



**ESTRATEGIAS PASIVAS
EN EL APROVECHAMIENTO
DE LA ENERGÍA SOLAR
APLICADAS AL
DISEÑO
ARQUITECTÓNICO**



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

INDICE

INTRODUCCION.

UNIDADES DE MEDICION.

- A. Unidades fundamentales.**
- B. Unidades derivadas.**
- C. Prefijos de unidades.**
- D. Algunas recomendaciones para el uso de unidades S.I.**

SECCION I.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

CAPITULO 1.

SISTEMAS PASIVOS DE ENERGIA SOLAR.

- 1.1. Caso introductorio: Energía y Consumo.**
- 1.2. Sistemas Pasivos de Energía Solar.**
- 1.3. Panorama histórico.**

CAPITULO 2.

ELEMENTOS CLIMATICOS.

- 2.1. Caso Introductorio: La Arquitectura Islámica como adecuación climática.**
- 2.2. Clima y Arquitectura.**
 - A. Temperatura.**
 - B. Humedad.**
 - C. Precipitación.**
 - D. Nubosidad.**
 - E. Vientos Predominantes.**
 - F. Radiación Solar.**

- Capítulo 3. EQUILIBRIO TERMICO HUMANO.
- 3.1. Caso Introdutorio: La Salud y el ambiente térmico en Arquitectura.
 - 3.2. Equilibrio Térmico Humano.
 - A. Disipación térmica.
 - B. Equilibrio térmico.
 - 3.3. Lecturas recomendadas.
- Capítulo 4. CONFORT TERMICO.
- 4.1 Confort y Equilibrio Térmico.
 - 4.2 Método de Vogt-Chagas.
 - 4.3 Diagrama Bioclimático de Olgay.
- Capítulo 5. RADIACION SOLAR.
- 5.1 La Radiación Solar.
 - 5.2. Constante Solar.
 - 5.3. Radiación Solar sobre la superficie terrestre.
 - 5.4 Relaciones geométricas.
 - A. Angulos solares.
 - B. Otras relaciones derivadas.
- Capítulo 6. MEDICION Y ESTIMACION DE LA ENERGIA SOLAR.
- 6.1 Radiación Solar Directa, Difusa, Total y Global.
 - 6.2 Medición de la Radiación Solar.
 - 6.3 Estimación de la Radiación Solar.
 - 6.4 Estimación de la Radiación Solar por hora.

Capitulo 7. GRAFICAS SOLARES.

- 7.1 Caso Introdutorio:
 Todo es cuestión de tiempo ...
- 7.2. Tipos de Gráficas Solares.
- 7.3. Sistema Estereográfico.
- 7.4. Sistema de Coordenadas Rectangulares
 (Gráfica Solar Cilíndrica).

Capitulo 8. USO DE LA SOMBRA.

- 8.1. Caso Introdutorio.
 Mitología: El Rapto de Proserpina.
- 8.2. Proyección de Sombras.

Capitulo 9. INDICADOR GRAFICO DE SOMBRAS.

- 9.1. El indicador gráfico de sombras.
- 9.2. Uso del indicador gráfico de sombras.

Capitulo 10. ANALISIS DE TERRENOS.

- 10.1. Introducción al análisis de terrenos.
- 10.2. Análisis general.
- 10.3. Análisis solar exterior del terreno.
- 10.4. Análisis solar interior del terreno.

Capítulo 11. DISEÑO SOLAR CON MODELOS.

11.1. Prueba de Modelos.

11.2. Diseño de un Heliódón horizontal.

A. Introducción.

B. Consideraciones iniciales.

1. Valores de cálculo.

2. Consideraciones de diseño.

3. Cálculo de coordenadas.

11.3. Ejemplo de diseño de un Heliódón horizontal.

SECCION II. INTERCAMBIO TERMICO EN LAS EDIFICACIONES.

Capítulo 12. INTERCAMBIO DE CALOR EN LAS EDIFICACIONES.

12.1. Caso Introdutorio:
Analogías en el confort térmico.

12.2. Factores de evaluación térmica.

12.3. Resolución de un ejemplo.

A. Intercambio por conducción.

B. Infiltración.

C. Ganancias por radiación solar.

D. Ganancias térmicas internas.

12.4. Análisis de resultados.

SECCION III. ILUMINACION NATURAL.

