. La experiencia ha demostrado que ésta es una proporción adecuada entre ambos elementos (el túnel de entrada y el tiro de salida) para que el sistema de ventilación inducida funcione eficientemente.

Asimismo, entre más largos sean el túnel y el tiro, menor será la temperatura que se obtenga dentro de la cava o fresquera, dentro de ciertos límites, ya que el efecto respecto estos parámetros es asintótico.

Y por supuesto, entre más seco y cálido esté el ambiente externo, mayor es la eficiencia relativa de este sistema; esto es, habrá mayores diferencias entre la temperatura y humedad interior y exterior, mas no necesariamente temperaturas más bajas absolutas dentro del recinto.

En las recámaras de nuestra casa hay otro sistema de ventilación inducida, cuya función es hacer que durante toda la noche sea extraído, a través de un tiro, el aire viciado y caliente de las recámaras, el cual es sustituido por el aire frío que entra a través de la rendija inferior de la puerta de cada recámara.

Este sencillo sistema está formado por un tiro de unos 3.5 mts de largo (el alto del segundo piso más la boca de salida del tiro) hecho de tubo de PVC de 2" a 4" (dependiendo del volumen del espacio a ventilar). Este tubo se empotra a la parte más alta de la pared mediante un codo de 90° y llega hasta la azotea, donde una pieza de ferrocemento empotrada a la boca de salida, evita que entre agua de lluvia por el tubo. Es fundamental orientar esta boca hacia donde nunca soplen los vientos dominantes de la temporada de lluvias, porque sólo así se garantiza que no va a entrar agua por el tubo. Si esto se descuida, se podrían formar humedades en las paredes de las recámaras. También obviamente, es importante que el tubo forme una ventilación cruzada con la puerta de la recámara, para que barra con eficacia el aire viciado (*ver Figs. 51 y 51 a*)

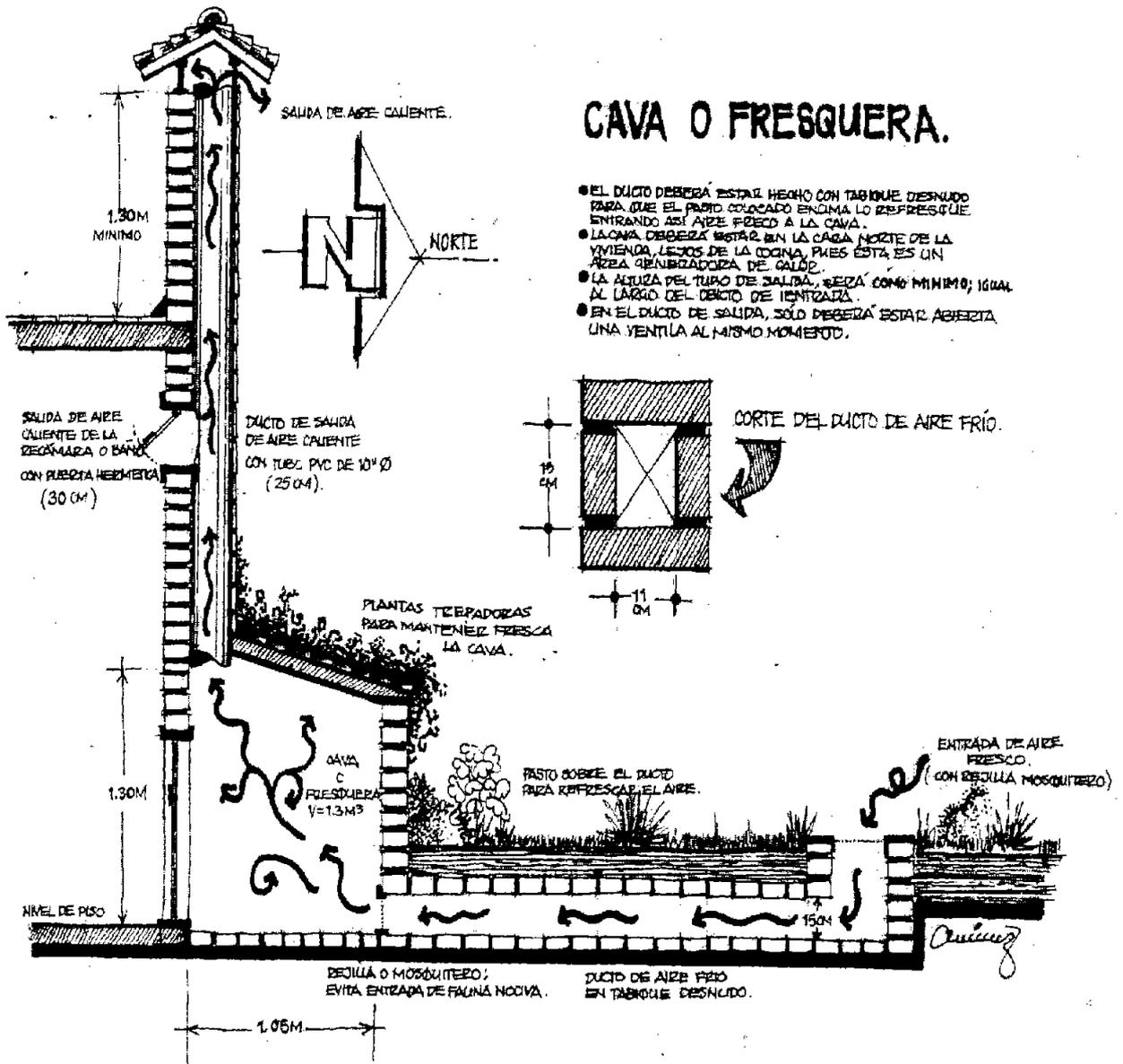


Fig. 50 Esquema de un sistema de ventilación inducida, con cava, correctamente diseñado

Para forzar la convección del aire, el tiro debe tener como mínimo un área de sección del doble que la del túnel de entrada. La experiencia ha demostrado que ésta es una proporción adecuada entre ambos elementos (el túnel de entrada y el tiro de salida) para que el sistema de ventilación inducida funcione eficientemente.

Asimismo, entre más largos sean el túnel y el tiro, menor será la temperatura que se obtenga dentro de la cava o fresquera, dentro de ciertos límites, ya que el efecto respecto estos parámetros es asintótico.

Y por supuesto, entre más seco y cálido esté el ambiente externo, mayor es la eficiencia relativa de este sistema; esto es, habrá mayores diferencias entre la temperatura y humedad interior y exterior, mas no necesariamente temperaturas más bajas absolutas dentro del recinto.

En las recámaras de nuestra casa hay otro sistema de ventilación inducida, cuya función es hacer que durante toda la noche sea extraído, a través de un tiro, el aire viciado y caliente de las recámaras, el cual es sustituido por el aire frío que entra a través de la rendija inferior de la puerta de cada recámara.

Este sencillo sistema está formado por un tiro de unos 3.5 mts de largo (el alto del segundo piso más la boca de salida del tiro) hecho de tubo de PVC de 2" a 4" (dependiendo del volumen del espacio a ventilar). Este tubo se empotra a la parte más alta de la pared mediante un codo de 90° y llega hasta la azotea, donde una pieza de ferrocemento empotrada a la boca de salida, evita que entre agua de lluvia por el tubo. Es fundamental orientar esta boca hacia donde nunca soplen los vientos dominantes de la temporada de lluvias, porque sólo así se garantiza que no va a entrar agua por el tubo. Si esto se descuida, se podrían formar humedades en las paredes de las recámaras. También obviamente, es importante que el tubo forme una ventilación cruzada con la puerta de la recámara, para que barra con eficacia el aire viciado.

Por último, tanto en la entrada del tubo como en la boca de salida del aire viciado, deberá colocarse una malla de mosquitero de alta resistencia, para evitar que entren insectos. El tubo también deberá tener en su inicio, una puerta hermética (abatible o corrediza) para cerrar el sistema en las noches frías de invierno.

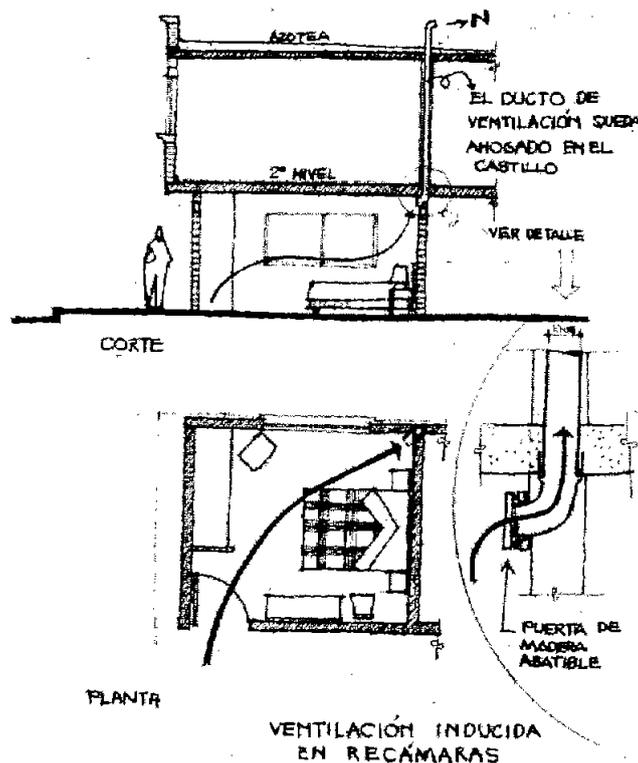


Fig. 51 Esquema de un sistema de ventilación inducida en recámaras, que utiliza ventilación cruzada. La puerta abatible de madera, está sellada.



Fig. 51 a Sistema de ventilación inducida para recámaras: detalle de la boca de salida del aire viciado, hecha en ferrocemento y protegida con malla de mosquitero de alta resistencia. Para evitar humedades en la pared de la recámara, la boca de salida está orientada hacia el norte y parcialmente cubierta por el pretil

Chimeneas

Históricamente, las chimeneas han servido para extraer los productos gaseosos de la combustión de los hogares (donde se preparaban los alimentos y con los que se calentaban las viviendas) Pero actualmente, es suficiente con introducir correctas medidas de ventilación, como campanas para extraer los humos de la cocina y calentadores de gas colocados fuera de la vivienda.

Sin embargo, por razones de estatus y estéticas, en muchas viviendas elegantes de nuestro país es común encontrar chimeneas similares a las que hay en los países en que sí es necesario tenerlas.

Así, en climas templados subhúmedos, fuera de algunos cuantos días en que la gente las enciende como un lujo, más del 95% de las chimeneas no funcionan para lo que fueron hechas, esto es, para climatizar (a excepción de aquellos lugares que por su altitud, sí necesitan utilizarse, aunque de todos modos, lo hacen con poca eficiencia térmica y mucho desperdicio de calor).

En la mayoría de los casos, las chimeneas son inútiles para fines de calefacción, ya sea por su mal diseño, o por la ignorancia de sus principios de operación, que contribuyen más al enfriamiento de la casa que al supuesto propósito calefactor.

Ello se debe a que una chimenea construida como parte de la vivienda tiene un tiro permanente hacia el exterior, el que además suele no tener dispositivo alguno de cierre hermético para cuando no se usa (que es la mayor parte del año) lo que hace que permanentemente la chimenea (por las más bajas temperaturas externas, los vientos y la mayor temperatura interior de la vivienda, especialmente por las noches) esté extrayendo -de manera lenta, pero continua y significativa- aire tibio de la casa, enfriándola.

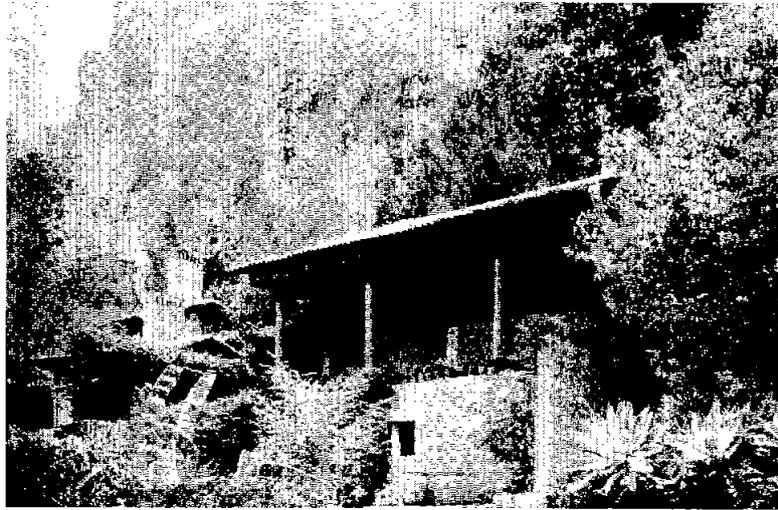


Fig. 52. Los tiros de chimeneas convencionales contribuyen a enfriar la vivienda (Casa Ortíz Monasterio, Arq. Andrés Casillas, Valle de Bravo, México)

Si se considera que además su pobre diseño (en nuestro país hay muy pocos expertos), los materiales usados y su ubicación ineficiente dentro de la vivienda, hacen su funcionamiento más pobre y oneroso, tanto en términos de su escaso beneficio como de su costo económico y ecológico, (que incluye la obtención de la leña, salvo en unos pocos lugares) podemos afirmar que, con raras excepciones, la construcción de chimeneas en climas templado subhúmedos es una tontería.

A pesar de lo anterior, sí se quieren diseñar y operar sistemas de calefacción invernal basados en la quema de leña u otros combustibles, deberán instalarse sólo en aquellos lugares en que realmente se requiera (en nuestro caso, clima Cb (w2) y donde sea una opción por la abundancia de combustibles.

Recomendamos en esos casos:

1. Comprar equipos prefabricados industrialmente. Las estufas metálicas y chimeneas prefabricadas son más eficientes por su facilidad de operación y la energía calorífica que proporcionan, (que puede llegar a ser del triple que una chimenea construida artesanalmente).
2. No instalar calefactores eléctricos, ya que son los más ineficientes energéticamente hablando, por su contradicción conceptual (usar una forma muy sofisticada y cara de energía para producir calor, que es la forma más degradada y barata de la energía) y su enorme demanda de energía, que resulta en una gran demanda de electricidad. En este sentido serían más eficientes los basados en gas natural o L.P.

Si por razones estéticas o de estatus se insiste en construir una chimenea como parte de la construcción, recomendamos:

- Colocarla en la parte más central y baja de la vivienda, para que el calor de desperdicio en las paredes de la chimenea se transfiera lo más posible al interior de la vivienda.
- Que el hogar propiamente dicho, la alimentación de aire, el área de la garganta, la del tiro, la altura de éste y el tramo que sobresale del techo, tengan las proporciones adecuadas. En lo posible se sugieren mecanismos de regulación para aumentar su eficacia.
- Que la alimentación del aire para la combustión no sea tomada del interior de la casa, sino del exterior.
- Que tanto el hogar como el tiro de la chimenea, estén hechos con materiales que tengan la mayor conductividad térmica posible, sólo que el hogar deberá tener una doble camisa de materiales no conductivos que encierre el hogar, para evitar quemaduras al ser tocado directamente.



*Fig.53 Chimenea con doble camisa y tiro metálico
(Casa La Ventana, Arq. Belden Rangel, Monterrey, N.L.)*

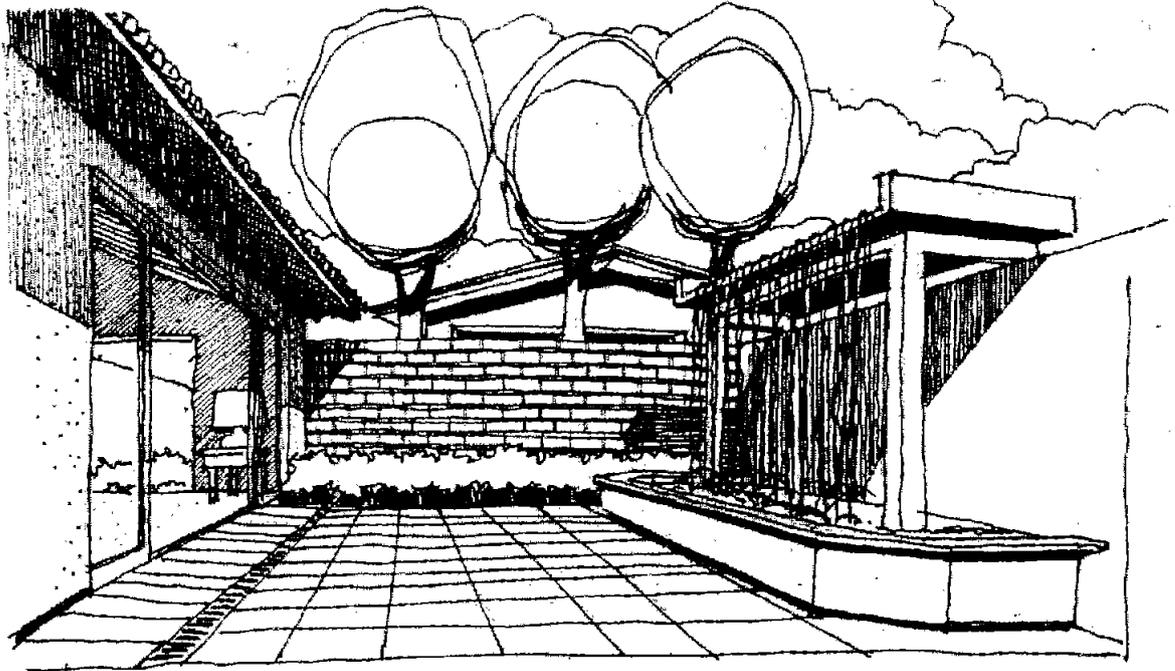
- Y en general, cualquier esfuerzo que se haga para inducir la mayor cantidad del aire que pase por el calor del hogar (a través de tubos metálicos herméticos, por ejemplo) contribuirá sensiblemente al incremento de su eficiencia.

De todos modos, buscar alternativas bioclimáticas diferentes a éstas (como un óptimo diseño bioclimático o la calefacción hidrónica³¹ solar) es lo más adecuado.

7.6 Fuentes y caídas de agua

Las fuentes, al igual que las caídas de agua, son elementos decorativos que refrescan el ambiente. Para la región de Morelia, es conveniente colocarlas frente a la fachada SW o S de la vivienda, para aprovechar los vientos dominantes de las cálidas tardes de primavera. Obviamente la ventilación deberá hacerse por el SW, S y/o SE para que entre el aire humedecido a refrescar la vivienda. Puede utilizarse una bomba solar a base de fotoceldas, para que bombee el agua, así no se utilizará energía extra, ni habrá el molesto ruido producido por la bomba eléctrica.

³¹ La calefacción hidrónica puede ser instalada en el piso, haciendo fluir agua caliente dentro de una tubería de cobre o de plástico, colocada por toda la superficie abajo del piso, o dentro de los zoclos, a través de una tubería de cobre con aletas metálicas, que facilitan que el calor se transmita rápidamente a la habitación. En ambos casos el agua puede ser calentada solarmente, sólo que el calentador solar debe estar situado en la parte más baja de la casa. Por ello este tipo de calefacción se adapta muy bien en terrenos con pendiente acentuada. (Para mayor información, buscar en la WEB, *pisos radiantes*)



ENFRIAMIENTO POR HUMIDIFICACIÓN

Fig. 54 Una caída de agua correctamente colocada respecto del eje eólico, humedece el aire que entra a la vivienda en los días secos y cálidos de primavera. Conviene especialmente en climas Cb (w0) y Cb (w1)

8. Sistemas no bioclimáticos

Consideramos sistemas no bioclimáticos a aquellos que representan una aportación sustancial a los usos y prestaciones que se esperan de una vivienda, pero que no tienen que ver directamente con su iluminación y climatización, esto es, con el bienestar térmico-acústico de sus habitantes.

8.1 Sistemas constructivos

Consideramos pertinente incluir en este apartado algunos sistemas constructivos que por su ligereza, flexibilidad, costo y utilización de mano de obra no calificada, resultan muy convenientes. Asimismo, incluimos sistemas que incorporan materiales renovables y duraderos o técnicas tradicionales pero que por distintas razones están siendo olvidados.

Cimientos de piedra reforzados y protegidos.

Es costumbre decir que algún recinto estaba clausurado "a piedra y lodo", refiriéndose a que se utilizaban cantidades masivas de piedras unidas entre sí con lodo, para tapiar puertas o para hacer algunos muros burdos, los que, si se protegían en sus juntas de la lluvia y humedad exterior, podían durar siglos.

Actualmente, los cimientos de las edificaciones urbanas están hechos de tabicón de concreto. Sin embargo, habría que cuestionar su durabilidad, ya que el cemento es un material con un pH sumamente alcalino (de alrededor de 12 recién fraguado); su alcalinidad debe mantenerse para garantizar su resistencia. Dado que muchos suelos son bastante ácidos, si en ellos se une un factor de humedad significativo, esta combinación podría afectar a la larga su durabilidad, y lo que puede ser peor, su resistencia como componente estructural ante esfuerzos críticos como en los sismos.

Por ello, los cimientos de piedra son una alternativa (su duración geológica es una muestra de su durabilidad) y aunque en apariencia son más costosos, resultan en realidad más duraderos y resistentes.

Nuestra casa ecológica está hecha con este tipo de cimientos, pero como el terreno es de arcillas expansivas, un terreno difícil para cimientos de piedra, se prefirió emplear en los puntos críticos, unos cimientos un poco más masivos.

Dado que además, el nivel freático está permanentemente alto (gracias al sistema de tratamiento y reciclaje de aguas servidas) proteger sus uniones contra el agua era una prioridad obligada. Ello se obtuvo a base de agregar cal al lodo que quedó en las juntas entre las piedras (lo cual mantiene su pH alcalino), y de recubrir la parte externa de esas juntas con un mortero convencional, rico en cemento. El sistema en sí ha probado su eficacia, ya que ha resistido varios temblores de regular intensidad sin presentar cuarteaduras. Ello se logró gracias a la cantidad masiva de piedras y tierra que, además, ahorraron gran cantidad de cemento.