Capítulo 13. ILUMINACION NATURAL: INTRODUCCION.

13.1. Caso Introdutorio: Aspectos generales de la iluminación natural.

13.2. Unidades luminicas de medición.

- A. Flujo luminoso.
- B. Intensidad luminosa.
- C. Iluminación o iluminancia.
- D. Brillo fotométrico o luminancia.

13.3. Mediciones y aparatos.

- A. Mediciones.
- B. Aparatos de medición: fotómetros.

Capitulo 14. METODOS DE PRONOSTICO.

14.1. Métodos de pronóstico.

- A. Método del Factor de Iluminación Nat.
- B. Método Lumen.

14.2. Resolución de un ejemplo.

BIBLIOGRAFIA GENERAL.

APENDICES.

- A. Factores de conversión.
- B. Transmitancia de algunos materiales constructivos.
- C. Intensidad solar y factores de ganancia calorífica para distintas latitudes.
- D. Coeficientes de sombra y de absorción para vidrios.
- E. Reflectancia de algunas superficies.
- F. Niveles mínimos de iluminación.
- G. Fórmulas utilizadas en el presente escrito.
- H. Cartas de introducción de datos climáticos.
- I. Radiación global diaria promedio.
- J. Criterios básicos de diseño bioclimático.
- K. Ejemplo resuelto.

INTRODUCCION.

La presente guía pretende mostrar los métodos y sistemas utilizados con éxito en algunos diseños para lograr un ambiente de confort, tanto térmico como psicológico, mediante el aprovechamiento pasivo de la energía solar. Si bien la meta de lograr proyectos buenos y funcionales parece ser una decisión obvia y una tarea fácil, ello se complica debido a la gran variedad de estrategias que estos sistemas pueden tener cuando se enfocan a los problemas arquitectónicos.

Es conveniente comentar que la guía, con el propósito de resultar más concisa y atractiva, considera que el lector maneja algunos conceptos básicos de educación media. No se explica a detalle, por ejemplo, reglas básicas de física, pero en cambio profundiza en las aplicaciones específicas de problemas que lo ameritan.

Por otro lado los temas que toca están específicamente enfocados al estudio de aplicaciones de la energía solar de una manera pasiva. En algunos tópicos no relacionados directamente con el objeto de estudio quizás se considere que los enfoques no son suficientemente completos. En esta guía se prefiere concretarse únicamente a los usos pasivos de la energía solar. El estudio más detallado de temas ajenos deberá ser hecho por el interesado ayudado por la bibliografía que se proporciona al final de la guía. Ejemplo de este caso sería la presentación del espectro electromagnético del Sol: el interés específico se enfoca a la aplicación de aquellas radiaciones que directamente puedan modificar nuestros diseños de una manera representativa. Aquellas características de las radiaciones solares que no sean de aplicación práctica para los diseñadores no se tratarán a profundidad. Los Rayos X, por ejemplo, si bien forman parte del conjunto de las radiaciones del Sol, no son un factor que sea de vital importancia para el diseño arquitectónico.

Cuando es posible se utilizan fórmulas físicas para la explicación o la predicción de un fenómeno determinado: ellas son una buena forma cuantitativa de evaluación del funcionamiento de una estrategia de diseño, y proporcionan una forma fácil de comparación entre las distintas soluciones que pueden darse a un mismo planteamiento. Todas las expresiones matemáticas que contiene la presente guía son de nivel básico y fácilmente podran utilizarse con la ayuda de una calculadora electrónica.

Para la expresión a detalle de las fórmulas,

utilizaremos la notación aritmética comunmente utilizada en informática y que se muestra a continuación:

NOTACION ARITMETICA

<u>SIMBOLO</u>	<u>SIGNIFICADO</u>
*	Multiplicación
/	División
^ , E	Elevar a una potencia.

Los signos de suma y resta serán los convencionales (+, -).

Los símbolos para funciones trigonométricas, sin embargo, se utilizan de manera convencional, con algunas ligeras variantes: para indicar la función cotangente utilizaremos "cotan" en lugar de "ctn", que es la notación usualmente utilizada en informática, así como para la función seno utilizamos "sen" en lugar de "sin".