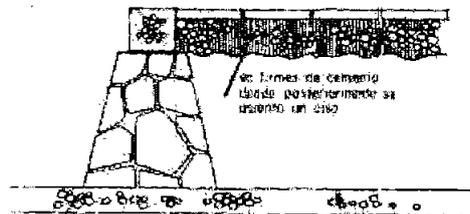


Fig. 55 Cimientos de piedra y lodo reforzados con cal y cemento.

Suelo cemento.

El suelo cemento o tierra cemento es básicamente tierra a la que se le añade un poco de cemento. Se elabora apisonando firmemente sobre el piso donde se quiere poner un firme, una capa de tierra cementada finamente y mezclada con cemento para otorgarle cierta cementación, firmeza e impermeabilidad.

Una variante de éste, denominada **malla-cemento**, se forma a partir de un sustrato como el ya mencionado, al que se le coloca una tela de gallinero y se enjarra con un mortero de cemento (como el del ferrocemento, pero más delgado). Es importante probar la clase de tierra con que se elabora, porque dependiendo de ésta, se agrega más o menos cemento. En el *Apéndice* se incluye la prueba que hay que hacer para conocer qué tanto cemento necesita la tierra con la que se pretende hacer el suelo-cemento o malla-cemento.

A su bajo costo aúnan ambos una buena resistencia mecánica. Además se presta perfectamente para hacer pisos similares a los hechos con concreto decorado³².

³² La Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Xochimilco, trabajó durante muchos años con suelo-cemento. Incluso desarrolló moldes para su elaboración *in situ* en viviendas urbanas. El M. Arq. Vicente Guzmán estuvo a cargo de este proyecto (ver *Directorio de Investigadores*)

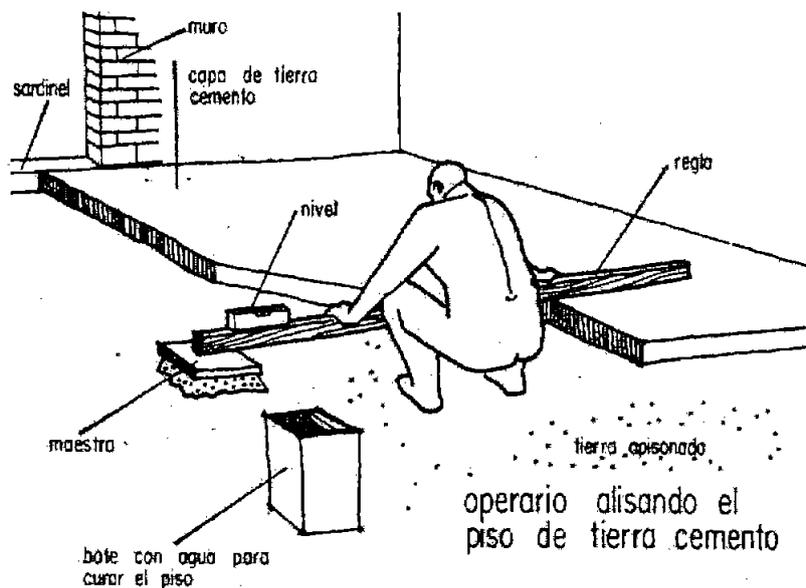


Fig. 56 Elaborando un piso de suelo cemento

8.2 Captación y almacenamiento de agua pluvial

El agua que se obtiene en México para consumo humano proviene casi en su totalidad de acuíferos subterráneos. Desgraciadamente, la mayor parte de éstos están contaminados con metales pesados y gérmenes patógenos, y solamente con métodos complicados y caros puede el agua obtenida de ellos tener calidad potable.

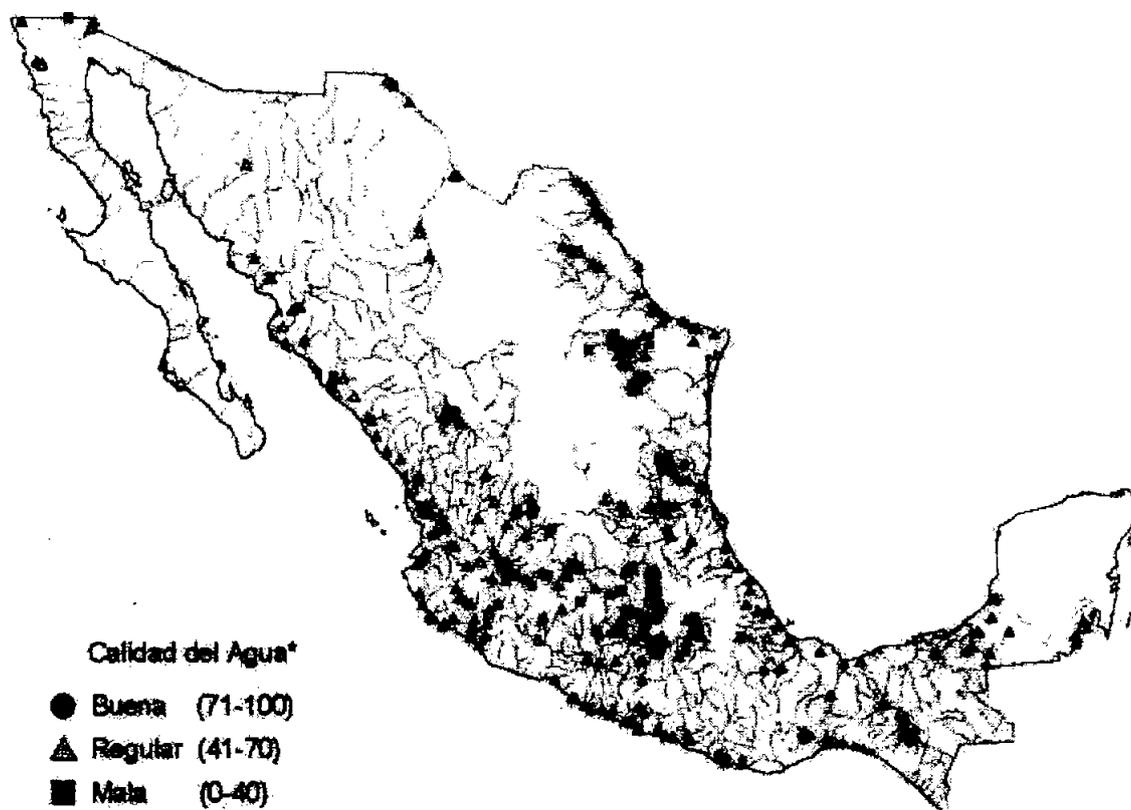


Fig. 57. República Mexicana: calidad del agua.
(Fuente: Compendio Básico del Agua en México, 2001, CNA).

Pruebas hechas de manera periódica al agua municipal en diversas ciudades, tanto por la UNAM, como por la CNA, Secretaría de Salud y universidades regionales de todo el país, han revelado la presencia de coliformes fecales, salmonellas, metales pesados y plaguicidas.³³

Para que un agua se considere potable debe cumplir con la NOM 127. En la Fig 57 están señalados con círculos azules los lugares del país donde sí hay agua de buena calidad, esto es, agua que sí cumple con esta norma oficial.³⁴ Como se puede observar, México prácticamente carece de agua de buena calidad.

En cambio, el agua de lluvia siempre cumple con la NOM 127. En pruebas de laboratorio similares a las hechas al agua municipal, el agua pluvial ha revelado, además de la acidez (muy alta sólo en las principales ciudades) la presencia de gérmenes exclusivamente no patógenos (esto es, gérmenes que

³³ En México el 86% del agua que se extrae de pozos profundos está muy contaminada y sólo el 14% cumple con la normatividad. Ese 86% presenta salmonellas, amibas e incluso, gusanos planos (*taenia solium*), cilindrados y anillados (*triquina*). Una comparación de la calidad del agua para consumo humano en México y E.U permite claramente ver la enorme contaminación que existe en nuestro país: en E.U. por cada 100 ml de agua hay en promedio 16 salmonellas; en México, entre 100,000 y 1000 millones. (Fuente: Jiménez, Blanca; *Manejo de la calidad del agua en México*, Instituto de Ingeniería, UNAM; boletín no. 104/ 2002).

³⁴ La NOM 127 considera agua potable o de buena calidad aquella que posee 2 ó menos coliformes totales, 0 coliformes fecales, 0 amibas, 0 salmonellas y 0 gusanos planos. Agua de regular calidad no existe para esta NOM, pero la CNA ha catalogado dentro de este grupo al agua que posee 2 ó menos coliformes fecales. Si la clasificación se hiciera respetando la NOM 127, casi toda el agua del país sería de mala a muy mala calidad.

de manera natural se encuentran en el aire y los alimentos, principalmente la *E.colli*) en concentraciones muy bajas.

Sin embargo, si el agua pluvial permanece almacenada en aljibes durante varios meses, presentará *E.colli* en concentraciones por arriba de lo normal; si esta agua es bebida directamente, puede provocar ligeros problemas intestinales. Pero si se pasa a través de una lámpara de rayos UV³⁵ o por un dispensador de yodo³⁶ se convierte en agua absolutamente potable.

Es importante recalcar que en caso de utilizar una lámpara de rayos UV para potabilizar el agua de lluvia, no es necesario usar filtros, ya que en algunos textos se afirma que se hay que instalar filtros de lecho profundo y de carbón activado, o incluso filtros cerámicos muy cerrados (para 5 micras).

Todo esto es absolutamente innecesario, porque el agua de lluvia no contiene malos olores ni sabores, (que se eliminan mediante filtros de carbón activado) ni tampoco metales pesados o sedimentos que requieran hacerla pasar a través de filtros cerámicos. Únicamente hay que eliminar los gérmenes no patógenos, y como el agua pluvial tiene una turbidez entre 0 y 1 (de nula a casi nula), al pasar por una lámpara UV se eliminan completamente los gérmenes presentes en ella.

Por lo anterior, al diseñar una vivienda urbana, es absolutamente recomendable prever la utilización de agua de lluvia para aquellos usos en los que sí se requiere agua potable: lavado de trastes, preparación y limpieza de alimentos, y lavado de manos, dientes y cuerpo (fregadero, regaderas y lavabos).

Para usos donde no se requiere agua potable, como lavado de ropa, patios y automóviles, conviene utilizar agua de la red municipal o agua pluvial captada de techos, terrazas y patios que se pisan con frecuencia y que por lo mismo no están limpios.

Para los escusados y el riego del jardín lo correcto es reusar las propias aguas servidas, una vez que hayan sido tratadas en una microplanta o sistema de tratamiento.

Esta forma de utilizar las aguas pluviales y recicladas ya ha sido probada exitosamente en diversas viviendas urbanas y suburbanas de todo el país.

Diseño del sistema

Un sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial consta de tres partes: los techos o áreas captadoras, las, canaletas o tuberías para transportar el agua captada, y el depósito para almacenarla (aljibe o sistema).

Al diseñar un sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial deberá tenerse presente lo siguiente:

- Aunque lo más frecuente es construir un solo aljibe, conviene construir dos aljibes, uno para captar las aguas pluviales provenientes de techos que no se pisan y otro para captar el agua pluvial proveniente de techos que sí se pisan, de terrazas, patios, escaleras y escalinatas.
- El primer aljibe -de aguas limpias- se utilizará en usos potables: en el fregadero, lavabos, regaderas, tinas y jacuzzis.
- El segundo aljibe se utilizará en usos donde no se requiere agua potable, sino simplemente limpia: lavado de ropa, limpieza de pisos o de automóviles. A este aljibe puede llegar el agua municipal.

³⁵ Es importantísimo por razones de salud, que las lámparas UV se instalen lejos de cualquier lugar en que las personas permanezcan más allá de unos cuantos minutos. Nunca debe estar dentro de la cocina, algo que desgraciadamente es muy común encontrar. Recomendamos que la lámpara UV se instale inmediatamente abajo del tinaco de agua pluvial limpia, y que de ahí pase al calentador solar y demás usos de la casa donde se requiere tener agua potable.

³⁶ La empresa BIOPUR vende en México los dispensadores de yodo (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

- Para los sanitarios y el riego de jardines, es conveniente usar el agua reciclada en una microplanta que cumpla con la NOM 003 de calidad del agua.
- Un 30-40% del agua total de una casa urbana se usa en usos potables, otro 30-40%, en lavado de ropa, limpieza de pisos y automóviles, y por último un 30-40% se usa para los sanitarios y el riego de jardines. Con estos porcentajes se diseñan los aljibes. Las proporciones varían de acuerdo con los hábitos de consumo de agua de cada familia, de ahí que sea necesario que el arquitecto pregunte al ama de casa -que es quien generalmente lo sabe- los hábitos de consumo de agua, para calcular correctamente el volumen de cada aljibe.
- El sistema de captación y almacenamiento del agua pluvial debe estar completamente separado del sistema tratamiento de aguas servidas. Por ejemplo, puede estar separado por la vivienda misma, lo cual garantiza que no haya infiltraciones.
- En el hemisferio norte conviene que si los techos son planos, tengan la pendiente hacia el sur (como se especifica en *Techos*) y el aljibe también esté ubicado ahí, porque esta orientación optimiza el soleamiento de los techos en invierno o verano, al tiempo que disminuye la extensión de tubería necesaria para transportar el agua captada al aljibe.
- Para regiones con vientos dominantes hacia el S, SE y SW conviene ubicar el aljibe en la parte sur y dejar el tratamiento de aguas servidas hacia el N o NW, ya que en general estos sistemas no deben estar hacia donde soplan los vientos dominantes, por los olores que pueden llegar a desprender.
- Nunca hay que captar el agua pluvial que cae donde se estacionan o transitan automóviles, ya que el agua adquiere olores y sabores indeseables.
- Tampoco hay que captar el agua pluvial que cae en patios o lugares donde orinan o defecan mascotas, por razones obvias.
- Es importante que al construir un aljibe, las tapas de los registros estén unos diez centímetros sobre el nivel de piso, formando una pieza monolítica con el piso. De esta manera se evita que el agua se ensucie al barrer los patios o pisos sobre los cuales están los aljibes.
- Tampoco es conveniente colocar las tapas de los aljibes cerca de donde hay pasto o cubiertas vegetales, ya que pueden caer en ellos restos de las podas, contaminando el agua.
- Las tapas no deberán ser metálicas, ya que hay que darles mantenimiento continuo para que no se oxiden. Y como lo ideal es que sean ligeras, dos materiales extraordinarios para elaborarlas son la fibra de vidrio y el polietileno de alta densidad (HDPE ó PEAD)³⁷

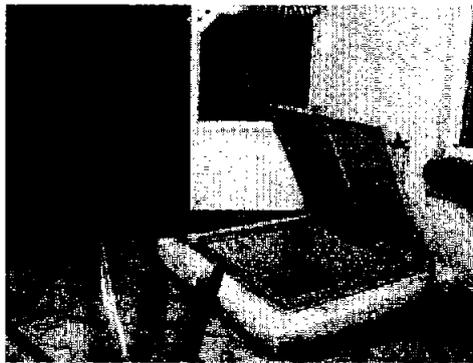


Fig. 58. Las tapas metálicas se oxidan rápidamente, hay que darles mantenimiento al menos una vez por año

³⁷ En Morelia y el D.F. se venden estas tapas de PEAD sobre pedido. En el *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*, pueden encontrarse las empresas que lo fabrican y comercializan.

El mejor sistema de captación y almacenamiento de agua pluvial que existe, es el **Sistema UNO**, diseñado en México³⁸.

Este sistema consta de dos partes:

- 1ª. Un sistema de captación y recolección, formado los techos o superficies impermeables, y por un canal único, por canaletas o por tubería oculta que envían el agua captada al aljibe;
- 2ª. Un sistema de almacenamiento y filtración, compuesto por un estanque decantador y un aljibe con un muro filtrante que lo divide en 2 compartimientos.

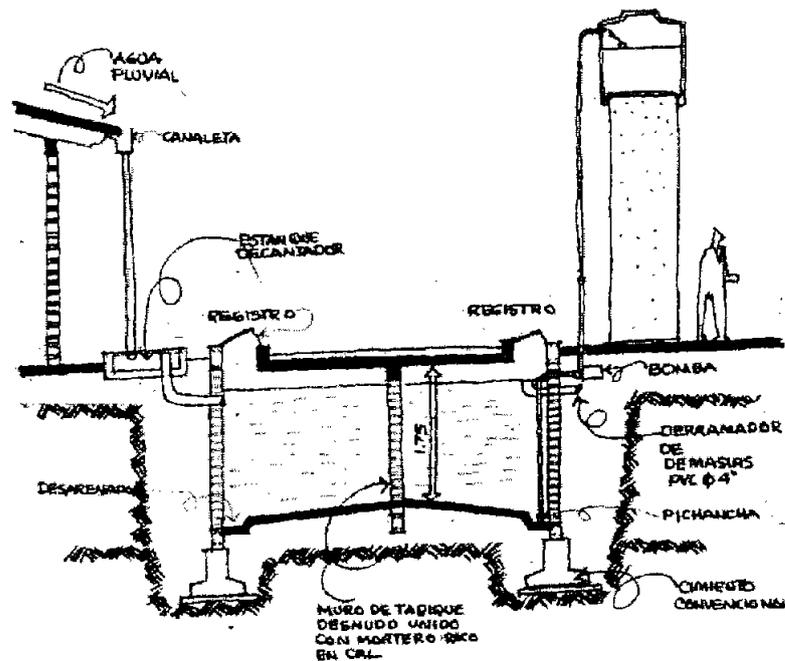


Fig. 59 Esquema de un Sistema UNO con aljibe hecho de tabiques

En suelos muy duros y por lo mismo difíciles de excavar, conviene que el aljibe sea construido en ferrocemento, sobre el suelo, dándole forma cilíndrica, por su mayor resistencia y su facilidad de construcción (Fig. 60)

³⁸ Esto se concluyó después de una exhaustiva investigación realizada en revistas técnicas y científicas, y en la WEB. Todos los sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial que existen actualmente (a excepción del Sistema UNO) utilizan lo que tradicionalmente se ha hecho por siglos: captar el agua de los techos y sin más tratamiento, almacenarla en un depósito, generalmente subterráneo (aljibe o cisterna) para utilizarla posteriormente, sacándola directamente del depósito, o subiéndola a un tinaco elevado.



*Fig.60 Sistema UNO aún en obra negra, con un aljibe elevado hecho en ferrocemento. En primer término se ve un registro al que llega el agua pluvial proveniente de varias canaletas; al centro, el estanque decantador y al fondo el aljibe doble, con sus dos entradas para dar mantenimiento en ambos lados.
(Fraccionamiento Sustentable Cerro Verde, Morelia, Michoacán)*

En el Sistema UNO el agua pluvial proveniente de todos los techos vierte al estanque decantador, en uno de cuyos extremos está un tubo derramador que sobresale 15 cms. de altura en promedio.

Por este tubo derrama el agua pluvial hacia adentro del aljibe cuando alcanza la altura máxima. De este modo, el agua permanece dentro del estanque el tiempo suficiente para sedimentar la basura y el polvo que arrastró de los techos, limpiándose por decantación. Esto hace prácticamente innecesario utilizar coladeras en la tubería y canaletas para detener basuras, o tener que limpiar los techos antes de la época de lluvias.



*Fig. 61 Estanque decantador con el tubo que derrama el agua hacia dentro del aljibe. Registro elevado para evitar que al barrer se ensucie el aljibe.
(Vivienda sustentable Familia Arias, Morelia, Michoacán)*

Una vez que el agua está dentro del aljibe, debe pasar por un segundo filtro antes de ser bombeada al tanque elevado: un muro desnudo (sin aplanar) de tabiques de barro cocido hecho con un mortero rico en cal.

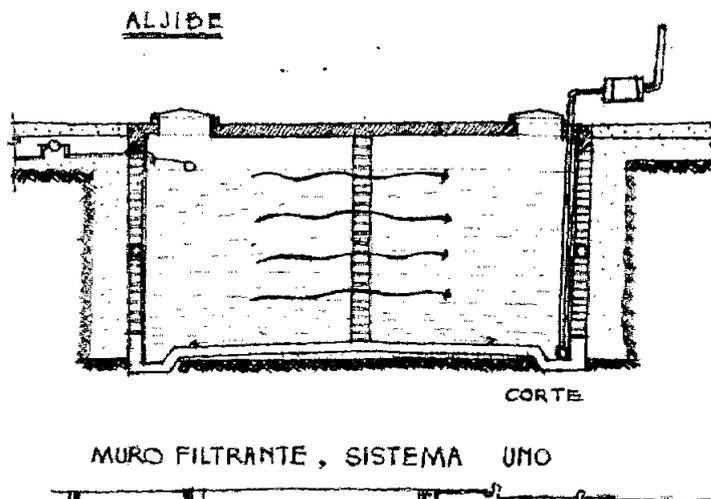


Fig.62 El agua pasa a través del muro filtrante y posteriormente es bombeada al tinaco elevado

Como el agua de lluvia tiene NO_2 y SO_2 , causantes de la lluvia ácida, la cal del muro filtrante sirve para transformar los compuestos ácidos generados a partir de los gases contaminantes, en compuestos cálcicos que quedan detenidos en el mortero, pasando al segundo compartimiento del aljibe, agua libre de acidez, según se ha comprobado en los análisis realizados a esta agua³⁹.

El agua almacenada en el segundo compartimiento del aljibe, se bombea al tinaco elevado para ser usada en toda la casa.

La instalación de una lámpara rayos ultra-violeta o de un dispensador de yodo, completa el ciclo de purificación del agua pluvial. Esta agua purificada debe alimentar únicamente el fregadero, los lavabos, regaderas, tinas o jacuzzis, que es donde sí se requiere agua potable.

En el Apéndice se puede ver el cálculo del Sistema UNO para una vivienda urbana de cinco habitantes.