Las fórmulas están definidas mediante números encerrados en paréntesis del lado derecho de la página donde aparecen. Dicha numeración se hará de manera progresiva, según el orden de aparición de las citadas descripciones matemáticas, por ejemplo:

$$A = B + C / 2 \qquad (23)$$

Las referencias bibliográficas se usan siguiendo el sistema de autor y año de publicación, ambos encerrados entre paréntesis, p.e. (Mazria, 1979). Las referencias bibliográficas originales de interés directo al diseñador se encuentran al final de la guía.

En el caso de fuentes especializadas en campos definitivamente distintos al del diseño, la bibliografía se presenta dentro del mismo capítulo donde se dan las referencias.

Como última consideración, sugerimos la resolución de los ejercicios que se encuentran al final de cada capítulo. Ello llevara a la mejor comprensión de casos, y al desarrollo de aptitudes de solución para problemas similares.

UNIDADES DE MEDICION.

Para efecto de una mejor comprensión de los tópicos que se tratarán en la presente guía, es conveniente conocer las unidades básicas de medición que se utilizan con mas frecuencia.

En nuestro país, el llamado SISTEMA INTERNACIONAL (Système International d'Unités, abreviado SI) es el más utilizado, y por ello revisaremos de una manera muy somera las unidades más utilizadas de él. Para tal efecto, trataremos de ir las deduciendo de un modo lógico y coherente, dando posteriormente algunas sugerencias sobre su uso.

A. UNIDADES FUNDAMENTALES.

Sabemos que existen tres unidades fundamentales, de las cuales se derivan las restantes y que son las siguientes:

longitud = metro (m)
masa = kilogramo (kg)
tiempo = segundo (s)

Por lo que el Sistema Internacional es a veces denominado "sistema mks".

B. UNIDADES DERIVADAS.

De las anteriores unidades fundamentales podemos deducir las siguientes:

a. VELOCIDAD (m/s).

Es el movimiento de longitud en una unidad de tiempo, por lo tanto las unidades serán: m/s

b. ACELERACION (m/s^2).

Variación unidad en la velocidad por unidad de tiempo, es decir,

$$(m/s) / s = m/s^2$$

c. FUERZA (Newton).

Que puede ser imaginada como la aceleración en un cuerpo que tenga una masa unidad:

$$m/s^2 = kg \quad \text{que también puede expresarse:} \\ kg.m / s^2$$

unidad que se denomina "Newton", abreviada "N".

d. TRABAJO (Julio)

Expresado como la fuerza que actúa en una longitud (p.e. dando a un cuerpo de un kilo de masa una aceleración de $1m/s$ en un segundo en un metro de longitud). La unidad se puede deducir como la unidad de fuerza (N) multiplicada por la unidad de longitud (m) que daría como resultado:

$$N = m$$

A esta unidad se le conoce con el nombre de "Julio", y se le abrevia "J". De esta manera tenemos que:

$$J = N \cdot m$$

$$J = kg.m/s^2 \cdot m \quad \text{o también}$$

$$J = kg.m^2 / s^2$$

e. ENERGIA (Julio)

Puesto que la energía es el potencial o la capacidad para realizar un trabajo, se le mide en la misma unidad de trabajo, es decir en julios.

f. POTENCIA (Watt o vatio).

La potencia es la capacidad para llevar a cabo un trabajo en la unidad de tiempo, por lo cual se mide en Julios por segundo, en una unidad que recibe el nombre de "vatio" (en español) también conocida por su equivalente en inglés "Watt", y que se abrevia "W". De esta manera tenemos:

$$W = J / s$$

Llevar a cabo un trabajo en la unidad de tiempo representa la forma en que la energía se consume, esta misma unidad se utiliza para medir el flujo de energía (la tasa de consumo) en distintas situaciones. Es conveniente saber algunas de las equivalencias que corresponden a unidades con las mismas dimensiones físicas que el Watt:

1 hp (británico)	=	745.7 W
1 CV (métrico)	=	735.5 W
1 Btu/h	=	0.293 W
1 kcal/h	=	1.163 W
1 erg/s	=	.0000001 (10E-7) W
1 ton de refrigerac.	=	3516 W

(Fuente: Koeningsberger, 1977)