³⁹ Ver en el Apéndice los resultados de estos análisis, hechos por la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Michoacana.



Fig. 63 En primer plano, aljibe pluvial de 45m³ hecho con piedra del lugar (Vivienda sustentable Familia Oseguera; Fraccionamiento Cerro Verde, Morelia, Mich.)

8.3 Tratamiento de las aguas servidas

Por la escasez de agua que ya se presenta en nuestro país y que se está volviendo crónica, y por el hecho de que es inconcebible en ecoarquitectura pensar que las aguas servidas de una vivienda pueden ser derramadas sin tratamiento alguno al drenaje, para de ahí contaminar ríos y lagos, se debe prever la instalación de un sistema depurador de aguas servidas, que permita reutilizarlas en la misma vivienda.

Lo más recomendable es que el sistema sea familiar, ya que así se facilita que sus dueños lo mantengan en buenas condiciones y lo operen con eficiencia, teniendo el doble premio de ahorrar agua y obtener una invaluable independencia del agua de la red.

8.3.1 Microplantas

Una vivienda urbana diseñada con criterios ecoarquitectónicos debe poseer un sistema de tratamiento de sus aguas servidas que cumpla con la Norma Oficial Mexicana (NOM) 003.

Los únicos sistemas que cumplen con esta norma y recuperan más del 90% del agua para ser reutilizada en la misma vivienda, son las miniplantas o microplantas prefabricadas industrialmente⁴⁰. Sin embargo, como su costo es elevado y están diseñadas para diez o más personas, puede convenir conectar las aguas servidas de dos viviendas a una microplanta, siempre y cuando sus dueños sean suficientemente responsables para no introducir químicos agresivos, y se comprometan a dividir los costos, muy bajos, de operación y mantenimiento. El espacio que ocupan es mínimo y nunca más profundo de 2 m (ver Figs. 64 y 65)

Dado que las microplantas unifamiliares son caras, conviene que desde el momento de proyectar un condominio o fraccionamiento, se diseñe una planta que trate adecuadamente todas las aguas servidas que se produzcan,

⁴⁰ En México, sólo existen dos fabricantes de microplantas de alta calidad: IBTech y Biotecnología Ambiental, la BioMIR y la Premier Tech, son importadas y su costo las vuelve casi inaccesibles (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

pero se prevean formas para evitar que las familias usen productos químicos que puedan echarla a perder. Sólo así resulta económico un sistema de tratamiento de aguas servidas.

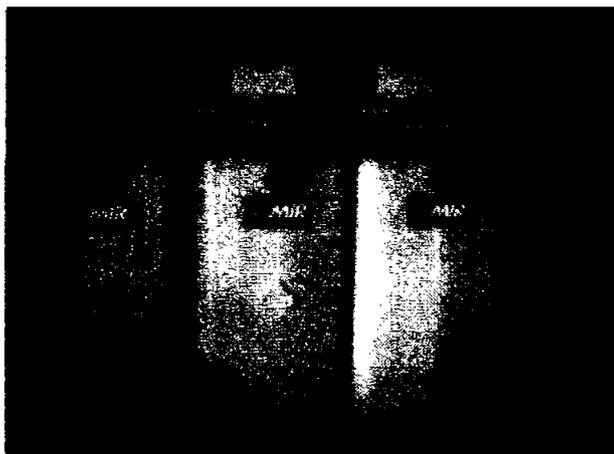


Fig. 64. Triple microplanta depuradora BioMIR de 1.5 mts de altura
(Fuente: folleto técnico de la empresa, 2002)

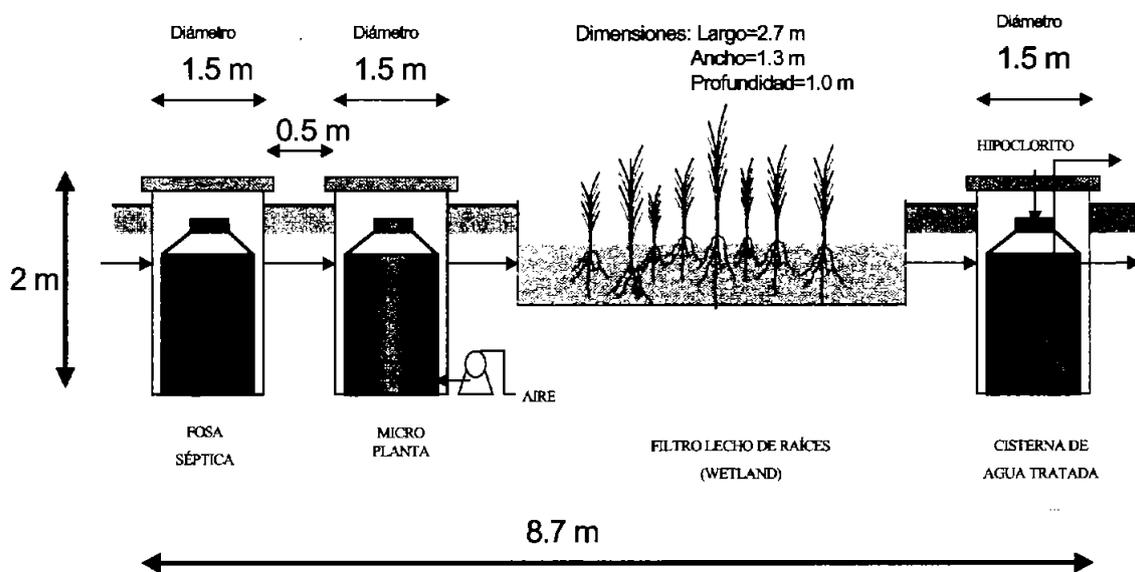


Fig. 65. Esquema del funcionamiento de la micro planta depuradora IBTech
(Fuente: folleto técnico de la empresa, 2004)

Diseño del Sistema

Si por razones de diseño o de ubicación (la vivienda a diseñar puede estar dentro de una colonia donde no existe tratamiento alguno de las aguas servidas o sólo existe el drenaje) se instala una microplanta o sistema unifamiliar, conviene saber lo siguiente:

- Las plantas de tratamiento no deben ubicarse hacia donde soplen los vientos dominantes. Así por ejemplo, en la región de Morelia es conveniente instalar los sistemas de tratamiento de aguas servidas en el lado norte o noroeste del terreno; de preferencia, en la parte posterior de la casa. En general, en regiones con vientos dominantes SE, S y SW, el norte resulta adecuado, porque así no entran a la casa los olores desagradables que pueden llegar a producirse en ellas.
- Sin importar el sistema de tratamiento que se elija, es fundamental separar las aguas grises (las que poseen jabones o detergentes) de las negras (provenientes de los escusados) para reducir significativamente los costos de instalación y operación. Es conveniente colocar en cada una de las salidas de aguas grises (lavabos, fregadero, lavaderos, regaderas, tinas y jacuzzis), coladeras donde queden atrapados los residuos de cada mueble (pelos, hilachos de telas, restos de comida, etc.). Esto facilitará el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento (en especial del filtro biológico o *wetland*) y reducirá reparaciones. Si se elige una microplanta prefabricada, las aguas pueden volver a juntarse al momento de entrar en ella, después de que las negras han ya pasado por una fosa séptica, donde los residuos orgánicos han sido degradados mediante la acción de bacterias aerobias y anaerobias (ver Figs. 65 y 73)
- Las coladeras antes mencionadas (de preferencia una por cada mueble o grupos de muebles similares) deberán estar situadas en lugares semi-ocultos (la parte posterior de la casa, por ejemplo) pero de muy fácil acceso, ya que hay que limpiarlas al menos una vez por semana. Las coladeras -móviles- deberán estar colocadas dentro de registros abiertos (sin tapas) construidos a una altura de 70 cms sobre el piso, para poder retirar con facilidad, mecánicamente, los desechos que quedan atrapados en ellas (se facilita la labor si se usa un cepillo de alambre con mango ergonómico).



Fig. 66 Detalle del registro abierto con la coladera

8.3.2 SUTRANE

Existe un sistema unifamiliar de tratamiento de aguas servidas que ha demostrado ser eficaz, siempre y cuando la familia evite verter sustancias químicas desinfectantes a los escusados: **el sistema unitario de tratamiento de aguas negras y grises (SUTRANE)**. El espacio que ocupa un SUTRANE es mucho mayor que el de una microplanta: 10 m² y 1 m de profundidad para 5 personas.

TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES PARA RIEGO DE ÁREAS VERDES.

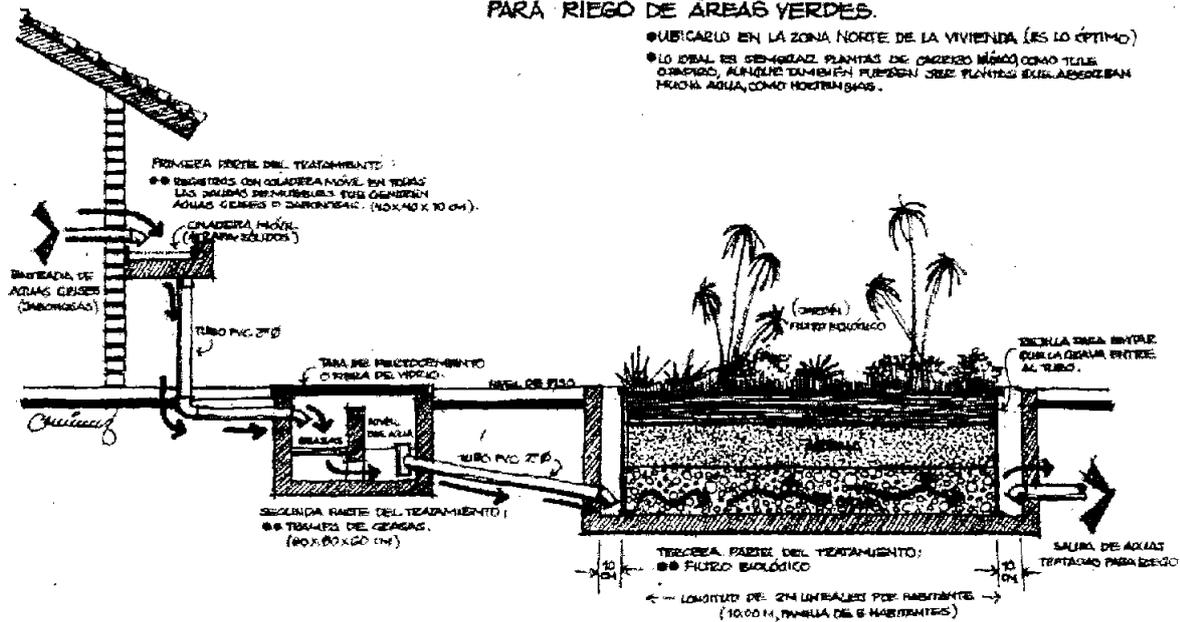


Fig. 67 SUTRANE: detalle de la coladera móvil, la trampa de grasas y la canaleta con papiros para el tratamiento de aguas grises.

En un SUTRANE, al igual que en cualquier microplanta, las aguas servidas de la casa salen por dos tuberías distintas: por un lado las aguas grises y por otro las aguas negras.

Las aguas grises pasan a través de las coladeras antes mencionadas y de ahí a una trampa de grasas, donde por diferencias de densidad, quedan éstas atrapadas.

Ya sin exceso de grasas, las aguas pasan a una canaleta que funciona como filtro biológico. En ella, las aguas eliminan el exceso de nutrientes. El tule es la planta más conveniente para estas canaletas y en general, para todos los filtros biológicos o *wetland*. Sin embargo, en una vivienda urbana puede resultar visualmente excesiva por su altura y forma. Es por ello que otra opción son algunas especies del género *Cyperus* (papiros) (ver plano técnico de un SUTRANE con *wetland* de turba en la página siguiente)

De igual manera, en algunos libros se recomienda no colocar materiales gradados en la canaleta, de manera que se puedan colocar lirios acuáticos dentro de ella, ya que estas plantas acuáticas⁴¹ son sumamente eficientes para limpiar las aguas hipertróficas (muy ricas en materia orgánica activa) Sin embargo, para viviendas urbanas tampoco son recomendables, por el complicado mantenimiento periódico que necesitan y porque son fácil vehículo de bacterias patógenas.

⁴¹ Los lirios acuáticos, además de su muy alta capacidad de depuración de las aguas servidas, atrapan en sus raíces metales pesados. Se pueden obtener en cualquier río o lago contaminado, pero cuando se introducen por primera vez al sistema de tratamiento, hay que desinfectarlos con yodo, por la gran cantidad de bacterias y gérmenes patógenos que sus raíces poseen.

En un *wetland* puede colocarse turba⁴² si se construye a modo de laberinto (ver Fig. 68), o tres capas de materiales gradados, como en un SUTRANE (ver Fig. 67), empezando con grava, luego arena y, por último, tierra rica en arcilla, en la cual conviene plantar los papiros (*Cyperus papyrus* o *Cyperus alternifolius*) (ver Figs. 68 y 69).

Todos los tules y *Cyperus* tienen huecos sus tallos y a través de ellos, las plantas envían oxígeno al suelo, alentando el crecimiento de una rica y diversa vida bacteriana en el entramado de sus raíces (las bacterias son fundamentales en la depuración de aguas servidas).

Pueden sembrarse otras plantas en las canaletas o *wetland*, pero la limpieza de las aguas será menor, ya que las especies de caña hueca tienen una capacidad casi quince veces mayor para limpiar las aguas (ver Fig. 70)

En cualquiera de sus dos formas (con turba o con las tres capas de materiales gradados) estas canaletas o *wetland* funcionan como filtros biológicos de la materia orgánica, limpiándola las aguas tan eficientemente que pueden ser utilizadas nuevamente para usos no potables, como el riego de jardines, los escusados o la limpieza de pisos.

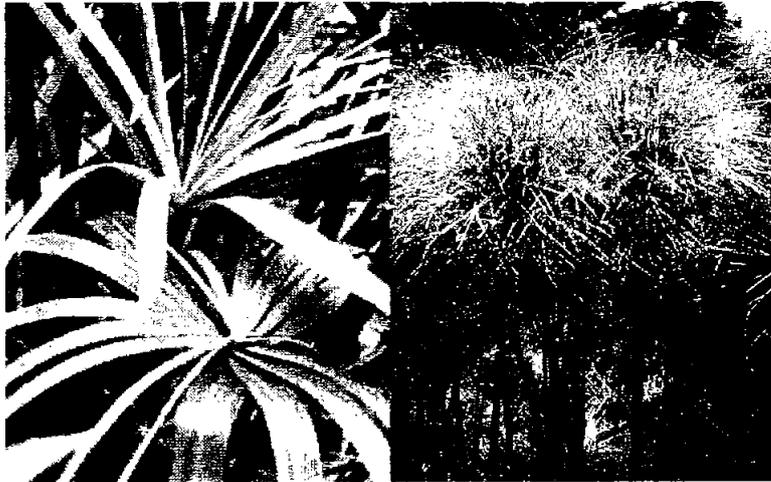


Fig. 68 *Cyperus alternifolius*

Fig. 69 *Cyperus papyrus*



Fig. 70
Filtro biológico hecho de materiales gradados,
con diversas plantas ornamentales,
ninguna tule o papiro.

Al salir de la canaleta, las aguas deben pasar a una cisterna para su reuso (ver Fig. 65 y plano técnico del SUTRANE, página anterior). Lo mejor es que sean bombeadas a un tanque elevado de aguas recicladas para utilizarse como agua de riego del jardín o en los sanitarios de la vivienda.

⁴² La turba, en muchos lugares conocida como 'pitmos', es una forma alotrópica del carbón que tiene una enorme capacidad de absorción y retención de agua, por lo cual colocada en un *wetland*, ayuda que fácilmente se forme una rica flora bacteriana que se encargará de degradar la materia orgánica de las aguas grises y negras pretratadas.

Las **aguas negras** (provenientes de los sanitarios) van a través de una tubería de PVC de 6" de diámetro, a un registro que se bifurca por medio de una "Y" de PVC de 45°, que desvía las aguas negras a unos tanques digestores de carga discontinua (tipo *batch*) colocados en paralelo. En caso de tener mascotas, puede instalarse antes de la "Y", un tubo extra del mismo diámetro, para verter sus excrementos.

Estos tanques digestores trabajan de manera alternada: cuando uno se llena, se deja reposar para permitir que los lodos activos se degraden (digieran); mientras tanto, las aguas negras vierten al otro tanque digestor. Para lograr esto, en una de las salidas de la "Y" se coloca un tapón de PVC, o un par de válvulas de compuerta, que impiden el paso de las aguas a uno de los dos tanques digestores (*ver plano técnico de un SUTRANE con wetland de turba*)

Los tanques digestores pueden ser fosas sépticas comerciales (como la Rotoplas 1050). Una familia de 4 personas tarda alrededor de dos años en llenar cada tanque digestor de este tipo.

Si se diseñan y utilizan correctamente; por ejemplo, no usando limpiadores o desinfectantes en los escusados (más adelante se explica un correcto sistema de limpieza) las aguas negras reciben un tratamiento depurativo completo, pudiendo usarse como agua de riego fertilizada.

La razón para instalar dos tanques digestores de carga discontinua que trabajen de manera alternada, se debe a que para que la digestión anaerobia se realice adecuadamente, debe haber un porcentaje de sólidos totales no menor al 8%, el pH debe ser neutro y la temperatura no mayor de 38° c. La temperatura y el pH son controlables: basta con que los escusados se limpien como se explicó antes. Sin embargo, controlar la cantidad de sólidos totales es más difícil, ya que en los sanitarios convencionales se utiliza demasiada agua para el arrastre de los desechos.

Por ello es que el SUTRANE se diseña con dos tanques digestores: una vez que está lleno de sólidos el primer digestor,⁴³ se cierra -en el registro en "Y"- la entrada de aguas negras que da a ese digestor, lo cual abre automáticamente la entrada del segundo digestor, que comenzará a llenarse con las aguas negras. En caso de haber compuertas éstas simplemente se deberán abrir o cerrar alternadamente (*ver plano técnico de un SUTRANE con wetland de turba*).

Si se desea una degradación rápida, el tanque digestor (lleno hasta las ¾ partes) se debe destapar (hay que comprar fosas sépticas que posean tapa en la parte superior) para agregarle pasto triturado (que previamente se apartó). Para una fosa de 1m³ (como la Rotoplas 1050 o la SEPTI-K) basta añadir un bote de 20 lts de pasto compactado. Se mezcla lo mejor posible, se vuelve a cerrar la tapa y se esperan unos 45 días, después de los cuales, los lodos que estaban activos, se digieren por acción de las bacterias anaerobias metanogénicas presentes en él⁴⁴, produciendo un excelente fertilizante, de olor similar al de la melaza de azúcar, que se puede usar para fertilizar el jardín, por lo que es conveniente vaciar siempre los digestores en el periodo de secas.

En caso de que no se desee agregar pasto para acelerar la digestión de los desechos orgánicos, hay que esperar 90 días antes de destaparlo, para permitir que la digestión anaerobia se realice lo mejor posible, ya que los excrementos y orines humanos o de mascotas son demasiado ricos en nitrógeno. El pasto triturado, rico en carbono, equilibra la composición de carbono/nitrógeno de la mezcla (la cual debe ser de 40/1), acelerando la digestión de los lodos y formando un excelente fertilizante, que se extrae utilizando una bomba para lodos (en todas las ciudades importantes hay plomeros que cuentan con este tipo de bombas).

8.3.3 Fosas sépticas convencionales.

Las fosas sépticas utilizadas para recibir aguas grises y negras mezcladas no son una opción sustentable, ya que los lodos permanecen activos y la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) con que salen las aguas es aún muy elevada, lo cual las convierte en focos de contaminación del suelo y el agua. Incluso en las fosas sépticas denominadas *ecológicas* (porque poseen compuestos enzimáticos para facilitar la degradación de las aguas

⁴³ Una familia de cuatro miembros, sin mascotas, llenará un digestor de 1m³ en un año.

⁴⁴ Cuando se cargan por primera vez los tanques digestores, conviene incubarles una muestra de estiércol de caballo o de vaca, ya que ambos son muy ricos en bacterias anaerobias.

servidas) es muy deficiente la calidad del agua obtenida⁴⁵. Para que las fosas sépticas funcionen correctamente, deben recibir exclusivamente aguas negras y posteriormente pasar por un tratamiento rico en bacterias que degraden la materia orgánica, por ejemplo una microplanta (ver Figs. 72 y 73)



Fig. 71 Fosa séptica ecológica, hecha en fibra de vidrio.

Existen múltiples diseños de microplantas en los que se ha probado la eficacia de las fosas sépticas, como tanques pre tratadores de aguas negras⁴⁶ (por ejemplo, las de las empresas ROTOPLAS y SEPTIK)



Fig. 72 Fosa séptica Rotoplas modelo 1050.

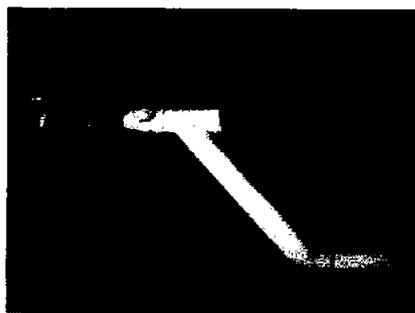


Fig. 73 Fosa séptica Rotoplas 1050, (tanque negro) utilizada como pretratador de aguas negras de una microplanta diseñada por el Instituto de Ingeniería, UNAM (tanque azul) (Fraccionamiento Cerro Verde, Morelia, Michoacán)

⁴⁵ El Instituto de Ingeniería de la UNAM no avala las fosas sépticas usadas convencionalmente (esto es, con las aguas grises y negras mezcladas) ni siquiera las llamadas fosas sépticas ecológicas, como una opción para el tratamiento de las aguas servidas domésticas, porque no cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que exigen un DBO_5 en el agua tratada de entre 20 y 30 mg/lit. De las fosas sépticas convencionalmente usadas, se obtienen agua con un DBO_5 , en el mejor de los casos, de 90 mg/lit.

⁴⁶ En el Fraccionamiento Cerro Verde, en Morelia, Michoacán, se han probando exitosamente este tipo de microplantas con canaleta de turba.

Es importante recalcar que en una casa que posea un sistema de tratamiento de aguas servidas se deben usar preferentemente jabones de barra y detergentes suaves (que realmente no posean fosfatos). Si se instala un SUTRANE o una microplanta, la limpieza de los sanitarios sólo debe hacerse mecánicamente o con equipos portátiles de agua caliente a presión,⁴⁷ pues los limpiadores y desinfectantes químicos destruyen las bacterias anaerobias, básicas para el tratamiento de las aguas negras.

Si por razón de capacidad (que sean insuficientes las fosas sépticas comerciales) es necesario diseñar un SUTRANE con tanques digestores elaborados en albañilería, es fundamental el cuidado que se tenga al construirlos, ya que cualquier error en sus dimensiones, en la inclinación y la profundidad de las tuberías de entrada o en el sellado interno, deviene en un mal funcionamiento de todo el sistema. De ahí que lo más conveniente sea dejar la responsabilidad, tanto del diseño como de la construcción, a especialistas con suficiente experiencia.

Si de todos modos un ingeniero neófito (no un arquitecto, ni un ingeniero-arquitecto, ya que no tienen la formación profesional necesaria para construirlos) quiere experimentar en su construcción, he aquí algunos consejos prácticos que deberá seguir:

- a) Hágalo en un proyecto particular, no en uno ajeno.
- b) Garantícese que el diseño que va a copiar es confiable.
- c) Cuides que todos los tubos por los que llega la materia "cruda" (sin tratar) entren oblicuos (45° a 60°) y muy abajo del nivel del agua (muy cerca del fondo) para garantizar el *sello de agua*.
- d) Cuides que el fondo de los digestores sea angular y tenga 5% de pendiente, como mínimo. En la parte final, este ángulo debe acentuarse.
- e) Construya todas las tapas de los registros en fibra de vidrio. Por ningún motivo deben ser metálicas, ya que los gases generados durante los procesos de descomposición son muy corrosivos.

Por último, en caso de que se opte por la canaleta de lirios acuáticos, es importante saber que una vez cada 6 meses se deben "cosechar" los lirios viejos y sustituirlos por los renuevos. Conviene compostear (enterrar) en un terreno baldío las plantas desechadas, ya que por su cantidad y olor desagradable (de ácido sulfhídrico) es prácticamente imposible compostearlas dentro de la vivienda.

8.4 Calentamiento solar de agua

Un calentador de agua a partir de energía solar es un imperativo lógico en nuestro país, por su irradiación privilegiada y las temperaturas ambientes que facilitan y hacen sencillo y barato un sistema así. Incluso su costo, que de entrada puede parecer elevado, no lo es, porque el equipo se amortiza en unos tres años, vía el ahorro de gas que se hace.

Como se explicó en la *Introducción*, alrededor del 74% del gas se utiliza para calentar agua en la vivienda. Por ello, si se instala un calentador solar, automáticamente se estarán ahorrando las $\frac{3}{4}$ partes del gas que se consume.

Estos calentadores atrapan la radiación solar y la convierten en calor útil para elevar la temperatura del agua, que en este caso será utilizada para usos domésticos.

⁴⁷ Existen pocas empresas en México que fabrican detergentes realmente biodegradables, ya que el mercado nacional está invadido de limpiadores y detergentes que dicen ser biodegradables sin serlo. Por otra parte, ya pueden adquirirse en el mercado nacional equipos domésticos importados que limpian por aspersión de agua caliente. Son una opción realmente ecológica para la limpieza doméstica, ya que sustituyen a los desgrasantes, limpia-vidrios y antisarricidas (*ver Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*).

Un calentador solar consta de dos partes: la placa colectora, en la cual el agua fría es calentada al ser expuesta a la energía calorífica del sol y el tanque térmico, donde se almacena el agua caliente hasta su uso. Por ser los más eficientes, aquí se describirán únicamente los de tipo combinado. En ellos, el colector es un componente separado del *termotanque* o tanque térmico de almacenamiento del agua caliente.

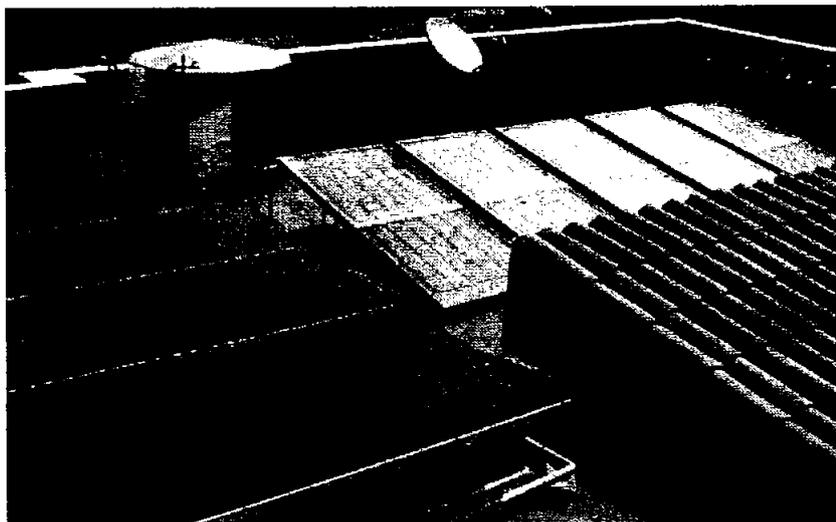


Fig. 74 Calentador solar en una residencia ecológica urbana, Morelia.

Diseño del sistema Principios en que se basa

1. *Cuerpo negro radiador*, según el cual mientras más oscuro sea un cuerpo, mayor será su absorción de radiación, la cual al incidir en sus materiales componentes se convierte en calor.
2. *Transparencia a la radiación* de la cubierta transparente que se coloca a la placa colectora, a fin de que la radiación solar pase, pero el calor sea retenido, tanto por que se busque que la cubierta sea lo más opaca posible a la reradiación del bajo infrarrojo, como porque al estar la placa encerrada con esta cubierta, se impide la convección del aire. Suele ser por el vidrio el material más adecuado por reunir ambas características: transparencia a la radiación y opacidad a la reradiación infrarroja baja.
3. *Convección*. Este principio de transmisión del calor, se aplica aquí de dos maneras: una impide la convección del aire, ya que si la placa colectora estuviera destapada de su cubierta transparente, perdería calor por la convección del viento al aire libre. La otra, utiliza la convección del agua dentro de los tubos metálicos adosados a la placa colectora, para, al calentarse éstos y elevar la temperatura del líquido, éste se dilata, disminuyendo su peso específico, por lo que tiende a subir. Si los tubos por los que fluye el agua, forman un circuito cerrado que baja del tanque térmico (algo elevado respecto de la placa colectora) entonces el agua caliente —más ligera— tenderá a subir por el tubo que llega a la parte superior del tanque térmico. Mientras, el agua relativamente menos caliente y por tanto más densa que se encuentra dentro del tanque térmico, desciende por el tubo de bajada que sale de su fondo, pues su mayor peso, ayuda a desplazar el agua caliente que asciende por el tubo de entrada del termotanque. En tanto que la insolación perdure, el ciclo continuará, almacenando más y más calor en el agua del termotanque, que seguirá recirculándose. Este es el principio denominado *termosifón*.

4. *Transmisión del calor por conducción.* Este principio se aplica de varias maneras: una, utilizando materiales de alta conductividad en la placa colectora y tubos por los que pasa el fluido en ella; por el contrario, se utilizarán materiales de la menor conductividad térmica posible para recubrir la placa colectora por todos lados, excepto por la cubierta transparente. Lo mismo se hará para aislar los tubos que entran y salen del termotanque y para recubrir el propio tanque térmico, a fin de conservar el calor del agua el mayor tiempo posible.

▪ Existe un método simplificado para calcular con exactitud el área de captación⁴⁸ de la placa colectora; sin embargo, si no se desean hacer cálculos exactos, puede afirmarse que es suficiente un 1 m² por persona, si se utiliza agua caliente solamente en el baño (1 m² proporciona de 50 a 80 lts de agua caliente, dependiendo de las condiciones climáticas).

El área puede aumentar hasta 2.5 m² por persona, si se utiliza agua caliente en el lavado de ropa y trastes, o si frecuentemente se usa un jacuzzi.

▪ La placa colectora debe inclinarse de acuerdo a la época del año en que se desee que funcione con mayor eficiencia: si se quiere la mayor eficiencia en el verano (que es la época del año en que hay más días con nublados continuos en climas templados subhúmedos) se deberá inclinar hacia el sur, 10° menos que la latitud local.⁴⁹

En cambio, si se desea que la eficiencia sea mayor en invierno, se deberá inclinar 10° más de la latitud local (aunque esto hará que tenga eficiencias mínimas en verano).

Por último, si se desea que tenga un funcionamiento satisfactorio, a todo lo largo del año, se deberá inclinar a la latitud local.

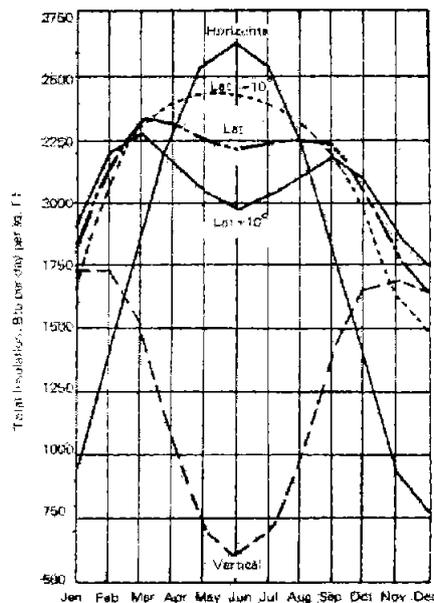


Fig. 75 Gráfica de la eficiencia de una placa colectora con las tres distintas inclinaciones

⁴⁸ Este método simplificado para el diseño de calentadores solares domésticos y de albercas, requiere de conocimientos básicos de Heliodiseño.

Por ello, se imparte como un curso corto en la Facultad de Ingeniería, UNAM. Para mayor información consultar al Ing. Rodolfo Martínez Strevel (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

⁴⁹ Como parte de los experimentos que se llevan a cabo en nuestra casa ecológica, el calentador solar se inclinó -10° de la latitud. Aparte se dio una inclinación adicional de 5° hacia el este (sin moverlo de su azimuth = 0°) para permitir que la radiación solar matinal se reciba más temprano, pues las lluvias en la región de Morelia generalmente se presentan en las tardes. En lo futuro haremos evaluaciones comparativas de eficiencia de nuestro calentador solar sin esta inclinación de 5°.

CALENTADOR SOLAR Alimentado con agua pluvial desinfectada

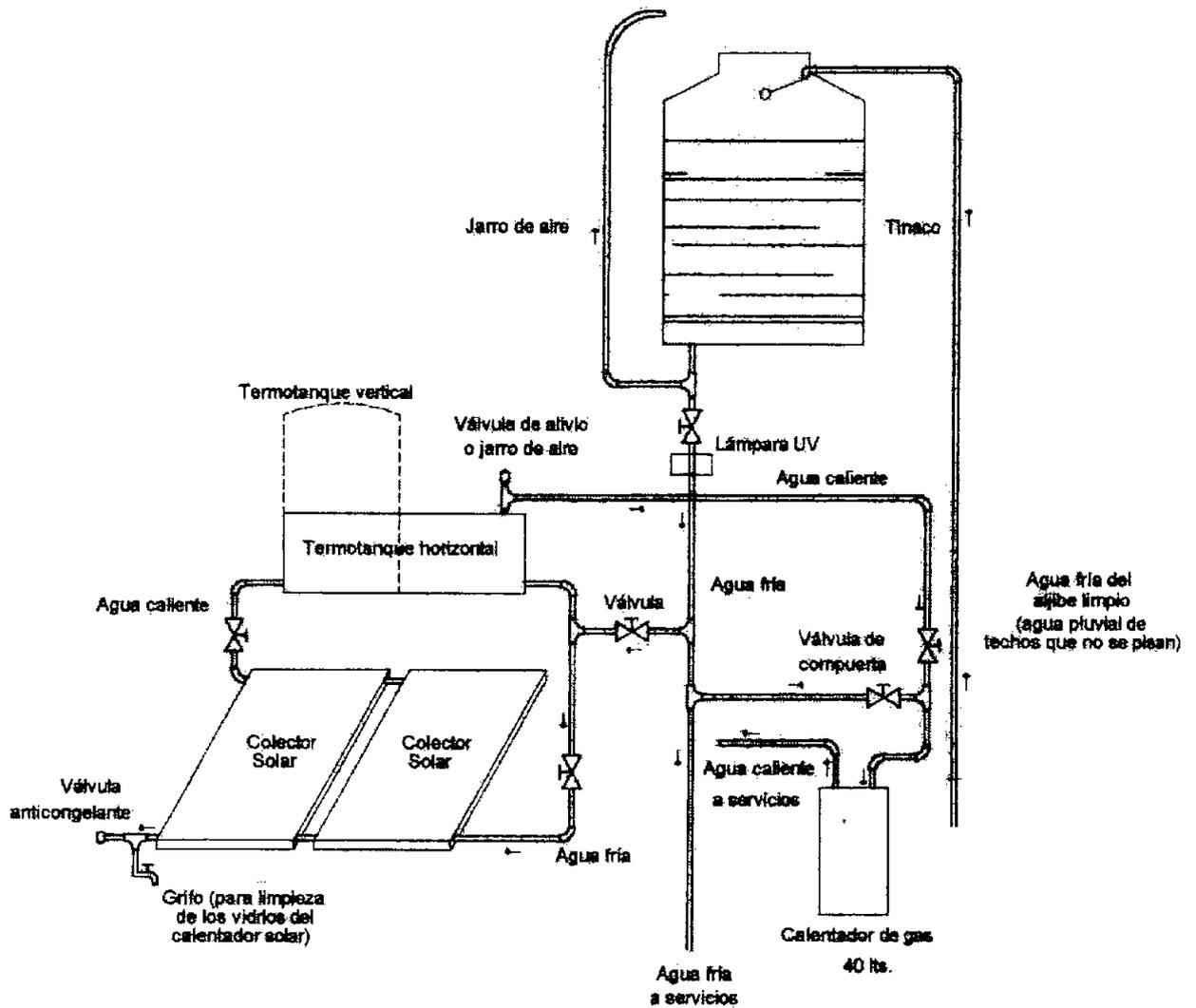


Fig. 75a Diagrama de un calentador solar de agua que utiliza agua de lluvia desinfectada mediante rayos UV

- Es más eficiente un calentador solar con termo tanque vertical que uno con termo tanque horizontal, porque su área de exposición al ambiente es menor.
 - En climas templado subhúmedos Cb (w0) y Cb (w1) no se necesitan instalar válvulas anticongelantes ni de compuerta entre el termo tanque y la placa colectora, ya que nunca se presentan temperaturas tan bajas que hagan que el agua dentro de la placa colectora alcance temperaturas de congelamiento. Sin embargo, en lugares con clima Cb (w2) muy húmedos, es conveniente instalar estas válvulas como medida preventiva contra la ruptura de tuberías. En este caso, recomendamos instalar calentadores solares elaborados por expertos.
 - Dado que es necesario limpiar perfectamente los vidrios de la placa colectora al menos una vez por semana durante la época de secas, el arquitecto o diseñador de la vivienda debe cuidar que el calentador solar esté en un sitio de muy fácil acceso y posea una llave de agua con una manguera de presión permanentemente puesta, que esté a la sombra, para evitar que la polimericen los rayos solares.
 - Para que el agua pluvial calentada solarmente sea potable, es necesario que previamente pase por una lámpara UV (en la Fig. 75 se puede ver su correcta instalación). Por ninguna razón debe pasar agua caliente a través de una lámpara UV, ya que la arruinaría.
- Existe una manera de aumentar la temperatura del calentador solar: instalar un precalentador solar en el techo de la vivienda. En un lugar con clima Cb (w2) podría ayudar a que no ocurrieran problemas de congelamiento dentro del calentador solar. Si éste es el caso, el techo precalentador deberá estar inclinado hacia el sur con 10° más de la latitud local, para hacerlo muy eficiente en invierno. En cambio, si se desea que el agua se precaliente en verano, (climas Cb (w0) y Cb (w1)) el techo deberá estar inclinado a 10° menos que la latitud local.

Para instalarlo debe hacerse lo siguiente:

Por toda la superficie del techo que se usará como precalentador, se coloca poiducto negro de 1/2 " de diámetro, que se cubre con un mortero de cemento al que se le ha agregado un material que aumente su conductividad térmica (limadura de fierro, pedacería de aluminio o cobre). Encima de este mortero se aplica el impermeabilizante y luego pintura mate verde oscuro (lo más similar posible al color de las hojas de los árboles) ya que es el color que a la intemperie, presenta el mejor cociente de absorción/ emisividad a la radiación solar⁵⁰.

8.5 Fococeldas

La mejor forma de abastecer de energía eléctrica a una vivienda urbana es mediante la red convencional de energía. En México lo es aún más, ya que por tener petróleo, carecemos de industrias que fabriquen fotoceldas, e impostarlas resulta muy costoso. Además, las fotoceldas pierden mucha eficiencia cuando se usan acumuladores (las celdas fotovoltaicas tienen una eficiencia del 10 al 15%, pero cuando la energía transformada se guarda en acumuladores, su eficiencia se reduce a más de la mitad).

El mejor uso que se puede dar a las fotoceldas en una vivienda urbana es en una **bomba solar de agua, ya que** es una forma muy eficiente de bombear agua. No se necesitan baterías para almacenar la energía eléctrica, con lo cual se aprovecha la eficiencia de las fotoceldas al máximo. Obviamente, opera sólo cuando hay suficiente radiación solar, bombeando el agua a un tinaco elevado, pero hay que recordar que la mayor parte de México posee muy buenas condiciones de irradiación solar.

⁵⁰ La revista Popular Science (Vol. 238, no.1, enero de1991) reporta que los matices verdes similares al de la clorofila tienen una mayor relación de absorción a emisividad a temperaturas cercanas a la ambiental. Por ello, para un colector que no eleve mucho la temperatura del agua y esté sin cubierta de vidrio, resultan mejores estos colores que el negro.

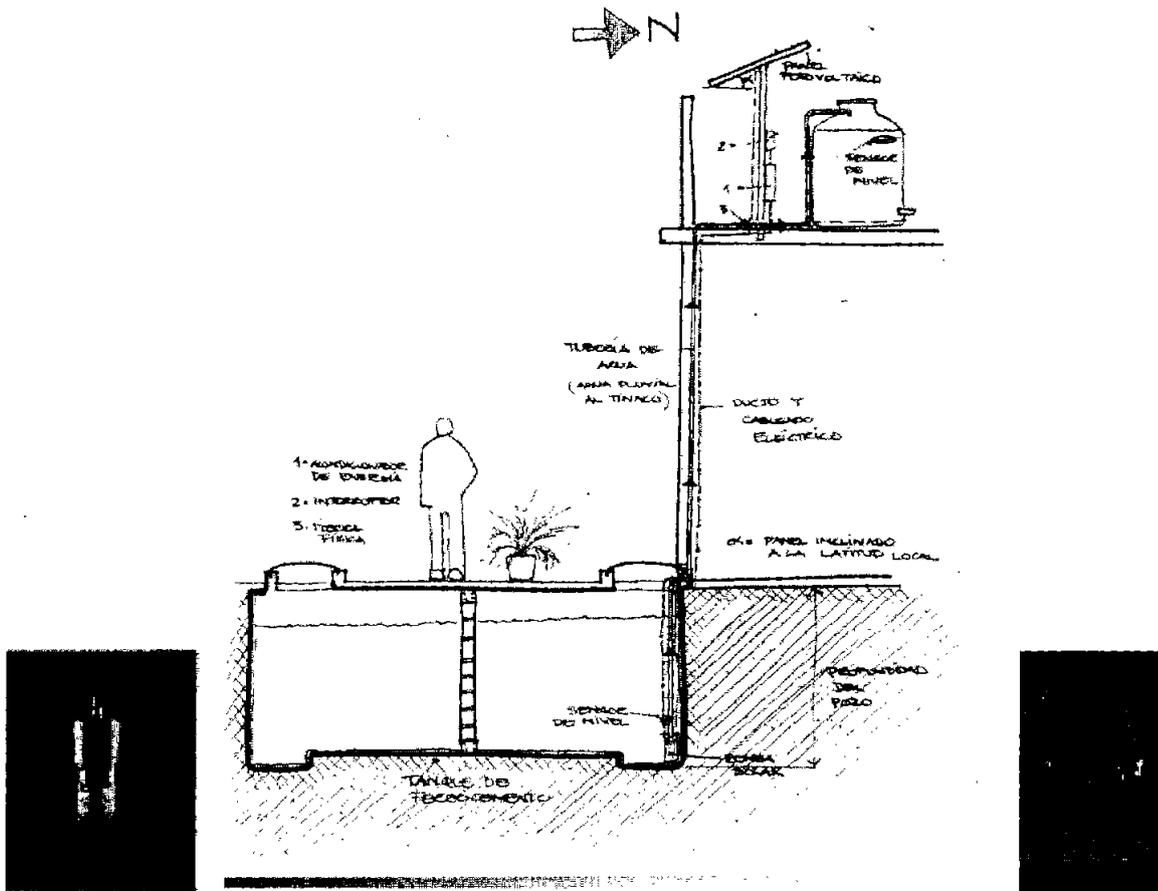


Fig.76 Esquema de funcionamiento de una bomba de agua mediante foto celdas y detalle de una bomba solar (izquierda abajo) y de un panel fotovoltaico doble (derecha abajo)

8.6 Manejo de desechos sólidos

Por un imperativo de conciencia, quien diseñe una casa con criterios ecoarquitectónicos, no puede pasar por alto la instalación de los equipos necesarios para tratar y reciclar los desechos sólidos.