C. PREFIJOS DE UNIDADES.

En la práctica, varias de las unidades se modifican por medio del uso de múltiplos y submúltiplos, de los cuales los siguientes son los más importantes:

PREFIJOS DE UNIDADES (SI)

<u>FRACCION</u>	<u>NOMBRE</u>	<u>ABREVIATURA</u>
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ griega
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^1	deca	da
10^2	hecto	h
10^3	kilo	k
10^6	Mega	M
10^9	Giga	G
10^{12}	Tera	T

D. ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA EL USO DE UNIDADES S.I.

1. Tener cuidado de emplear el tipo correcto de letra, minúscula o mayúscula, tanto para unidades como para prefijos (p.e. m para metro o mili, M para mega).
2. Separar los números de cinco cifras o más en grupos de tres, para proporcionar una mayor legibilidad (en números de cuatro dígitos el espaciado no es indispensable).
3. En unidades compuestas, formadas por multiplicación, utilizar el punto para representar producto (p.e. N.m)
4. Expresar la división por medio de la raya diagonal "/". El utilizar el exponente negativo $^{-1}$ puede resultar confuso en ocasiones.

CAPITULO I.

SISTEMAS PASIVOS DE ENERGIA SOLAR.



1.1. CASO INTRODUCTORIO.

ENERGIA Y CONSUMO.

No hay duda de que en el futuro nuestra comodidad y confort dependerán grandemente de un abastecimiento de energía en abundancia y a precios accesibles. Ello nos lleva a considerar que no es sólo necesario tener una fuente segura y continua de energía, sino también que ésta sea suficientemente atractiva desde el punto de vista económico como para que sea utilizada regularmente.

Hasta ahora la mayor parte de la energía que se consume en el mundo se ha obtenido a partir de la acumulada en las reservas fósiles de carbón y petróleo. Muy probablemente estas reservas se agotarán algún día, o por lo menos su costo podría resultar excesivo. Resulta difícil estimar cuando podría acabarse el suministro de las reservas de hidrocarburos. Por esta razón es conveniente empezar a considerar fuentes alternativas de energía, algunas de las cuales pueden ser las llamadas no-convencionales.

Se asegura, por ejemplo, que las centrales nucleares podrían satisfacer la demanda energética por un largo tiempo. Sin embargo el nivel tecnológico y de seguridad que requiere la instalación de una planta nuclear quizás éste fuera de las posibilidades de muchos países en desarrollo. Además existe fuerte oposición de ciertos sectores de la sociedad a la utilización de energía nuclear, debido al posible riesgo en seguridad y de contaminación radioactiva. De esta manera, en las actuales circunstancias y por razones de seguridad, comodidad, continuidad y economía, es conveniente pensar en otra fuente con mayor oportunidad de aplicación en un país en desarrollo como el nuestro, y que se encuentre al alcance de la mano de los diseñadores: una buena opción es la energía solar. Si bien es probable que pase mucho tiempo para que se produzca la crisis de la escasez de hidrocarburos o de energía nuclear, ahora nos podríamos preguntar cual es la manera de asegurarse un suministro confiable de energía en una situación tan incierta.

En un mundo tan cambiante como el que ahora vivimos, quizás la mejor opción es el ser autosuficientes en la medida que esto sea posible. Las circunstancias actuales de un país se pueden modificar drásticamente en unos pocos años. El consumo energético en el futuro podría tener variaciones serias que nosotros como arquitectos podemos prever para evitar o por lo menos aminorar las consecuencias negativas que esto pudiera traer.

Para darse una idea de la magnitud de estos cambios, tomemos un ejemplo. Consideremos como ha cambiado el consumo mundial de energía en un lapso de 50 años. Las estadísticas hacen referencia a que entre 1925 y 1975 la población mundial aumentó en más de un 100%. En este momento, al ritmo de crecimiento actual, la población se duplica en algo así como 35 años. Por otro lado el consumo mundial de energía durante el mismo período, en lugar de duplicarse, se sextuplicó. El aumento en consumo de energía no fué en proporción directa al aumento de la población, sino en una cantidad mayor aún. Es posible que esto se deba en parte a que en los últimos años la cantidad de artículos y equipo eléctrico ha proliferado. Ello puede deducirse al estudiar que para el mismo período considerado (1925-1975) el consumo mundial de energía eléctrica aumentó en un factor de treinta.