Por medio de su separación, los desechos orgánicos pueden ser procesados dentro de la vivienda; a su vez, los inorgánicos pueden ser enviados a un centro de acopio, desde donde se distribuyen a las distintas industrias que los reciclan.

Por tanto, el composteo junto con la separación de los desechos inorgánicos y su envío a centros de acopio para su reciclado, resuelve el problema de qué hacer con los desechos de la casa, de una manera muy sencilla.

El proceso a seguir es el siguiente:

Los desechos de la casa se separan en *orgánicos* e *inorgánicos*. Los primeros se compostean en cajas o botes composteros. Es conveniente tener dos, ya que se usan alternativamente, y colocarlos siempre juntos.



Fig. 77 Botes composteros puestos sobre un piso de barro

La primera vez que se usa una caja o bote compostero, es necesario colocar 10cms de tierra (cualquier tierra es buena) e inmediatamente los desechos orgánicos, que se deben esparcir lo más uniformemente posible, y después cubrir con una cantidad igual de tierra que de desechos, humedeciendo un poco (sólo en época de secas).



Fig. 78 Vertiendo los desechos en uno de los dos botes composteros

Se vuelve a hacer lo mismo sucesivamente hasta que el bote compostero quede casi lleno (una familia de cuatro personas, tarda en promedio 40 días en llenar un bote compostero de 1m³). Cuando el primer bote está lleno, se cubre con tierra hasta dejar una superficie uniforme, se humedece, se tapa y se deja reposar, hasta que se forme la composta: una tierra similar a la negra, muy rica en humus y nutrientes.

Mientras está en reposo el primer bote compostero, se utiliza el segundo. Se pueden cubrir los desechos de éste con la composta producida en el primer bote. En caso de que se quiera utilizar la composta en el jardín de la casa, será necesario buscar más tierra.

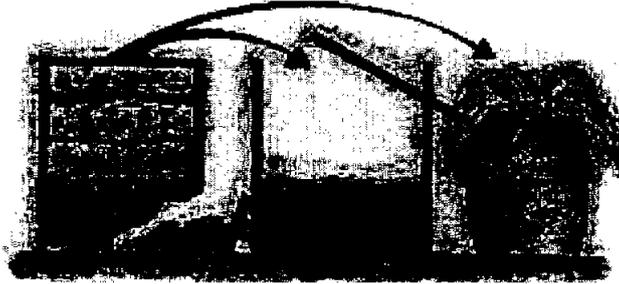


Fig. 78 a La composta es una tierra excelente para el jardín



Fig. 79 Dos distintas formas de separar los desechos inorgánicos



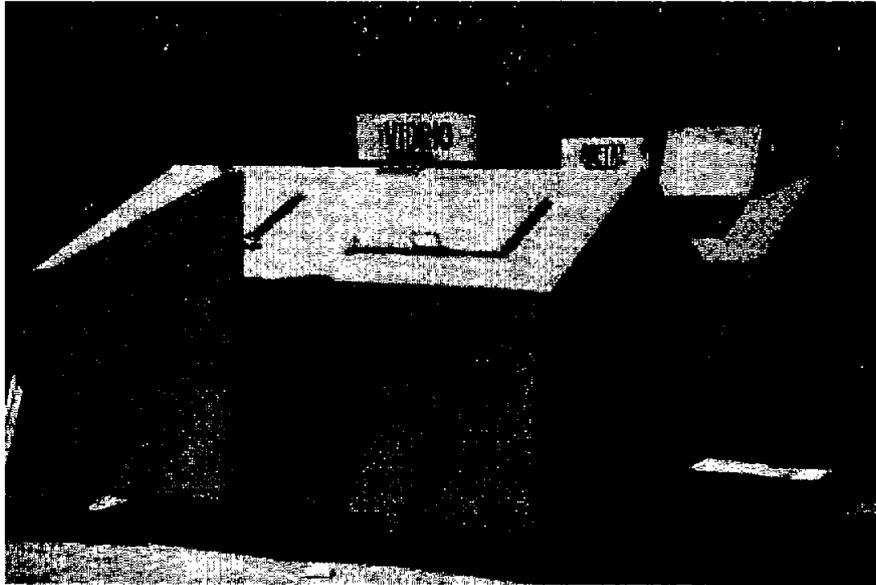


Fig. 79 a Un centro de acopio urbano en Morelia, Michoacán

El proceso de composteo de los desechos orgánicos por ser aerobio alcanza los 45°C, aún cuando se le mantenga a la sombra, es por esto que en algunos libros se considera que puede aprovecharse el calor generado para climatizar la vivienda (*calor de la basura*). Esto es incorrecto en el caso de viviendas unifamiliares, ya que es muy poca la cantidad de calor que se obtiene⁵¹.

Separando los desechos y composteando, una familia de cuatro personas produce mensualmente una cubeta de 19 litros de desechos que ya no son recuperables (al menos con las técnicas de reciclaje existentes actualmente en México) y que por tanto, deben ser enviados al relleno sanitario municipal.

Por razones de higiene es conveniente incinerar los desechos sanitarios de origen orgánico en vez de enviarlos al relleno sanitario. Junto con éstos, pueden incinerarse también papeles sucios de grasas, pañuelos desechables usados, pelos de mascotas y trapos muy viejos de algodón. Si se utiliza un calentador de leña, se puede calentar agua al tiempo que se incineran los desechos. Estos desechos se incineran en promedio una vez cada tres meses.

Al diseñar la vivienda hay que prever los espacios para compostear los desechos orgánicos. En regiones con vientos dominantes similares a las de Morelia, el N, NW y W son las mejores ubicaciones para los botes composteros, que a su vez, deben estar siempre cerca de la puerta exterior de la cocina.

⁵¹ En viviendas rurales donde haya ensilados sí puede aprovecharse el calor generado para fines de climatización. Sin embargo, pensar en obtener calor de la basura composteada, es algo muy delicado, ya que se requieren grandes cantidades de basura, y el lento proceso de composteo que se requiere para tener calor suficiente para climatizar, generaría gran cantidad de cucarachas, moscas y demás fauna nociva, como se pudo comprobar en un centro de composteo que se instaló en Guadalajara en 1998, el cual infestó de cucarachas la zona urbana que le rodeaba, en un diámetro de más de un kilómetro alrededor de éste.

8.7 Equipos para el uso eficiente y ahorro:

Del agua

Independientemente de que la casa capte y almacene la lluvia y depure y recicle sus aguas servidas, es fundamental hacer un uso eficiente del agua, pues es un elemento muy valioso para el ambiente y para la vida.

Hay que cuidar la operación y el mantenimiento del suministro de agua (cuidar que no haya fugas, que no se desperdicie, etc.) aunque también es adecuado:

- a) Instalar sanitarios de bajo consumo de agua con un buen sistema de cierre en el tanque de agua
- b) Instalar ahorradores de agua en regaderas, lavabos, fregadero, lavadero y mangueras del jardín.
- c) Utilizar nuevamente el agua de enjuague para lavar la ropa. En *Energía eléctrica* se explica más detalladamente este punto.

De la energía eléctrica

Una vivienda con criterios ecoarquitectónicos no debe agredir al ambiente ni dañar la calidad de vida de sus habitantes, y para lograrlo es fundamental reducir el consumo de energía. La selección y correcta ubicación de los aparatos que utilizan energía eléctrica, es importante y cuenta en el rendimiento global.

- a) Las **lámparas fluorescentes de bajo consumo y encendido electrónico** son extraordinarias, ya que utilizan la cuarta parte de la electricidad que las lámparas convencionales, durando hasta 40 veces lo que una de ellas. Aunque cuestan bastante más, la inversión se amortiza, por el ahorro de energía eléctrica, en un máximo de tres años.
- b) Con una **iluminación natural** correctamente diseñada, (adecuada orientación y tamaño de las ventanas, además de correcta ubicación, orientación e inclinación de tragaluces) se reduce el consumo eléctrico.
- c) Los **sensores de presencia** instalados en pasillos y lugares de paso, son una forma adecuada de ahorrar energía.

Respecto del **refrigerador**, existen en el mercado nacional varias marcas que manejan modelos de bajo consumo eléctrico y con deshielo semi-automático, esto es, con sistema de deshielo que se activa al apretar un botón. Los refrigeradores con deshielo automático consumen el doble de energía eléctrica que los otros.

Por otra parte, tan importante como el modelo a comprar, es el lugar donde el refrigerador se coloque: debe ser un lugar suficientemente ventilado, que no reciba radiación solar ni siquiera de manera indirecta (a través de paredes o techos). Por ello conviene que esté en la planta baja y lejos de la estufa; si la vivienda es de un piso, debe estar en un lugar con techo alto o con buena ventilación. En latitudes norte el refrigerador debe ser colocado en una pared que dé al N ó NE y de preferencia que tenga por fuera un *muro verde* que llegue, al menos, hasta la altura del refrigerador.

- d) En el **planchado de ropa** tiene un papel importante el lugar donde se plancha. Conviene que sea el cuarto de servicio, para que el calor generado contribuya a la calefacción invernal. También debe ser tomado en cuenta el horario de planchado, siendo mejor por las tardes, cuando aún hay luz de día.
- e) **Calefacción eléctrica.** Una vivienda con un correcto diseño bioclimático no necesita equipos de calefacción. En el tema *chimeneas*, ya se hizo una crítica a estos equipos, en particular a los que consumen energía eléctrica.
- f) **Bombeo de agua.** Lo más conveniente son los tinacos elevados, ya que los sistemas hidroneumáticos⁵² consumen energía permanentemente.
- g) **Lavado de ropa.** Conviene escoger una lavadora automática de bajo consumo eléctrico que sólo tenga dos o tres ciclos de lavado. Al instalarla conviene dejar el tubo de desagüe móvil, a fin de recuperar el agua de enjuague y poder reutilizarla para lavar. Por tanto, el área donde se lava debe tener espacio suficiente para permitir que junto a la lavadora pueda colocarse un bote de 90 lts, para recuperar el agua de enjuague. El área de lavado debe estar siempre techada. En México hay que colocar las lavadoras en paredes al N, NE y E, aunque conviene que los tendederos estén situados en el S, SE, E, W ó SW de la vivienda, para que reciban luz adecuada y suficiente.



Fig. 80 Lámparas ahorradoras de encendido electrónico

Del gas

Al tener instalado un calentador solar de agua, el gas sólo se utiliza en la estufa, con lo que se ahorran las $\frac{3}{4}$ partes del consumo de este combustible. Si además se instala una estufa de encendido eléctrico (sin pilotos) el consumo disminuye aún más (hasta un 15%). Con la instalación de ambos equipos (el calentador solar y la estufa de encendido eléctrico) una familia de 4 personas de clase media ahorra el 90 % del gas y puede llegar a consumir en promedio, 100 lts de gas anualmente.

Si se instala un calentador de gas auxiliar para calentar el agua en los días muy nublados (cuatro en promedio al año, en la región de Morelia) conviene que sea también de encendido eléctrico⁵³ y el de más baja capacidad que haya en el mercado (40lts).

⁵² Si no se quieren instalar tinacos, existen ya en el mercado nacional unos equipos ultracompactos marca Esmerald, que han comenzado a suplir a los equipos hidroneumáticos convencionales. Consumen menos energía y pueden empotrarse a la pared (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

⁵³ Existen ya en el mercado nacional unos calentadores de gas con encendido eléctrico, de muy alta eficiencia (consultar el *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*)

8.8 Fauna nociva



Fig. 81 Cucarachas americanas (*Periplaneta americana*)

Cucarachas

La principal fuente de generación de cucarachas son los drenajes. Por ellos entran y salen más o menos libremente, y aunque se tomen medidas periódicas de control, mientras se tenga drenaje, seguirán apareciendo en la vivienda.

En una casa que posea un sistema de tratamiento de sus agua servidas que no esté conectado al drenaje (o que lo esté para derrame de demasias en época de lluvias, mediante una válvula *check* por el que solamente salga agua) no hay cucarachas. Esto lo hemos podido comprobar en todas las viviendas que hemos construido y que poseen sistemas de tratamiento de aguas servidas en lugar de drenaje.

La otra fuente posible de reproducción está en la basura, pero si ésta no se produce, la posibilidad de que aparezcan queda prácticamente eliminada. Puede llegar a darse el caso de que los botes composteros se contaminen con cucarachas, pero esto es raro.⁵⁴

Alacranes

Los alacranes (arácnidos del orden *Scorpiones*) son un problema siempre latente en las viviendas de climas cálidos húmedos y cálidos secos (A y B) y, por supuesto, también de climas templado subhúmedos, especialmente en los Cb(w0) y Cb(w1).

Sin embargo, la arquitectura puede hacer mucho para controlarlos. Si la vivienda se eleva sobre un basamento de 30 cms que se cubre con materiales muy lisos y resbalosos (por ejemplo, granito, mármol o loseta cerámica de 30 x30 cms o mejor aún, de 30 x 60 cms para disminuir las uniones) los alacranes en su cacería nocturna no podrán acceder por esas paredes verticales tan resbalosas⁵⁵. Es importante que no haya ramas de árboles que den sobre la vivienda, ya que por allí podrían subir, anulando la protección creada con el basamento.

En caso de que la vivienda esté contigua a otra vivienda que no tenga esta protección, conviene colocar en la pared colindante una protección igual a la del basamento.

Si el área del lote lo permite, otra solución es construir un pequeño canal periférico alrededor de la vivienda (de 15 cms de ancho y 5cms de profundo, es suficiente) por el cual fluya continuamente agua. Conviene utilizar

⁵⁴ Hasta la fecha, de más de 1000 composteadoras que tiene reportadas el Ing. Carlos Padilla (fabricante de botes composteros) sólo en un caso se han presentado cucarachas, las cuales nunca salieron de los botes, ya que allí tenían suficiente alimento. Se les eliminó al cambiar completamente el contenido de los dos botes composteros (el cual se tiró en el campo, fuera de la ciudad, donde las cucarachas terminaron por morir ante la falta de alimento, según se reportó).

⁵⁵ Esta idea está basada en otra que desde hace muchos años se utiliza para controlar alacranes en las viviendas rurales de la Península de Baja California: botellas de vidrio que rodean completamente la vivienda, las cuales están enterradas de cabeza, unas junto a otras y en dos filas alternadas, sobresaliendo del suelo unos 25 cms.

Un depredador natural de los alacranes son los tejones; son tan eficaces para controlar alacranes que en muchas casas rurales de la región de Apatzingán, en Michoacán (famosa por la gran cantidad y variedad de alacranes que tiene) se tienen tejones como mascotas.

Por cierto, las fumigaciones contra alacranes son una farsa, porque los alacranes son sumamente resistentes a sustancias tóxicas. Además, en general viven fuera de las viviendas y sólo llegan a ellas atraídos por la luz eléctrica cuando están en su cacería nocturna. Para que una fumigación sirviera, tendría que realizarse a las dos o tres de la mañana y con un plaguicida organoclorado tan venenoso, que la familia entera tendría que salir de su casa por lo menos durante las dos semanas siguientes.

las aguas tratadas en la microplanta o sistema de tratamiento, utilizando una bomba eléctrica adaptada a un panel fotovoltaico (ambos de 12 v), ya que una bomba solar es sumamente costosa ⁵⁶.

Moscas

Es fácil que las moscas no entren a la vivienda si la ventilación se realiza a través de ventanas que posean mosquiteros y el resto de ventanas y ventanales sirven exclusivamente para iluminar. De hecho, como ya se vio en el capítulo *Ventanas*, una vivienda se puede ventilar muy bien con sólo colocar estratégicamente ventilas en la parte más alta de las ventanas, que estén orientadas hacia los vientos dominantes.

Mosquitos

Al igual que en el caso de las moscas, los mosquiteros también controlan la entrada de mosquitos. Sin embargo, diseñar un estanque con peces cerca de la o las puertas que son abiertas más frecuentemente es, además de un elemento visualmente muy agradable, un recurso excelente para el control de los mosquitos, ya que las hembras acostumbran colocar sus huevecillos en las aguas estancadas, los cuales, al transformarse en larvas, se convierten en alimento de los peces. Criar carpas en estos estanques resulta inmejorable, porque crecen poco y soportan rangos más amplios de temperaturas del agua, que otras especies piscícolas de tamaño similar.

Es importante prever desde su diseño cómo se limpiará el estanque, ya que pasados unos meses los desechos orgánicos de los peces comienzan a saturar el agua estancada -aún cuando ésta sea oxigenada periódicamente- iniciándose la eutrofización del agua del estanque, lo que les afecta al punto de matarlos. Esto se soluciona diseñando un estanque con doble compartimiento, uno mucho más pequeño que el otro. Cuando se va a limpiar el compartimiento mayor, se pasan los peces y plantas acuáticas al de menor tamaño y, una vez limpio y con el agua cambiada, se regresan al compartimiento principal, para limpiar el de menor tamaño.

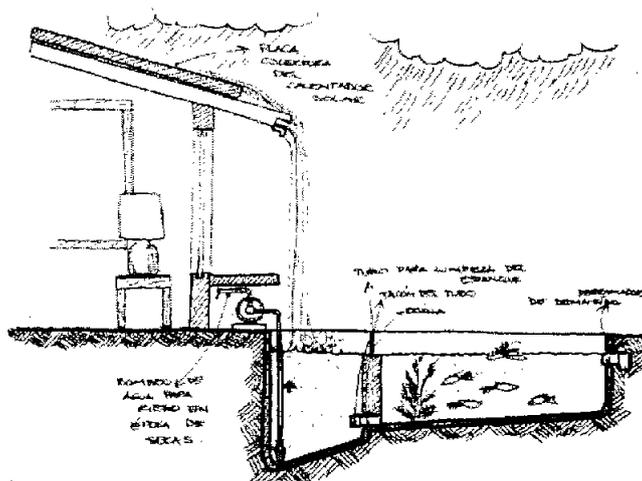


Fig. 82 Estanque para peces con doble compartimiento

⁵⁶ Existe una empresa en México (BUTECSA) que vende bombas eléctricas de 12 v que trabajan mediante foto celdas solares (Ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*).

Formigas

Las hormigas no forman parte de la fauna nociva. De hecho, el que haya hormigas en la cocina o en cualquier otro lugar dentro de la vivienda, garantiza que no habrá cucarachas, ya que éstas no pueden competir por alimento o territorio contra las muy organizadas hormigas. En el jardín, el exceso de hormigas, como es bien sabido, se controla pintando con cal los tallos, aunque muchas especies vegetales se benefician con la presencia de hormigas⁵⁷



Fig. 83 Las hormigas son sumamente benéficas en las viviendas

Ratas y ratones

El hábitat de estos mamíferos roedores son los drenajes y terrenos baldíos sucios. Por ello, si la vivienda no está conectada al drenaje, nunca los habrá. En caso de que habiten en terrenos baldíos aledaños a la vivienda, puede ocurrir que lleguen a los botes composteros en busca de alimento. Un gato o un perro ratonero evitan que esto ocurra.

Reptiles

Prácticamente, los únicos reptiles adaptados al medio urbano son las lagartijas. Y aunque existe la creencia errónea de que algunas especies son dañinas, en realidad son un excelente control biológico de arácnidos e insectos.

⁵⁷ Existen múltiples ejemplos de asociaciones mutualistas hormigas-planta, que ofrecen hermosos ejemplos de evolución conjunta, al haberse las plantas adaptado a la vida, en áreas de escasos nutrientes, con la ayuda de sus socias las hormigas (ver *Hormigas y plantas: una ventajosa sociedad*, en: *National Geographic* Vol. 4, no. 2, febrero de 1999, p. 122- 132.

8.9 Factores geobiológicos

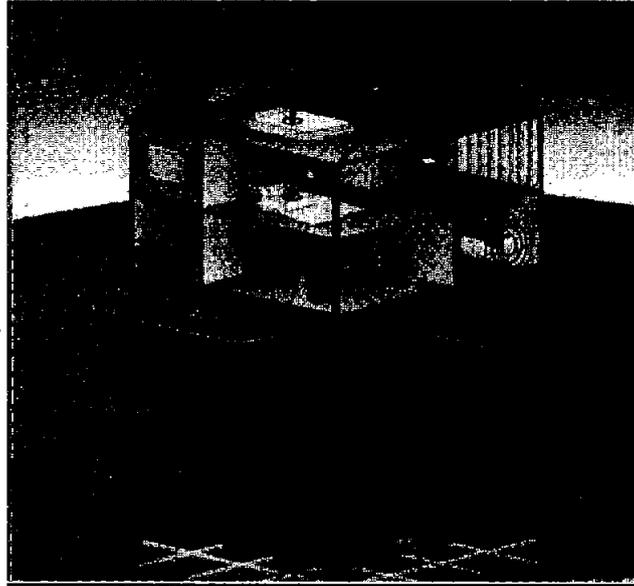


Fig. 84 Son muchos los factores electromagnéticos y geológicos que pueden afectar en una vivienda urbana

Aunque en Japón y China la arquitectura ha contemplado por siglos el control de los factores geobiológicos en el diseño de viviendas y lugares de estar y de trabajo, las primeras investigaciones que se hicieron en Europa sobre estos factores datan apenas de 1930.

Un médico alemán, el Dr. Ernst Hartman, al frente de un equipo, probó durante más de una década los efectos electromagnéticos terrestres en la salud humana. En 1935 se publicaron por primera vez los resultados de esos estudios, los cuales concluyen que la superficie terrestre está recubierta por una extensa red global de ondas fijas que parecen ser producidas por una radiación terrestre que proviene del interior del planeta y que se ordena en forma de retícula al atravesar las capas de la corteza terrestre. Esta retícula tiene una dirección aparentemente magnética en sentido norte-sur y una de menor intensidad, de apariencia eléctrica, en sentido este-oeste.