Ha habido un elemento exponencial en la forma de comportamiento de la demanda de energéticos, por lo menos para cierta parte de este siglo. Es difícil de determinar si este aumento exponencial continuará o no, pero la conclusión lógica del análisis de estos datos es que en el futuro próximo el interés por la provisión de una fuente segura de energía será de vital importancia. La figura 1.1 muestra cuantitativamente la demanda de energía para México a partir de los años sesentas. Como se vé, lo más probable es que la demanda energética de nuestro país crezca considerablemente en los próximos años.

Pero no sólo la cantidad de energía demandada es un factor importante. Una visión más completa nos la puede dar el considerar la proporción de fuentes de energía que fueron utilizadas en el período (1925-1975). En 1925 el carbón era la fuente energética que proveía cerca del 80% de la producción total de energía; cincuenta años mas tarde sólo provee el 25% de la demanda. Los hidrocarburos proveían cerca del 17% en 1925, mientras que para 1975 totalizaban cerca del 70% (ver figura 1.2).

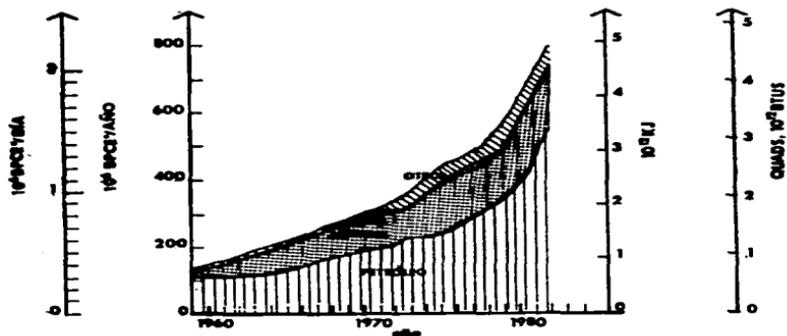


FIGURA 1.1: DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO "BPCE" - barriles de petróleo crudo equivalente (Cencheiro, 1985).

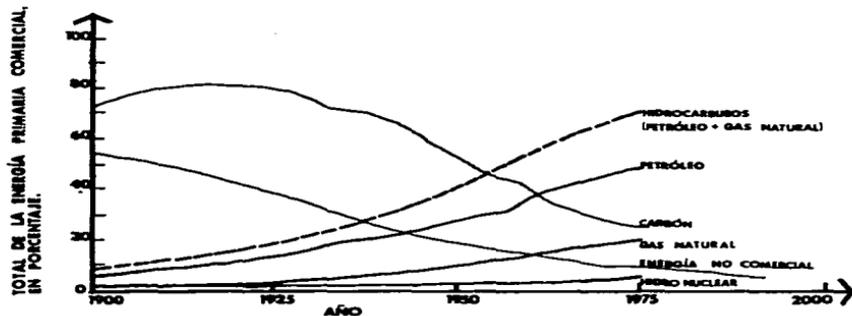


FIGURA 1.2: COMPOSICIÓN PORCENTUAL DEL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA A LO LARGO DEL TIEMPO SEGÚN LAS PRINCIPALES FUENTES (SE CONSIDERÓ COMO 100 % AL TOTAL DE LA ENERGÍA PRIMARIA COMERCIAL). (Cencheiro, 1985).

Si bien las anteriores cifras representan una visión general del comportamiento energético del mundo, sería válido preguntarnos cuál es la forma en la que nuestro país utiliza las distintas fuentes de energía. La figura 1.3 muestra la gráfica de la demanda energética primaria según su fuente original para nuestro país en las dos últimas décadas. Primeramente notemos que las líneas graficadas son relativamente constantes (paralelas al eje horizontal), es decir, que no ha habido cambios drásticos en la distribución porcentual de fuentes de energía, sobre todo a partir de 1965. Quizás la característica más obvia de la gráfica es la gran dependencia de nuestro país en el petróleo y en el gas natural como fuentes de energía: los hidrocarburos proveen alrededor del 90% del suministro energético de nuestro país.

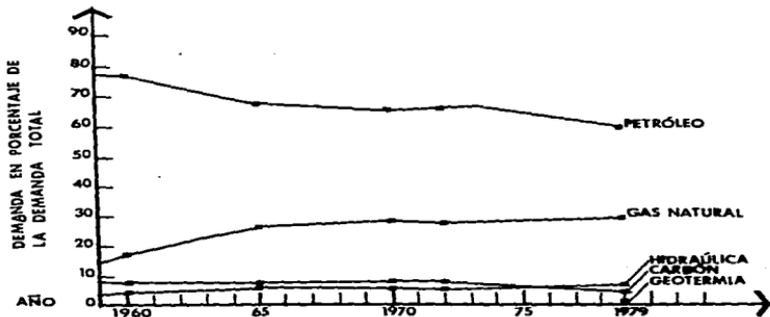


FIGURA 1.3: DEMANDA DE ENERGÍA PRIMARIA EN MÉXICO SEGÚN FUENTE DE ENERGÍA EN PORCENTAJE DE LA DEMANDA TOTAL. (Concheiro, 1985).

Podríamos pensar que la demanda y el consumo de la energía resulta relativamente equitativa debido a que, de manera muy general, en la mayoría de los lugares de la Tierra existe alguna forma real de fuente energética. El panorama, sin embargo, es muy distinto. Los países industrializados, con una quinta parte de la población mundial, consumen casi las 2/3 partes de la energía producida en el mundo. La mitad de la población mundial vive en países en desarrollo y consume sólo una octava parte de la energía total producida, aún cuando más de la mitad de los hidrocarburos producidos a nivel mundial provienen de los países en desarrollo (Concheiro, 1985).

La energía solar es una fuente de energía segura e inextinguible, por lo menos por unos cuantos miles de millones de años, que proporciona una alternativa interesante para solucionar necesidades locales modestas.

Las implicaciones del uso correcto de este tipo de energía podrían tener consecuencias optimistas al ser comparadas con las que hasta ahora se han utilizado en lo referente al abastecimiento de energía. Sus aplicaciones pueden resultar altamente útiles. La demanda total de agua caliente de una edificación podría muy bien satisfacerse mediante la conversión de la energía solar incidente en su cubierta. Las habitaciones pueden diseñarse para alcanzar los niveles óptimos de confort de una manera casi automática ya sea mediante el aprovechamiento del movimiento diario y estacional del Sol, del almacenamiento de energía térmica en muros y pisos, mediante la captación de calor utilizando elementos arquitectónicos, etc. Inclusive, mediante el uso activo de la energía solar, se puede hacer funcionar aparatos de radio y televisión utilizando la energía eléctrica que se transforma de la energía producida por el Sol, opción interesante para regiones rurales poco comunicadas.

El uso pasivo de la energía solar puede ser una opción importante en el proceso de provisión y ahorro de energía en zonas remotas de México. Consideremos, por ejemplo, que el transporte de energía tiene un costo que puede ser reducido o eliminado si se aprovecha la radiación solar que incide, en mayor o menor escala, sobre todos los lugares de nuestro país.

Por las anteriores consideraciones es necesario pensar en otras fuentes energéticas. Durante años la política de precios bajos de los hidrocarburos había desalentado el uso de otros recursos energéticos y propiciado el consumo excesivo de energía, pero esta situación tiende a cambiar drásticamente debido a las políticas de los mercados internacionales y al desmedido proceso inflacionario. Simplemente, el tomar en cuenta las opciones que nos ofrecen las fuentes alternas de energía nos dará mayor versatilidad ante nuevas situaciones, y en el caso de la energía solar, tendremos como consecuencia inmediata ahorros que, lógicamente, redundarán en beneficios de la economía individual y nacional.

1.2. SISTEMAS PASIVOS DE ENERGIA SOLAR.

El uso pasivo de la energía solar va cobrando mayor importancia día con día. Las limitaciones económicas y energéticas a las que se enfrenta el arquitecto hacen necesaria la utilización máxima de los recursos con los que cuenta.

Los sistemas que utilizan pasivamente la energía solar proveen una posibilidad interesante al diseñador para resolver ciertos problemas de diseño arquitectónico donde las necesidades energéticas y de economía son importantes.

Pero... que son sistemas pasivos?

Un sistema en donde la energía fluye dentro de él por medios naturales tales como radiación, conducción, y convección natural. En esencia la estructura del edificio o algún elemento de él ES el sistema.