Al parecer, esta retícula tiene sus cruces en promedio cada dos metros y no presenta características patógenas, aunque en lugares donde hay fallas geológicas y fisuras, vetas metalíferas, metales ferromagnéticos polarizados y venas de agua, la retícula se cierra mucho más y sí presenta características patógenas.

Su patogenia radica en que estas zonas alteradas excitan excesivamente nuestro organismo, debilitándolo y enfermándolo a la larga. Es por ello que es conveniente evitar estar demasiado tiempo en contacto con ellas.

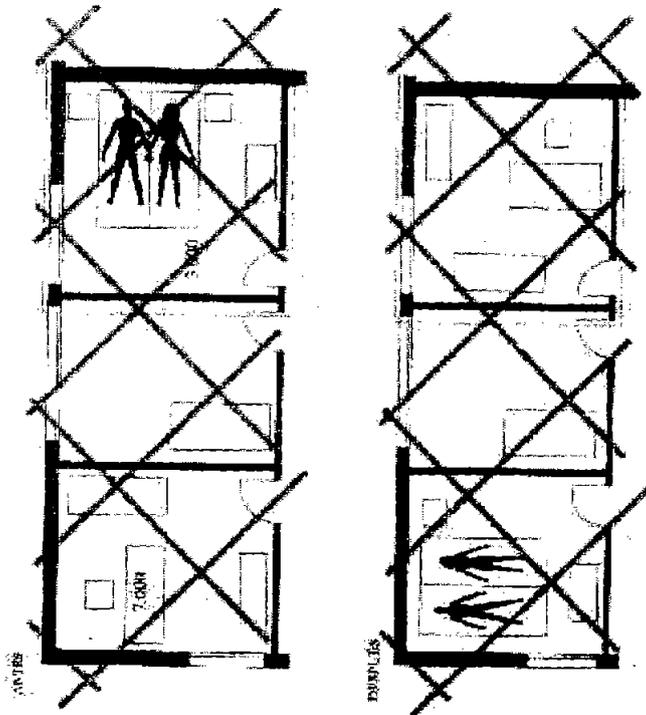


Fig. 85 Recámara con zonas geopatógenas y su corrección moviéndola de lugar

En la década de los ochenta, el estudio de las radiaciones terrestres o telúricas volvió a resurgir en Francia y Suiza, en un intento de comprender por qué había una amplia incidencia de cánceres en ciertas viviendas y multifamiliares de ambos países.

El francés Rémi Alexandre fue uno de los primeros arquitectos que retomó los estudios hechos por el Dr. Hartman y demostró la presencia de retículas electromagnéticas (ahora llamadas Redes Hartman) utilizando equipos de medición geológica para conocer los niveles de contaminación electromagnética en diversas edificaciones, escribiendo los resultados de sus experiencias en dos obras que son básicas para todo aquel arquitecto que desee especializarse en este campo.

Es interesante hacer notar que en las primeras ediciones de *"El Arte de Proyectar en Arquitectura"*, su autor, Ernst Neufert, cita al Dr. Gustav Von Pohl, un estudioso de las teorías de Hartman, que experimentó ampliamente con lo que él denominó las "casas cáncer".

Neufert tomó para la elaboración de su libro, algo que al parecer le impactó de manera particular: la relación que existe entre la colocación de las cabeceras de las camas hacia el norte y el sueño reparador.

En la 6ª. edición española de este libro (Gustavo Gili, Barcelona, 1953), aparece esta información y la teoría en la que se fundamenta (*Rayos telúricos*, p. 15; *Diseño óptimo de las recámaras: orientación óptima de las cabeceras*, p. 111). Sin embargo, en ediciones posteriores a 1960, esta información va siendo eliminada, hasta que en la 12ª. edición española (Gustavo Gili, 1980) desaparece por completo. De hecho, en todas las ediciones siguientes, puede verse que en el capítulo dedicado al diseño de viviendas, hay planos arquitectónicos de recámaras con cabeceras para todos lados. Pero también ocurre algo interesante: en el capítulo sobre diseño de viviendas desaparece la orientación con fines geomagnéticos: ya no vuelve a dibujarse el Norte sino como información topográfica, cuando en ediciones anteriores, dibujar el Norte tenía una relación directa con los factores geobiológicos.

Actualmente la Geobiología estudia con equipos de distinta complejidad tecnológica, los campos electromagnéticos naturales y artificiales que provienen del cielo (radiaciones cósmicas) y de la tierra (radiaciones telúricas). Y por supuesto, su control. Para ello, se apoya en equipos de medición que van desde las sencillas varillas en L y las antenas Hartman, hasta sofisticados equipos microelectrónicos, como los contadores Géiger de niveles de radioactividad o los magnetómetros portátiles, que miden de la intensidad de los campos magnéticos terrestres. Asimismo, usa detectores de campos electromagnéticos y eléctricos que utilizan sondas (como el *Kombi-test*) sin olvidar los amplificadores telefónicos y los buscacables electromagnéticos.



Fig. 86 Detector Kombi-test

Gracias a estos equipos, los geobiólogos suizos y alemanes han demostrado que la presencia de un automóvil detenido, perturba gravemente a las redes Hartman. Al formar una antena con su masa ferromagnética, un **automóvil** potencia de la misma manera todas las vibraciones procedentes del subsuelo. Por lo tanto, es aconsejable evitar la construcción de un garage o lugar de estacionamiento sobre un cruce Hartman que esté potenciado por la presencia de fallas geológicas o venas de agua subterráneas. También por ello, es preferible construir el estacionamiento o cochera un poco alejado de la vivienda. De no ser esto posible por lo reducido del terreno, el garage deberá al menos construirse lejos de las recámaras, en especial en sentido vertical. Esto, haya o no cruces geopatógenos, ya que la presencia de un automóvil, por las razones antes mencionadas, vuelve patógenos los cruces Hartman.

La Radiestesia es una disciplina relacionada estrechamente con la Geobiología: estudia la sensibilidad que los seres vivos poseen a las radiaciones. Y aunque la física moderna no ha podido explicar por qué los seres vivos son afectados de distinta manera por las radiaciones electromagnéticas, electrostáticas, radiactivas o sonoras, la Radiestesia es una herramienta muy útil para diseñar espacios sanos.

Así por ejemplo, la Física no ha podido explicar cómo las cactáceas *Céreas peruvianus*, absorben las radiaciones electromagnéticas y eléctricas de espacios tan contaminados como los bancos y las bolsas de valores, pero lo cierto es que lo hacen y además, de una manera muy eficiente⁵⁸.

Una arquitectura sana por tanto, debe necesariamente apoyarse en la Geobiología y la Radiestesia. Y esto desde que se realiza el proyecto, por ejemplo, colocando las cabeceras de las camas al Norte, evitando que los dormitorios o áreas de trabajo queden sobre la cochera, diseñando las áreas de TV o para las computadoras, fuera y en lugares no contiguos a las recámaras, o alejando las camas de paredes donde hayan tuberías hidráulica o eléctrica⁵⁹.

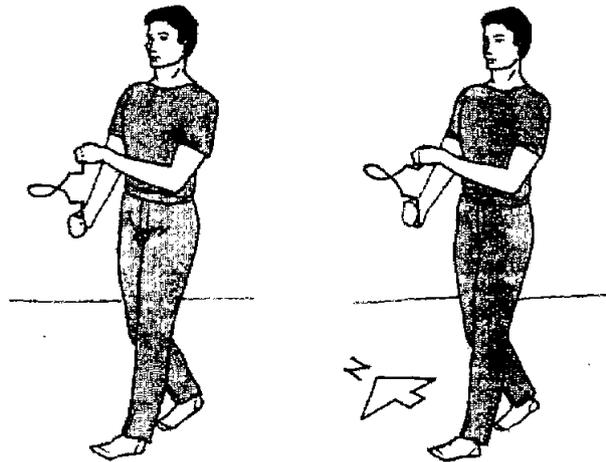


Fig. 87 Antena Hartman y su utilización en campo

El mejor momento para hacer el estudio geobiológico, es inmediatamente después de hacer el levantamiento topográfico del terreno, pues aprovechamos que ya se conocen las curvas de nivel, para detectar la ubicación de las líneas Hartman y de las zonas geopatógenas que hay en el terreno.

Para detectarlas se hace lo siguiente⁶⁰: con una brújula se localiza el Norte geomagnético, y tomando la antena para líneas Hartman (ver Fig. 87) se localizan éstas, auxiliándose del Norte (ya que estas líneas corren de Norte a Sur y de Este a Oeste). La antena Hartman se mueve automáticamente hacia el Norte magnético cuando encuentra un cruce en la red, esto es un cruce Norte-Sur-Este-Oeste. Conforme se van localizando éstos, se señalan con cal. Una vez detectados todos los cruces Hartman que hay en el terreno, se utilizan las varillas en L para localizar las zonas geopatógenas dentro y alrededor de los cruces, que también se deben pintar con cal (ver Fig. 88)

Una vez que se tiene el mapa completo de las líneas Hartman y los cruces geopatógenos, se decide en qué zona del terreno es mejor ubicar la vivienda y cada uno de los espacios que la conforman, en especial aquellos

⁵⁸ Investigadores del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) UNAM; suponen que las espinas de muchas cactáceas del género *Céreas*, funcionan como finas antenas que absorben las ondas electromagnéticas.

⁵⁹ Una instalación hidráulica, al correr agua a través de ella, se comporta como una corriente de agua subterránea. El agua fluyendo a través de una vena subterránea, provoca alteraciones electromagnéticas o electro capilares del suelo, alterando el potencial electroatmosférico en la vertical de dicha circulación de agua.

⁶⁰ El Dr. René Peralta Díaz, (colaborador del Arq. Manuel Bueno, uno de los más destacados geobiólogos del mundo) imparte cursos para aprender a detectar las líneas Hartman y las zonas geopatógenas. Asimismo, enseña a elaborar las antenas Hartman y varillas en L, y a utilizar todos los equipos de medición electromagnética. Un curso básico se imparte en dos fines de semana (ver *Directorio de Fabricantes y Prestadores de Servicios*).

en que pasamos más horas del día o la noche (recámaras, cuarto de estudio y cocina). Se pasa esta información al plano topográfica y con esta información se comienza el diseño.

En caso de estar haciendo remodelaciones en una vivienda, se deben usar las varillas en "L" y la antena Hartman, para detectar las zonas patógenas y poder reubicar el mobiliario crítico (camas, escritorios, sillones o muebles en los que estemos varias horas) en lugares que no sean geopatógenos.

Finalmente, las dos mejores maneras en que un arquitecto puede saber si existen zonas y cruces geopatógenos en el terreno en que va a realizar su proyecto, es, en primer lugar, contratando los servicios de una empresa que se dedique a hacer estos estudios⁶¹. La segunda es que él mismo aprenda a utilizar la antena Hartman y las varillas en L, en algún centro donde lo enseñen. En realidad, estas dos herramientas geobiológicas (la antena Hartman y las varillas en L) son las principales herramientas que se utilizan en Arquitectura.

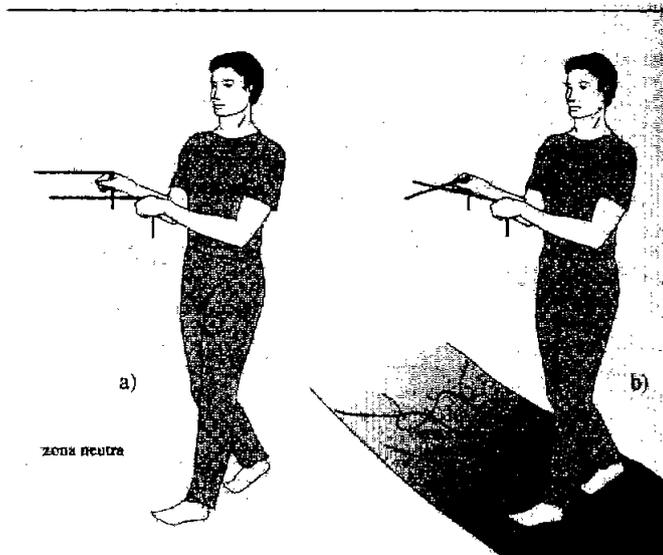


Fig. 88 Detección de zonas geopatógenas utilizando las varillas en L

⁶¹ El Centro que dirige el Dr. René Peralta está ubicado en la ciudad de Colima, pero atiende toda la región centro-occidente de México. En el DF, estos estudios los puede realizar el Dr. José Roberto Chávez, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Y decenas de centros naturistas y de salud alternativa en todo el país, manejan las varillas en L para la detección de espacios insanos.

APÉNDICE Índice

1. **Fórmulas trigonométricas para calcular aleros, partesoles y barreras arbóreas**
Págs. 134- 136

2. **Tabla de temperaturas horarias de la región de Morelia**
Fuente: Centro Meteorológico Regional, CNA
Periodo: 1980- 2001
Pág. 137

3. **Tabla de humedad horaria de la región de Morelia**
Fuente: Centro Meteorológico Regional, CNA
Periodo: 1980- 2001
Pág. 138

4. **Gráfica solar equidistante para Morelia (19° 42' N).**
Días 21 de cada mes
Pág. 139

5. **Gráfica solar cilíndrica para Morelia (19° 42' N)**
Días 21 de cada mes
Pág. 140

6. **Dirección de los vientos dominantes, región Morelia**
Fuente: Centro Meteorológico Regional
Periodo: 1980- 2001
Pág. 141

7. **Cálculo del Sistema UNO para captación y almacenamiento de agua pluvial**
Pág. 142

8. **Pruebas de laboratorio de la calidad del agua pluvial**
Fuente: Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana
Pág. 145

9. **Elaboración y pruebas de la tierra-cemento**
Fuente: *Instructivo Sanitario*, Secretaría de Salubridad y Asistencia, México, 1978.
Pág. 146

10. **Escusados secos**
Fuente: páginas Web
Pág. 147

1. Fórmulas trigonométricas para calcular aleros, partesoles y barreras arbóreas

1.1 Para partesoles

Ventana al	Lado izquierdo de la ventana	Lado derecho de la ventana
Sur	$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y$	$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y$
Oeste	$\text{Tan } (U) = x/y$	$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y^*$
Norte	$\text{Tan } (U - 90^\circ) = x/y^*$	$\text{Tan } (U - 90^\circ) = x/y^*$
Este	$\text{Tan } (180^\circ - U) = x/y^*$	$\text{Tan } (U) = x/y^*$
SE	$\text{Tan } (180^\circ - 45^\circ - U) = x/y$	$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y$
SW	$\text{Tan } (45^\circ + U) = x/y$	$\text{Tan } (135^\circ - U) = x/y$
NE	$\text{Tan } (180^\circ - 45^\circ - U) = x/y^*$	$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y^*$
NW	$\text{Tan } (180^\circ - 45^\circ - U - 45^\circ) = x/y =$ $\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y$	$\text{Tan } (180^\circ - 45^\circ - U) = x/y^*$

*Estos partesoles sólo son útiles en el Hemisferio Sur.

donde:

U = azimuth o ángulo acimutal

x = cateto opuesto

y = cateto adyacente

Tan = tangente

Ejemplo de su aplicación

Calcular un partesol que proteja la fachada sur de un edificio de oficinas en Morelia, Michoacán, a partir del 21 de marzo a las 14 hrs. y hasta el ocaso del 21 de septiembre. Dicha fachada mide 12 mts de largo.

Cálculo del partesol

Para calcular el largo de este partesol que obviamente se ubicará al sur, se utiliza la ecuación diseñada para el lado derecho de la fachada, ya que por ahí incide la luz directa vespertina, que es de la cual se quiere proteger la fachada:

$$\text{Tan } (90^\circ - U) = x/y$$

En la gráfica solar equidistante de Morelia (Latitud = $19^\circ 42' N$)⁶², se puede observar que el ángulo azimutal U es 60° , por tanto:

$$\text{Tan } (90^\circ - 60^\circ) = x/y,$$

Como puede observarse en el croquis siguiente (Fig. 89)

⁶² Ver la gráfica solar equidistante de la región de Morelia, p. 139

x = largo del partesoal y y = largo de la fachada = 12 mts

$$\text{Tan } (30^\circ) = x/12$$

Despejando,

$$x = \text{Tan } (30^\circ) (12)$$

$$x = 6.9 \text{ mts}$$



Fig. 89 En este edificio de oficinas, el partesoal, muy similar al calculado, fue convertido en el acceso principal y la zona de escaleras. A su vez, por cuestiones estéticas, los aleros no son tales; se convirtieron en los pasillos que dan acceso a los cubículos. Puede decirse que se diseñaron, por tanto, unos aleros remetidos (ver Fig. 91)

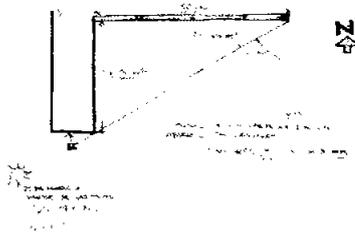
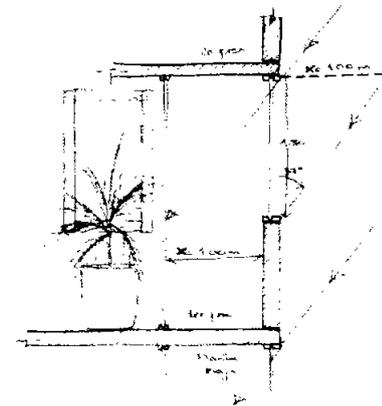


Fig. 90 Croquis en planta de la fachada del edificio calculado, donde puede verse que el cateto opuesto corresponde al largo del partesoal, el cual es la incógnita x , ya calculada.

Cálculo de los aleros



ALERO CALCULADO
PARA EL 21 DE MARZO
DE 10 A 14 HRS
($\alpha = 30^\circ 27'$)
 $\alpha = 30^\circ$
 $\text{H} = 1.00 \text{ m}$
 $\text{X} = 1.00 \text{ m}$

Fig. 91 Corte de la fachada donde puede observarse que el cateto opuesto corresponde al largo de los aleros, tanto en la PB como en los dos niveles superiores. La fórmula trigonométrica usada para su cálculo puede verse en 1.2 Para aleros.

1.2 Para aleros

Ventana al	Alero
S , SW , W , NW , N , NE , E , SE	$\text{Tan}(90^\circ - a) = x/y$ ó $\text{Tan}(O) = x/y$

donde,

O = ángulo cenital

a = altura solar

x = alero (cateto opuesto)

y = ventana a proteger de los rayos solares (cateto adyacente)

Ejemplo de su aplicación

En la Fig. 90 pueden verse los aleros remeticos que protegen la fachada sur del edificio de oficinas (Fig. 89) desde el 21 de marzo hasta el 21 de septiembre, de las 10 a las 14 hrs. (cuando empezará a proteger el partesol ya diseñado). La protección al 100% será hasta las 14 hrs. Las ventanas miden 1.30 mts de alto, mientras que en la P.B. hay un ventanal de 2.40 m de alto (ver Fig. 89)

1.3 Para barreras arbóreas⁶³

$$Ls = h / \tan a$$

donde,

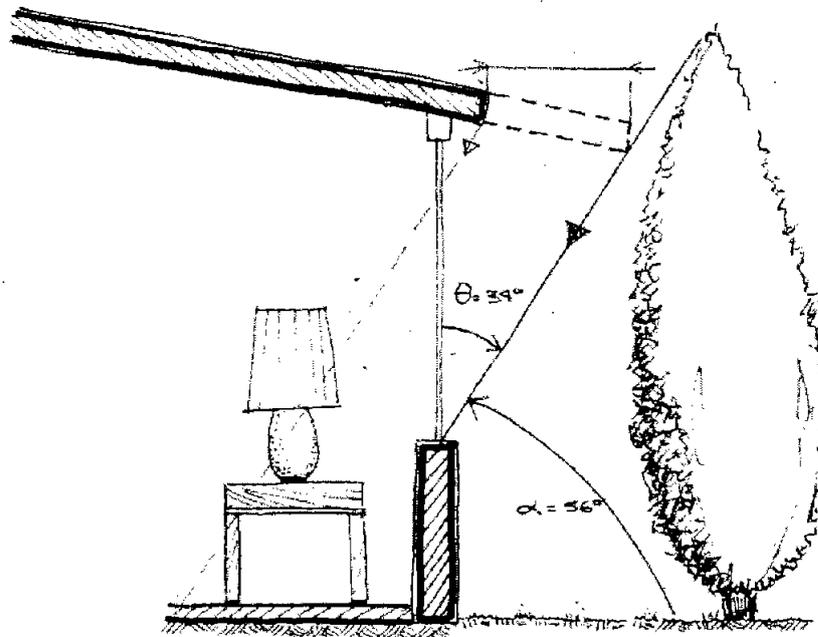
Ls = largo de la sombra que proyecta la barrera arbórea (o el edificio cuya sombra que afecta el baldío)

h = altura del árbol⁶⁴ (o del edificio)

tan a = tangente de la altura solar (a) en un día y hora preestablecido.

⁶³ También llamados en arquitectura bioclimática *muros verdes*. Esta fórmula también sirve para calcular el largo de las sombras que proyecta un edificio sobre un baldío colindante o muy cercano, en el cual vayamos a construir. Conviene, entonces, saber cómo se comportan las sombras en invierno, para que el inmueble que se construyamos sobre dicho baldío reciba el mayor soleamiento posible. En este caso el cálculo se hace el 21 de diciembre para el Hemisferio Norte, ya que ese es el día en que las sombras son más largas, porque el sol se encuentra en el trópico de Capricornio.

⁶⁴ Se calcula la altura del árbol considerando su promedio una vez adulto (p.ej. la tulia tiene de 2 a 3 mts. de alto)



CÁLCULO DE LA
BARRERA ARBÓREA
DE TULIAS

$$L_s = \frac{h}{\tan 56^\circ} = \frac{2.60\text{m}}{1.48} =$$

$$L_s = 1.75\text{m}$$

L_s = largo de la
sombra

h = altura del árbol =
2.60

DA: 21 MARZO A PARTIR
DE LAS 14 HRS.

$$\psi = 60^\circ$$

$$\alpha = 56^\circ$$

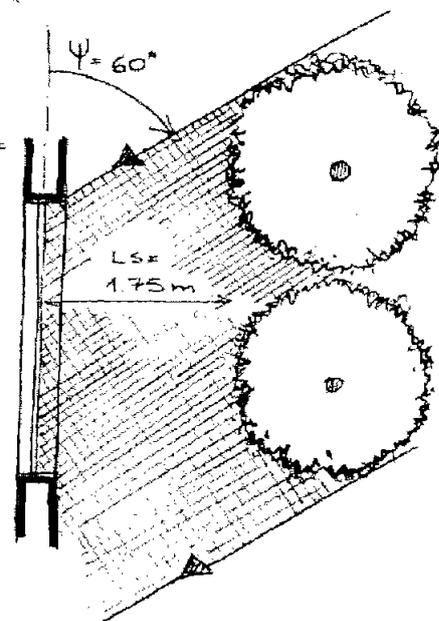


Fig. 92 Cálculo de una barrera arbórea utilizando tulias ($h=2.60$ mts.) y
Su proyección en planta.
Lugar: Morelia, Michoacán (19.7°N)
Día y hora del cálculo: 21 de marzo, 14 hrs.

TABLA HORARIA ANUAL DE TEMPERATURA DE BULBO SECO

HORA MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
ENERO												21.42	22.85	24.10	23.39	22.67	20.71								
FEBRERO											21.17	23.06	24.57		25.13	24.38	22.30								
MARZO											23.41	25.33					24.56	22.26							
ABRIL										21.94	25.18							24.07	21.66						
MAYO										23.18								25.25	23.01						
JUNIO										22.29	24.77							23.94	22.15	20.37					
JULIO											22.76	23.97	24.94	25.79	25.30	24.82	23.48	22.03							
AGOSTO											22.61	23.82	24.78	25.63	25.15	24.66	23.33	21.89							
SEPTIEMBRE											22.45	23.69	24.69	25.56	25.06	24.56	23.19	21.70							
OCTUBRE											21.95	23.41	24.58	25.60	25.02	24.43	22.83	21.08							
NOVIEMBRE											20.92	22.62	23.97	25.16	24.48	23.80	21.94								
DICIEMBRE												21.66	23.05	24.26	23.57	22.87	20.96								

LOCALIDAD: MORELIA, MICHOACAN
AÑO: 1980-2001

SIMBOLOGÍA

- FRIO 
- CONFORT 
- CALOR 

TABLA HORARIA ANUAL DE HUMEDAD RELATIVA

HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
MES																								PROM.	
ENERO	53	54	54	55	57	58	53	47	41	35	31	29	29	30	32	35	37	40	43	45	47	49	51	52	44
FEBRERO	47	48	49	50	50	52	51	48	43	37	31	28	26	25	27	28	31	33	36	38	41	43	44	46	40
MARZO	40	41	41	42	42	44	43	41	36	31	27	24	22	22	23	24	26	28	30	33	34	36	38	39	34
ABRIL	39	40	41	41	41	42	41	37	32	27	23	21	21	22	23	25	28	29	32	33	35	37	38	39	33
MAYO	44	44	45	45	46	46	47	46	42	36	31	28	24	24	25	26	28	31	33	36	38	40	41	42	37
JUNIO	59	59	60	61	62	62	63	62	56	49	42	37	34	34	34	37	39	42	46	49	52	54	56	57	50
JULIO	67	69	70	70	70	70		70	66	58	52	47	44	43	45	46	49	52	56	58	61	63	65	67	60
AGOSTO	70							67	60	54	49	47	46	47	49	52	55	57	60	63	64	67	68	69	62
SEPTIEMBRE	70	70						67	60	54	50	47	47	47	49	52	54	57	60	62	64	66	68	61	
OCTUBRE	62	63	64	64	65	67	66	63	57	51	45	42	39	39	40	42	44	47	50	52	55	57	59	60	54
NOVIEMBRE	59	59	60	61	63	62	58	52	45	39	34	32	32	33	35	38	41	44	47	49	52	54	56	57	48
DICIEMBRE	58	58	59	60	61	60	57	51	45	39	35	33	32	34	35	38	41	44	47	49	51	53	52	56	48

LOCALIDAD: MORELIA, MICHOACÁN
 AÑO: 1976 2001

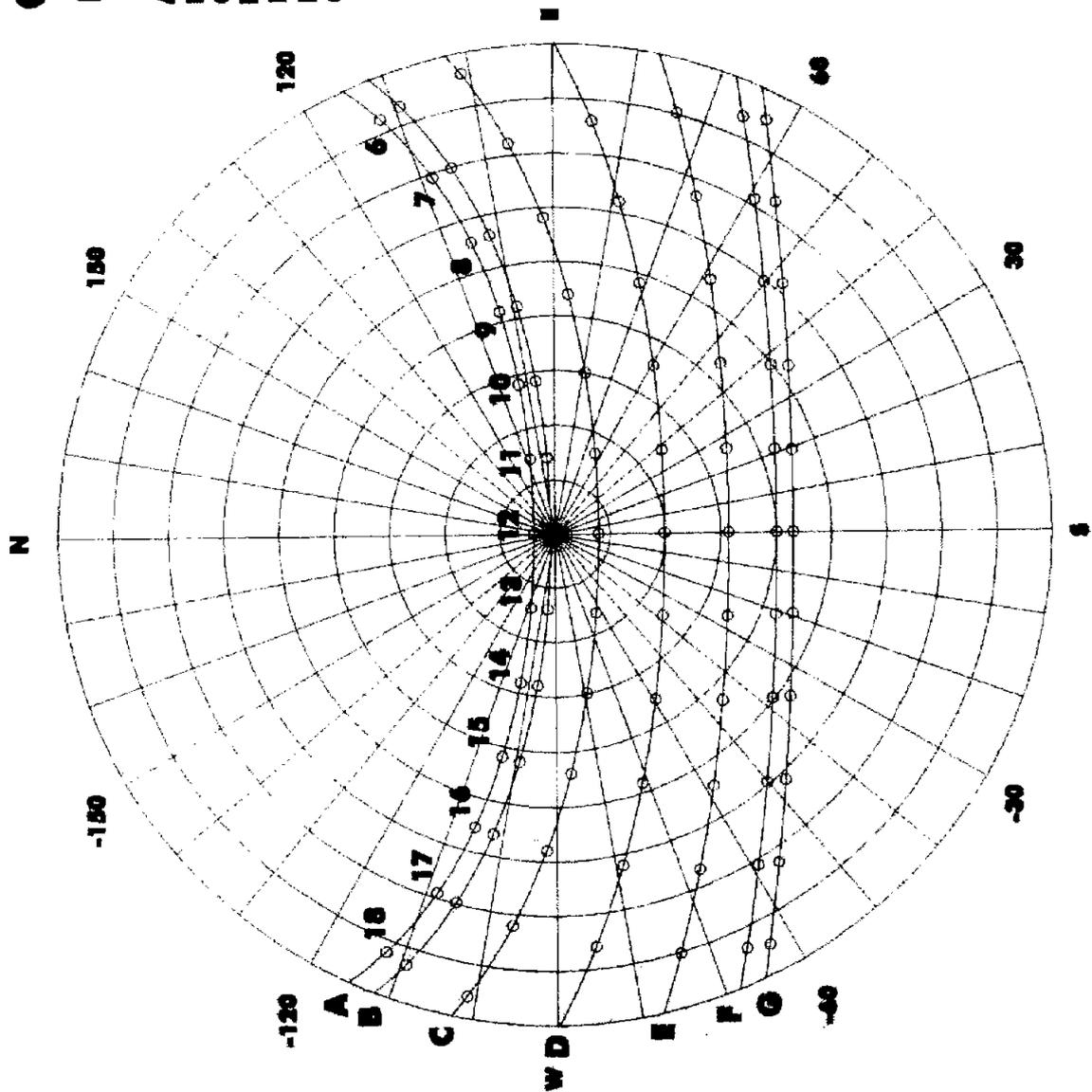
SIMBOLOGÍA % HUMEDAD RELATIVA

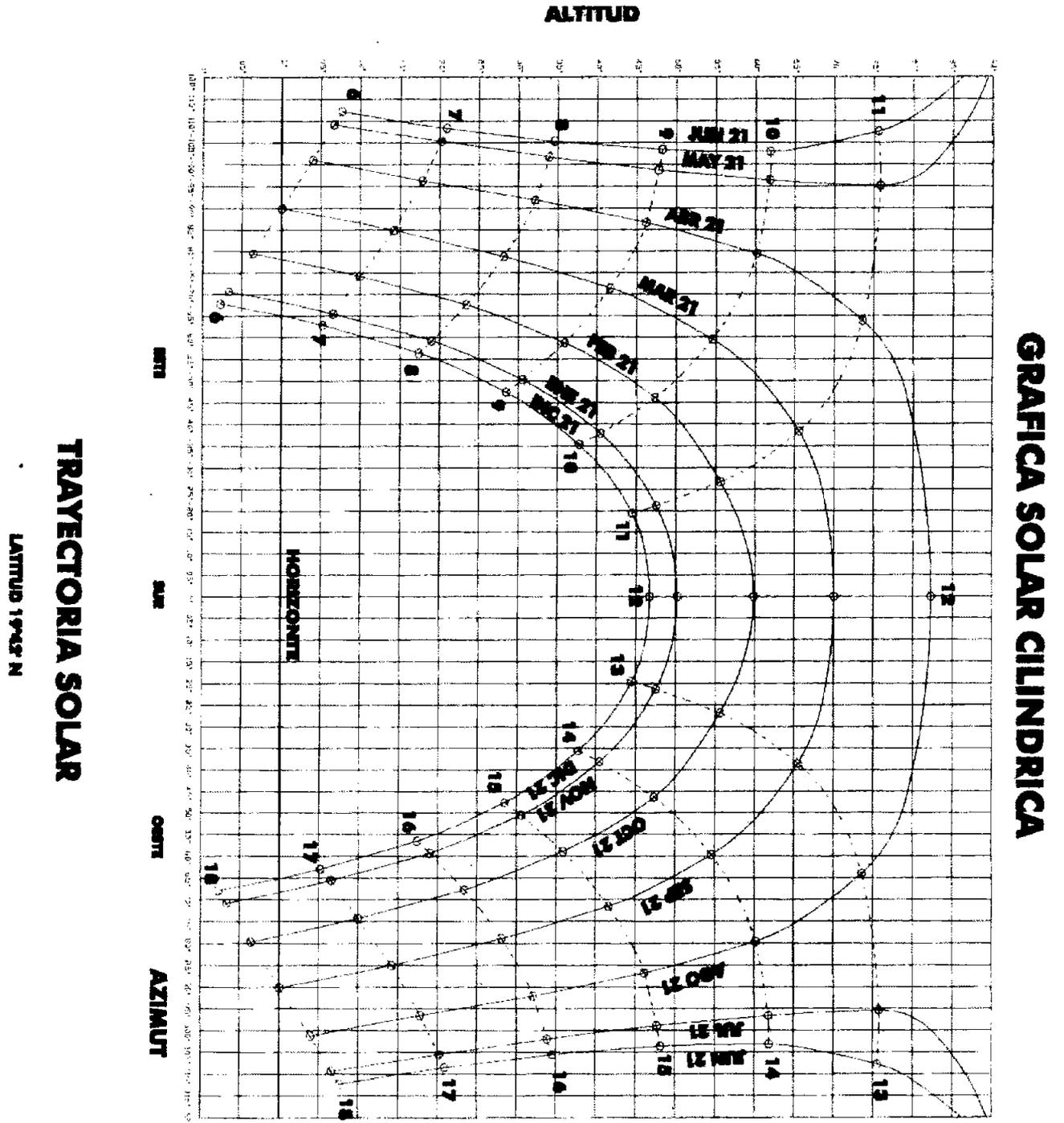
- HUMEDO  71.00 a 100.0
- CONFORT  30.00 a 70.00
- SECO  0.00 a 29.00

GRAFICA SOLAR

LATITUD 19° 42'

- A 21 JUNIO
- B 21 JUL-MAY
- C 21 AGO-ABR
- D 21 SEP-MAR
- E 21 OCT-FEB
- F 21 NOV-ENE
- G 21 DIC

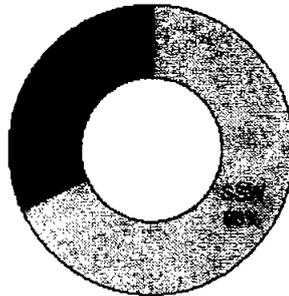




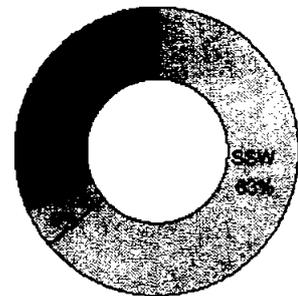
ENERO



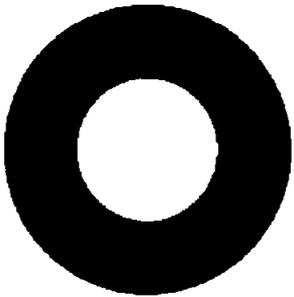
FEBRERO



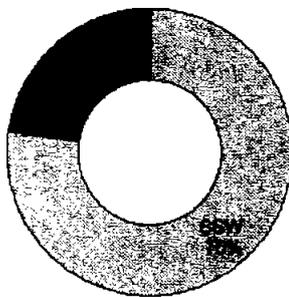
MARZO



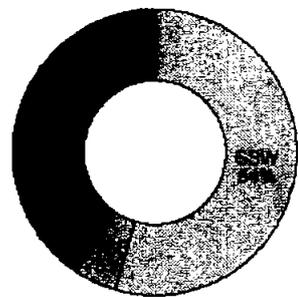
ABRIL



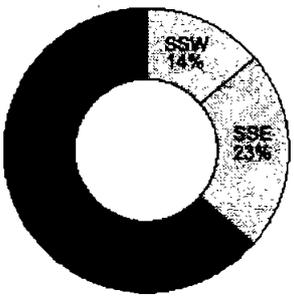
MAYO



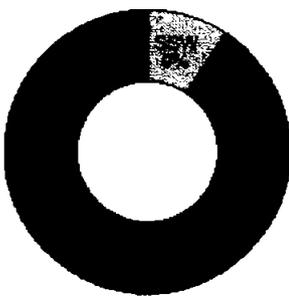
JUNIO



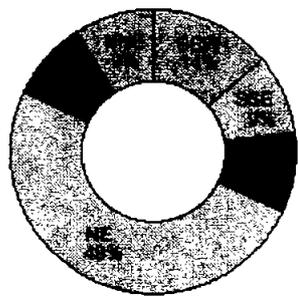
JULIO



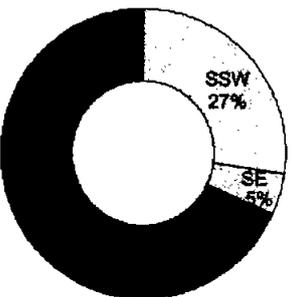
AGOSTO



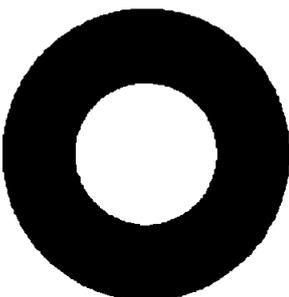
SEPTIEMBRE



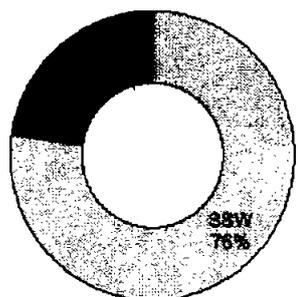
OCTUBRE



NOVIEMBRE



DICIEMBRE



7. Cálculo del *Sistema Uno* de captación y almacenamiento de agua pluvial en una vivienda urbana con 5 habitantes y 100m² de techos.

7.1 Cálculo de la capacidad del aljibe.

El cálculo de la capacidad del aljibe requiere de dos datos básicos: el régimen pluviométrico anual de la región donde se va a diseñar el aljibe, al menos de los últimos 20 años, y el área total de los techos que pueden captar el agua de lluvia.

Ejemplifiquemos el cálculo de un aljibe en una vivienda urbana con 105 m² de techos, en la cual habitan 4 personas, ubicada en la ciudad de Morelia:

1. Régimen pluviométrico anual = **732mm** (promedio de 1980 al 2002)
2. Área total de techos = **105 m²**

El porcentaje de agua pluvial aprovechable en la vivienda es aproximadamente el 90% del total (un 10% pertenece a lluvias aisladas dentro de los meses de estiaje, o forma parte de las primeras lluvias, muy contaminadas por la lluvia ácida).

Realizando las operaciones queda,

$$732 \times 105 = 82,950 \text{ lts}$$

$$82.950 \times .90 = 70 \text{ m}^3$$

En una región como Morelia, con 4 meses de lluvia (1/3 parte) y 8 de estiaje (2/3 partes), conviene que el aljibe almacene las 2/3 partes del agua de lluvia captada (durante la época de lluvias se utiliza la otra 1/3 parte),

$$70 / 3 \times 2 = 46 \text{ m}^3 \text{ (capacidad mínima del aljibe)}$$

Una vez obtenida la capacidad mínima del aljibe, hay que compararla con la que necesitarán los 4 habitantes de esa vivienda para ser autosuficientes en agua potable (agua pluvial libre de ácidos y tratada mediante lámpara de rayos UV o mediante yodo):

El consumo promedio de agua en una vivienda urbana es 150 lts por persona, lo que en este ejemplo significa:

600 lts/ día.

De ahí, un 60% (**360 lts/día**) se utiliza en el lavado de ropa, escusados y riego del jardín.

El 40% restante (**240 lts/día**) se utiliza en las regaderas, lavabos y fregadero, que es donde sí se requiere agua potable.

Utilizando equipos ahorradores de agua en regaderas, lavabos y fregaderos, el consumo se reduce en un 15%; quedan entonces, **204 lts diarios**.

Multiplicando éstos por 243 días (del 1º de octubre al 31 de mayo, que son los ocho meses de estiaje) queda,

$$204 \times 243 = 49.5 \text{ m}^3 \text{ (casi } 50 \text{ m}^3\text{)}$$

Los cuatro meses restantes, está lloviendo y el aljibe está constantemente llenándose y usándose.

Comparando los 46 m³ que tendría el aljibe, con los casi 50 m³ que esa familia necesita, faltan 4 m³ para que esa familia sea autosuficiente en agua potable.

Si de 105 m² se obtienen 70 m³ (ver arriba), entonces de cada m² de techo se obtiene 0.66 m³ de agua pluvial.

Como faltan 4 m³ de agua, bastará con aumentar 6 m² de techo para que se capte el agua de lluvia necesaria para esa familia (techos donde no pise la gente ni mascotas, para garantizar que estarán limpios).

Para los escusados y el riego del jardín se debe usar agua reciclada proveniente de un sistema de tratamiento de aguas servidas; así, la familia necesitará únicamente agua limpia no potable para lavar la ropa.

Si el terreno tiene de 300 a 400 m², el agua para el lavado de ropa se puede obtener del agua pluvial que cae sobre terrazas, patios u otros lugares donde se pisa (construyendo un aljibe aparte, cuyo volumen se calcula de igual manera).

Si el terreno tiene 200 m², se utilizará agua municipal (instalando una cisterna prefabricada de PEAD de 5 m³)

La construcción de la casa debe empezar por el aljibe (como tradicionalmente se hace en el sur de España). Así cualquier problema al momento de excavarlo, puede ser solucionado sin dañar los cimientos de la vivienda. Esta estrategia se usó en una residencia urbana de cercana a Morelia, y permitió correr los cimientos de las paredes de la casa para evitar humedades posteriores, cuando se encontró una base de piedra muy difícil de excavar, lo que obligó a reducir la profundidad y a ampliar el área del aljibe.

7.2 Cálculo del estanque decantador.

Para el cálculo de la capacidad del estanque decantador se utiliza, de las normales climatológicas, el dato de *la precipitación máxima promedio en 24 hrs.* durante el mes más lluvioso. Sólo así se puede garantizar que el agua se derramará por el tubo, hacia el aljibe, cuando ya se ha decantado.

El área total de los techos de la casa que estamos utilizando para diseñar el *Sistema UNO* es 105 m^2 y la precipitación máxima promedio en 24 hrs (PP_{max}) durante el mes más lluvioso (agosto) en la región de Morelia, es 48mm (0.048m)

$$A_{\text{total}} = 105 \text{ m}^2.$$

$$PP_{\text{max}} = 0.048\text{m}/2 \text{ (se divide } PP_{\text{max}} \text{ entre 2, para garantizar que siempre va a derramar agua a través del tubo derramador)}$$

$105 \times 0.024 = x \text{ m}^3$; $x = 2.52 \text{ m}^3$ que es el volumen de nuestro estanque decantador hasta el tubo de derrame que posee el filtro invertido. Es conveniente que el tubo derramador tenga 15 cms de altura desde la base del estanque.

$$\text{Altura del estanque} = h = 0.15 \text{ m}$$

Si diseñamos el estanque cuadrado, la fórmula para obtener las dimensiones del estanque es:

$$\text{Volumen} = L^2 (h), \text{ despejando:}$$

$$2.52 = L^2 (0.15), \quad L^2 = 2.52/0.15$$

Por tanto, el estanque decantador medirá: $4 \times 4 \times 0.15 \text{ m}$

8. Pruebas de laboratorio de la calidad del agua pluvial

Pruebas realizadas durante dos ciclos de lluvia 2001 y 2002 en el laboratorio con la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Michoacana, para conocer los componentes exactos que posee el agua pluvial en dos viviendas que tienen instalado el *Sistema UNO* en Morelia, Michoacán, dieron como resultado que el agua pluvial de la región de Morelia está libre de gérmenes patógenos; de hecho, el principal problema que presenta es la acidez producida por los vehículos automotores (NO_2 y SO_2).