Podemos clasificar todo tipo de sistemas de funcionamiento de un edificio en tres grupos:

1. Sistemas Activos.
2. Sistemas Pasivos.
3. Sistemas Híbridos.

Los sistemas **ACTIVOS** emplean algún tipo de equipo mecánico en su funcionamiento. En la formación profesional, el arquitecto generalmente ha aprendido a resolver problemas de diseño mediante instalaciones especiales y equipo electromecánico. Si la temperatura interior de una edificación es demasiado fría, proponemos calefacción eléctrica. Si hay demasiado calor en un local, nos decidimos por un sistema de aire acondicionado. Si los niveles de iluminación son demasiado bajos, inmediatamente incrementamos la cantidad de luminarias en un espacio o aumentamos su potencia. Pero no todos los casos se pueden resolver satisfactoriamente a base de máquinas o equipo, que si bien son muy útiles en ciertos casos, en otros su uso puede no estar totalmente justificado.

Los sistemas PASIVOS, por otra parte, recogen y distribuyen la energía por medios no-mecánicos, es decir, NATURALES.

Es la forma natural de usar la energía.

La diferencia primordial entre ambos tipos de sistemas es que el pasivo trabaja esencialmente a base del aprovechamiento natural de la energía que existe en el ambiente próximo a la edificación, mientras que un sistema activo tiene que recurrir al transporte de algún tipo de energía del exterior (electricidad, por ejemplo).

Un caso práctico del uso de una estrategia pasiva en el diseño sería, por ejemplo, la de bajar la temperatura de un espacio mediante la ventilación natural. La estrategia activa, en este mismo caso, sería utilizar extractores o ventiladores eléctricos para lograr el mismo objetivo.

Que ventajas se obtienen al usar estrategias pasivas?

Muchas se mencionan en la literatura, pero entre las principales se encuentran las siguientes:

1. ECONOMIA.
2. EFICIENCIA.
3. CONFORT.
4. SIMPLICIDAD.
5. ATRACTIVO COMERCIAL.
6. PREFERENCIA.
7. SEGURIDAD.

ECONOMIA.

Los sistemas pasivos utilizan la energía natural del ambiente, lo que representa un ahorro para el usuario. Tratamos de economizar en energía comercial, reduciendo así costos de funcionamiento.

Ahorraremos energía, y por lo tanto, dinero.

En las regiones donde es común el uso de aparatos electromecánicos, las consideraciones económicas son el factor motivacional más importante para la implantación de estrategias del uso pasivo de la energía solar. Aún cuando la conservación de la energía y la autosuficiencia se consideran como factores de primera importancia, el aspecto económico juega un papel relevante. En un estudio realizado hace unos cuantos años en los E.U. (Zentuer, 1983) se encontró que la razón principal en la decisión de utilizar sistemas pasivos fué el incentivo económico, según lo muestran los resultados de la la Tabla I.1:

TABLA I.1

RAZONES PARA ESCOGER CASAS HABITACION QUE INCORPORAN SISTEMAS PASIVOS DE ENERGIA SOLAR.

<u>RAZON:</u>	<u>PORCENTAJE:</u>
Ahorro en gastos: Economía	96 %
Sensación Sol/Cálido	82 %
Gusta el diseño	79 %
Ahorra los recursos	75 %
Uso de fuentes alternativas de energía.	43 %
La mejor casa que se encontró	14 %
Otros	25 %

(Zentuer, 1983)

Si bien estos resultados pueden no aplicarse en su totalidad a circunstancias como la de nuestro país, observamos que el interés económico juega un papel primordial para la elección de sistemas pasivos de energía solar en los diseños arquitectónicos.

Las formas naturales en la administración de la energía son generalmente las más baratas inicial y posteriormente. Ahorramos recursos con el paso del tiempo y su mantenimiento es mínimo. Al no tener un número grande de piezas móviles, el desgaste y la reposición de refacciones es infinitamente menor.

Los costos de calefacción o enfriamiento de una edificación pueden ser fácilmente reducidos. Muchas de las formas de economizar energía son gratuitas: para ahorrar en calefacción, por ejemplo, se pueden cerrar o sellar las fugas de aire caliente tales como son los registros de ventilación y chimeneas, cerrar las habitaciones deshabitadas. En el caso de la refrigeración, se podría evitar el uso de equipo mecánico y abrir ventanas para permitir que la ventilación natural reduzca la temperatura.