Los resultados obtenidos en las muestras revelaron que el agua pluvial en el estanque decantador (antes del filtro) tiene un pH ligeramente ácido (6.51 a 6.7), producto de la *lluvia ácida*.

En cambio, el agua que llega al tinaco elevado tiene un pH muy cercano al neutral (de 7.051 a 7.107)

Esto demuestra que el muro filtrante sí está cumpliendo su función de neutralizar el agua pluvial contaminada por compuestos nocivos atmosféricos (que en la Tabla 1 se presentan como nitratos y sulfatos).

Como puede observarse en la Tabla 1, los resultados de la calidad del agua pluvial de la región de Morelia han sido sumamente satisfactorios. Puede concluirse por tanto, que para que el agua de lluvia pueda ser potable, lo único que necesita es pasar por una lámpara de rayos UV, o a través de un dosificador de yodo, o simplemente agregársele hipoclorito de sodio al 6% de cloro libre, para eliminar microorganismos no patógenos.

Tabla 1

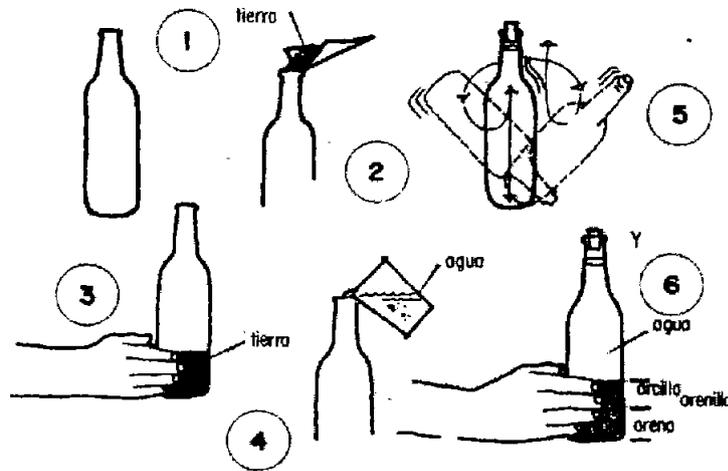
RESULTADO DE LOS ANÁLISIS PRACTICADOS A 4 MUESTRAS DE AGUA DE LLUVIA (Ciclos de lluvias: 2002 y 2003)

Laboratorio de Química, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana.

Parámetros analizados	Antes del filtro	Después del filtro
pH	6.51	7.107
Conductividad eléctrica	73.0	98.0
Turbidez	2.0	1.0
Nitratos (ppm)	10.3	9.8
Sulfatos (ppm)	9.0	8.1
Cloruros (ppm)	14.2	14.2
Microbiológico	100.0	102,600.0*

- * El aumento tan marcado de gérmenes no patógenos (*E. coli*) se debe a que el agua almacenada en el aljibe, permite la reproducción de estas bacterias. Por ello es importante que el agua sea desinfectada antes de ser consumida, ya sea con filtro UV o con dosificador de yodo.

9. Elaboración y pruebas de la tierra-cemento ⁶⁵



1 a 3 se llena una botella limpia con tierra hasta la tercera parte.

4 y 5 se agrega agua hasta casi llenarla; se agita vigorosamente.

6 se deja reposar y al cabo de un rato, podrá verse como la arena, por ser más pesada, se ha ido al fondo, quedando encima de ella, separadas por líneas bien definidas, la arena y la arcilla.

En caso de que la tierra no contenga suficiente arena, hay que agregar la que sea necesaria para completar cualquiera de las proporciones que se indican en la tabla siguiente:

Contenido de arena en la botella	Cantidad de cemento	Cantidad de tierra
1 dedo	1 tanto	7 a 8 tantos
2 dedos	1 tanto	9 a 11 tantos
3 dedos	1 tanto	12 a 14 tantos
4 dedos	1 tanto	15 a 16 tantos

⁶⁵ Fuente: *Instructivo sanitario*, Comisión Constructora e Ingeniería Sanitaria, S.S.A. México, 1978.

Este método ha sido probado muchas veces y exitosamente por la autora de esta tesis, para elaborar suelo cemento y bloques de tierra cemento compactados mecánicamente, mediante máquina compactadora neumática.

10. Escusados secos



Los escusados secos son muy comunes en Europa y en zonas suburbanas y rurales de los Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, pueden adaptarse a viviendas urbanas, siempre y cuando haya un sótano donde pueda colocarse la caja a la cual llegan los desechos provenientes de las tazas, y jardín suficiente para utilizar en él la composta producida.

Se recomiendan los escusados secos eléctricos, ya que degradan más rápidamente los desechos. Un problema que poseen es la dependencia del reactivo que acelera la descomposición, ya que cuesta aproximadamente U.S. \$ 100.00 y debe agregarse cada seis meses.



Bibliografía consultada y recomendada ¹

Sobre principios de bioclimatización

- Freixanet, Víctor y García Chávez, Roberto; **Viento y Arquitectura**, Editorial Trillas, México, 1995.
- García Chávez, José Roberto; **Diseño Bioclimático**, UAM- Unidad Azcapotzalco, México.
- Morillón, Gálvez, David; **Arquitectura Bioclimática**, Universidad de Guadalajara, México, 1996.
- Tudela, Fernando; **Ecodiseño**, Colección de Ensayos, UAM, Unidad Xochimilco, México, 1994.
- Van Lengen, Johan; **Manual del Arquitecto Descalzo**, Editorial Concepto, México D.F, 1990.
- Yeang, Ken; **Proyectar con la naturaleza**, Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 1998.
- Lacomba, Ruth, compiladora; **Manual de Arquitectura Solar**, Editorial Trillas, México, 1991.

Sobre el uso específico de herramientas para el diseño bioclimático

- Freixanet, Víctor y García Chávez, Roberto; **Viento y Arquitectura**, Editorial Trillas, México, 1995
- Mazria, Edward; **El Libro de la Energía Solar Pasiva**, Gustavo Gili, México, 1996.
- Tudela, Fernando; **Ecodiseño**, Colección de Ensayos, UAM, Unidad Xochimilco, México, 1994
- García, Enriqueta; **Apuntes de Climatología**, Instituto de Geografía, UNAM, México, 1989.
- García, Enriqueta et al; **Atlas General de México**, Vol. II. Capítulo IV, Instituto de Geografía, UNAM, 1988.

Sobre los principios técnico-científicos de la energía solar y el diseño de equipos que utilicen energía alternativa

- Almanza R., Muñoz F; **Ingeniería de la Energía Solar**, El Colegio Nacional. Instituto de Ingeniería, UNAM, México.
- Leckie Jim et al; **Other Homes and Garbage**, Sierra Club Books, San Francisco, USA.

Sobre el diseño de estructuras de ferrocemento

- Olvera López, Alfonso; **El Ferrocemento y sus aplicaciones**. Instituto Politécnico Nacional, México, 1985. 609p.p.

¹ Los libros cuya edición está fechada, no han vuelto a ser publicados. El año indicado es el último en que aparecieron.

- Arias Chávez José; Cartillas de Ecotécnicas para la Vivienda Autosuficiente, cartilla no. 2: **Captación y almacenamiento de agua pluvial**. SAHOP, 1979.
- National Academy of Science, **Ferrocement Applications in Developing Countries**, Washington D.C., USA, 1980.
- Pama B.K., Paul R.P.; **Ferrocemento**, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto A.C, México, 1997.

Sobre los principios de funcionamiento de ecotécnicas no bioclimáticas

- Vale, Brenda y Robert; **La Casa Autónoma**, Colección Tecnología y Arquitectura, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España.

Sobre el diseño y cálculo de ecotécnicas no bioclimáticas

- Arias Chávez José; Cartillas de Ecotécnicas para la Vivienda Autosuficiente, cartilla no. 2: **Captación y almacenamiento de agua pluvial**; SAHOP, 1979.
- Almanza R., Muñoz F.; **Ingeniería de la Energía Solar**, El Colegio Nacional. Instituto de Ingeniería, UNAM, México.

Sobre Geobiología

- Bueno, Miguel, **El Gran Libro de la Casa Sana**, Ediciones Roca, 1994, México.
- Calvillo Unna, Jorge. **La Casa Ecológica**, Colección Tercer Milenio, CONACULTA, 1999.

Sobre el tratamiento de desechos sólidos

- Lesur, Luis; **Manual del manejo de la basura**, Col. Cómo hacer bien y fácilmente, Editorial Trillas, México.
- Lesur, Luis, Padilla M. Carlos; **El Manejo de la basura**, Colección Cómo Hacer Mejor, SEP, 1994.

Sobre vegetación en la vivienda urbana

- López, Rocío y Cabeza Pérez, Alejandro; **La Vegetación en el Diseño de los Espacios Exteriores**, UNAM, México, 1998.
- Chacakó Hilu, Alicia; **Manejo del Arbolado Urbano**, UAM Azcapotzalco, México, 1997.

Directorio de fabricantes y prestadores de servicios

1. MADERA

ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE LA MADERA, UNIVERSIDAD MICHOACANA, Laboratorio de preservación y estufado de madera. Edificio O, Ciudad Universitaria, Morelia, Mich.
M.C. Alejandro Guzmán Mora, tel/ fax 01 (443) 3 16 71 48.
Servicio al público de estufado de madera y tratamiento contra termitas, polillas y demás depredadores de la madera, utilizando sales de boro. Precios sumamente accesibles.

2. TABIQUES DE ARCILLA SÓLIDA, EXTRUIDOS Y DE CONCRETO CELULAR

ADOBLOCK Akar de México, Arq. Oscar Agüero.
Numancia 55, Col. Lomas Estrella, México D.F.
Tels. 01 (55) 56 56 02 78 y 01 (55) 56 17 84 39 / 01(55) 56 32 25 45 fax
Fabricación de tabiques de adobe sólido estabilizado a alta compresión.

LADRILLERA MECANIZADA, Monterrey, N.L. Tels. 01(800)5707070
ventas@ladrillramecanizada.com
Fabricación de tabiques y piezas de barro hueco extruido.

NOVACERAMIC, Felix Cuevas 636-A, Col. Del Valle, México D.F. 01(55) 56040412
info@novaceramic.com.mx
Fabricación de tabiques y piezas de barro hueco extruido.

CONTEC MEXICANA, Río Amacuzac 1201 Ote., Col. Valle Oriente, Garza García, NL, México, 66269.
Tels. 01 81 83 99 24 24 y 01 81 83 99 24 64
ventascontec@grupokrone.com
Fabricación de un sistema constructivo integral (paredes, techos y paneles térmicos) a base de concreto celular.

3. VIDRIO DOBLE INDUSTRIAL

VIDRIOS MARTE S.A. Tlatilco 138, Col. Tlatilco, Azcapotzalco, México, D.F. 01 (55) 55413721
info@vidriosmarte.com

VIDRIO PLANO S.A. Ave. Ricardo Margain 444, Col. Valle del Campestre, Garza García, Nvo. León, México. 01()83291500 Sr. Guillermo Reynoso.
greynoso@vitro.com

4. VIGUETA Y BOVEDILLA

LADRILLERA MECANIZADA, Monterrey, N.L. Tels. 01(800)5707070
ventas@ladrillramecanizada.com

NOVACERAMIC, Felix Cuevas 636-A, Col. Del Valle, México D.F. 01(55) 56040442
info@novaceramic.com.mx

5. CALENTADORES SOLARES

BUFETE DE TECNOLOGÍA SOLAR (BUTECSA). Ing. Rodolfo Martínez Strevel, Rosal 180, San Pedro Mártir, Tlalpan, México, D.F. Tel/Fax: 01(55) 55 13 42 97. strevel@avantel.net.mx

6. FOTOCELDA SOLARES

IEM / CONDUMEX División Energías Alternas, Miguel de Cervantes Saavedra 225, Col. Ampliación Granada, México D.F.
Tels. 01 (55) 53 28 58 00. Fax: 01 (55) 52 55 10 26

Dr. Alberto Valdéz, Cuauhtémoc 75, Col. Del Carmen, Coyoacán Tel 01(55) 53 27 05 12.
Fax: 01(55)53 27 05 00. betov@intmex.com

BUFETE DE TECNOLOGÍA SOLAR (BUTECSA). Ing. Rodolfo Martínez Strevel, Rosal 180, San Pedro Mártir, Tlalpan, México, D.F. 01(55) 55 13 42 97. strevel@avantel.net.mx
Fotoceldas de silicio amorfo con baterías y bombas de alta eficiencia.

7. CALEFACCIÓN HIDRÓNICA / PISOS RADIANTES

KARDEL DEL NORTE, Azores 830, Col. Pedro Ma. Anaya, México, D.F.
Tels. 01-(55) 56 88 79 09 y 01 (55) 56 04 29 39.

Diseño, fabricación e instalación de calefacción hidrónica a base de gas.

BUFETE DE TECNOLOGÍA SOLAR (BUTECSA). Ing. Rodolfo Martínez Strevel, Rosal 180, San Pedro Mártir, Tlalpan, México, D.F. 01(55) 55 13 42 97. strevel@avantel.net.mx

Diseño, fabricación e instalación de calefacción hidrónica y pisos radiantes a base de calentadores solares.

8. AGUAS SERVIDAS, TRATAMIENTO DE...

IBTECH/ Instituto de Ingeniería, UNAM.

Ing. Juan Manuel Morgan. Posedón no.7, Col. Crédito Constructor, Del B. Juárez, México, D.F.
Tels. 01 (55) 56 61 75 22 y 56 61 48 11. Fax: 56 61 74 95.

ibtech@prodigy.net.mx

Fabricación de microplantas para el tratamiento de aguas servidas domésticas y plantas de tratamiento para condominios y fraccionamientos.

BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL (Microplanta Bionautilus)

Lic. Javier Rodríguez Tolentino. Adolfo Prieto no. 1649-903, Col. Del Valle, México, D.F.

Tels. 01 (55) 5524 0610, Fax: 01 (55) 5524 0582.

www.biotecnologia.com.mx

Fabricación de microplantas para el tratamiento de aguas servidas domésticas y plantas de tratamiento para condominios y fraccionamientos.

FUNDACIÓN XCHICALLI A.C. Dr. Jesús Arias Chávez/ Ing. José Arias Chávez, M.N. Lira 337, Col. Villa de Cortés, México D.F. Tels. 01(55) 55 79 70 60 y 55 79 61 11.

Paquihuata 657, Col. F. Ireta, Morelia, Michoacán, tel. 01 (443) 3 15 48 40.

Diseño de plantas tipo SUTRANE con doble tanque digestor.

carmenbuerba@hotmail.com

9. DESECHOS SÓLIDOS, TRATAMIENTO DE

PERFILES PLÁSTICOS. Ing. Carlos Padilla Fernández De la Vega. Hidalgo no. 65 Col. Insurgentes, 58250, Morelia, Mich., Tel. 01 (443) 315 71 95

cpfv@hotmail.com

Fabricación de botes composteros domésticos en polietileno reciclado.

ACEROS AMÉRICA Ing. Carlos Padilla Massieu. Henry Ford esq. Fulton, Tlalnepantla, Edo de México.

Tels. 01(55) 53107302, 53 104013 y 53106867

Fabricación de contenedores de acero para centros de acopio.

cpfv@hotmail.com

CIUDALIMP Recicla. Lago Ayarza no. 79, Col. San Diego Ocoyoacac, Del M. Hidalgo, México D.F.

Tels. 01 (55) 53 86 46 41 y 53 86 46 82

ciudalimprecicla@lynco.com

Fabricación de equipos de recolección y almacenaje de desechos domésticos e industriales. Contenedores de PEAD para lugares públicos

10. PERFILES ARQUITECTÓNICOS EN PEAD

PERFILES PLÁSTICOS. Ing. Carlos Padilla De la Vega. Hidalgo no. 3 Col. Morelia, Mich.

Tel. 01 (443) 315 71 95

Fabricación de tapas en polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado, para registros domésticos e industriales. Perfiles de PEAD para distintas aplicaciones arquitectónicas (ver fig. 11, *Pérgola*, de este trabajo). cpfv@hotmail.com

11. ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS

CENTRO DE ESTUDIOS GEOBIOLÓGICOS. Dr. René Peralta Díaz/ Arq. Sergio Mendoza.

Tel. 01 (312) 314 45 65

Celular: 01 (312) 1037857 rene6sol@hotmail.com

Laboratorio de Bioclimática, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, Dr. José Roberto García Chávez. Ave. San Pablo no. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Del. Azcapotzalco, México, D.F.

Tels. 01 (55) 57 24 44 00 ext. 2047. Fax: 01 (55) 53 94 83 96

jgc@correo.azc.uam.mx

12. CHIMENEAS PREFABRICADAS

CALOR Y CHIMENEAS S.A. DE C.V. (chimeneas prefabricadas marca Heatlator). Pensilvania 84 b, Col. Nápoles, México, D.F.
ventas@calorychimeneas.com

13. HIDRONEUMÁTICOS Y EQUIPOS DE LIMPIEZA POR VAPOR.

Hidroneumáticos compactos: MYERS/ Pentair Pump Group. *Emerald Elite*. www.Myers.com
Vaporizadores a presión para eliminar sarro: Karcher S.A. www.karcher.com.mx
info@karcher.com.mx

14. LIMPIADORES BIODEGRADABLES

PINTAPIEL S.A. DE C.V. Detergentes y jabones para lavar ropa y trastes de cocina. Calle 2 no. 500, Xalostoc, Edo. De México. 01(55)57 55 51 75

CESCO Limpiadores para todo uso. Sor Juana Inés de la Cruz no. 14 2do. Piso, Tlalnepanitla, Edo. De México 01(55)55 65 08 80

HENKEL Jabones y detergentes para ropa. www.henkel.com

DIRECTORIO DE INVESTIGADORES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Instituto de Ingeniería

Dr. David Morillón Gálvez: diseño bioclimático de viviendas y edificios de alta sofisticación tecnológica.
Instituto De Ingeniería, UNAM
darnq@pumas.ingen.unam.mx

Dr. José Luis Fernández Zayas: colectores, concentradores y secadoras solares.
Departamento de Ingeniería Solar, Instituto de Ingeniería, UNAM
jlf@adiat.org

Mtro. Juan Manuel Morgan Sagastume: microplantas para el tratamiento de aguas servidas. Ingeniería en Biotecnología Ambiental, Instituto de Ingeniería, UNAM.
lbtech@prodlqv.net.mx

**Ing. Ragnar Trillo Valdez. Torre de Ingeniería: instalaciones de alta eficiencia energética.
Ingeniería de Instalaciones, Instituto de Ingeniería, UNAM
rtv@pumas.ringen.unam.mx**

- **Centro de Investigación y Estudios de Postgrado
Facultad de Arquitectura**

**Arq. Hector Ferreiro León: diseño bioclimático de viviendas y edificios de alta sofisticación tecnológica.
hectorfi@servidor.unam.mx**

**Dr. Diego Morales: arquitectura bioclimática, comportamiento térmico del cuerpo humano, balance dinámico
josed@servidor.unam.mx**

- **Centro de Investigación en Energía**

**Dr. Jaime Cervantes De Gortari: almacenamiento de energía, equipos de alta eficiencia energética.
Ingeniería solar y fuentes renovables de energía.
jcg@mezatl.cle.unam.mx**

- **Instituto de Geofísica/ Instituto de Geografía**

Dr. Agustín Mulhía: física solar y terrestre; equipos de medición solar.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA

**Biol. Julia Martínez: Directora de Investigación sobre el Cambio Climático.
jmartine@ine.gob.mx**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA Unidad Azcapotzalco

- **Laboratorio de Bioclimática**

**M.C. Manuel Gordon Departamento de Energía Solar: fotoceldas, colectores y concentradores solares.
mango@mail.internet.com.mx**

**M Arq. Victor Fuentes Freixanet: viento y arquitectura, vegetación y arquitectura.
ffva@correo.azc.uam.mx**

**Dr. José Roberto García Chávez: heliodones, túnel de viento, cajas translúcidas.
jrc@correo.azc.uam.mx**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa**

- Laboratorio de análisis y mediación bioclimática

Dr. Juan José Ambríz García: comportamiento térmico del cuerpo humano ante distintas condiciones climáticas. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
jag@correo.izt.uam.mx

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Xochimilco**

M.Arq. Vicente Guzmán: suelo cemento y arbolado urbano. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.
vguzman@cueyatl.xoc.uam.mx

**INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA)
www.imta.mx**

Paseo Cuauhnahuac no. 8532, Col. Progreso, 62550, Jiutepec, Morelos. Tels. 01(7) 319 4081 y 319 3801.
Dra. Petia Mijailova.
wet@tialoc.imta.mx y mtoledo@qrsp.cna.gob.mx

**SECRETARÍA DE ENERGÍA
Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)
www.conae.gob.mx**

Mtra. Norma Morales, investigadora en Arquitectura Bioclimática y Norma 008. Tel. 01(55) 53 22 10 00 ext. 1114;
nor@conae.gob.mx

Dr. José Luis Fernández Zayas, Dirección General de Desarrollo Tecnológico, Secretaría de Energía.
jlf@adiat.org

INVESTIGADORES INDEPENDIENTES

Ing. José Arias Chávez: *Sistema Uno* de captación y almacenamiento de agua pluvial, ferrocemento, techos colectores primarios, tratamiento de aguas servidas.
ppariasx@hotmail.com

Arq. Ruth Lacomba: arquitectura bioclimática y sustentable.
arqsolar@arautel.net

Ing. Mario Reynoso: heliodones y relojes solares, iluminación natural, sistemas de enfriamiento por convección de aire. marioreynoso@yahoo.com

Dr. Alberto Valdés: fotoceldas solares.
betov@intmex.com

Ing. Rodolfo Martínez Strevel: fotoceldas de silicio amorfo, calentadores solares de agua y calefacción hidrónica con pisos radiantes.
Rosal 180, San Pedro Mártir, Tlalpan, México, D.F. 01(55) 55 13 42 97. rstrevel@avantel.net.mx