Otras modificaciones no son gratuitas, pero sí económicas: implican un gasto inicial que al final de cuentas se pagará con el mismo ahorro. La mayor parte del calor de un edificio se pierde por conducción (a través del techo o de las paredes) o por infiltración (el aire caliente escapa siendo reemplazado por aire frío). La adición de materiales aislantes en las ventanas durante la noche, así como en muros y techos, puede ser una opción interesante. El plantar una barrera de árboles o arbustos como protección contra el viento podría evitar la pérdida de energía calorífica de una edificación situada en una zona fría, y por lo tanto minimizará los costos de calefacción eléctrica.

Existen muchas otras formas de economizar, pero la manera más sencilla es diseñar nuestro edificio correcta y naturalmente desde el principio.

EFICIENCIA.

Utilizando estrategias naturales nuestros diseños serán más eficientes.

El desperdicio de energía debido a estrategias mal orientadas puede ser reducido y hasta eliminado. Seguramente cada uno de nosotros ha desperdiciado energía aún sin saberlo o sin darse cuenta. Cuando se desea iluminación en el área oscura de una casa, lógicamente se recurre a encender un foco. Lógico? No será mas bien un hábito? Alrededor del 95 % de la energía que consume un foco "normal" (del tipo incandescente, de tungsteno) se desperdicia desde el punto de vista de iluminación, pues casi toda la energía se disipa directamente en forma de calor.

Si bien un aumento en la temperatura interior de una habitación puede no causar mayor malestar, en casos donde se requiere mucha iluminación, esto puede resultar incómodo. Sobre todo, si lo que deseamos es luz, estamos utilizando para este fin

solo la vigésima parte de la energía que gastamos, desperdiciando el resto.

Un proyecto que incorpore dentro de su diseño estrategias que aprovechan la energía de que se dispone naturalmente será por lo tanto más eficiente pues no tendrá que hacer uso de fuentes externas.

CONFORT.

Lograremos mayores niveles de confort.

Quizás una de las consideraciones más comunes a este respecto sería el de cuestionarse si en todos los casos de problemas de diseño el equipo mecánico nos proporciona un nivel satisfactorio de confort, o existen ocasiones donde una solución natural da un mejor resultado.

Hay quienes consideran que los sistemas activos comunmente utilizados (aire acondicionado, luz artificial) no son la solución óptima a los problemas de control de temperatura o iluminación. Por ejemplo, el tono azul-verde de la luz fluorescente que se tiene generalmente en algunos edificios de oficinas resulta poco agradable (y poco favorecedora) para el trabajo cotidiano. El ser humano está acostumbrado a ver con una luz de una mayor gama cromática como la que proporciona la iluminación natural, obviamente trae como consecuencia que esta luz blanca sea más agradable. Los sistemas naturales pueden ser aplicados de una manera exitosa siempre y cuando se cumplan con ciertos lineamientos de diseño.

SIMPLICIDAD.

Una de las grandes ventajas en el uso de estrategias pasivas es su simplicidad. Una vez entendidos los conceptos básicos de funcionamiento, los sistemas pueden ser fácilmente diseñados y manejados.

ATRATIVO COMERCIAL.

Las edificaciones que usan sistemas pasivos para la utilización de la energía solar son en general más atractivas

económicamente al momento de comercializarlas, comparadas con aquellos diseños que fueron hechos de la manera convencional, si se explica, claro está, esta ventaja al usuario.

PREFERENCIA.

A menudo los sistemas pasivos en la utilización de la energía son mucho más atractivos para cierta gente. Curiosamente se cita en la literatura que esta preferencia generalmente se da, cuando menos en los países desarrollados, en gente con vocación o gustos artísticos y en personas con una educación mayor a la promedio. Los usuarios con frecuencia comentan que sienten que hacen "vivir" su casa. La mayoría de los ocupantes de casas habitación que utilizan estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar en el sur de los E.U., por ejemplo, han cursado carreras universitarias y aún posgrados. De ello se deduce que, por lo menos en ciertas circunstancias, aquellos que han tenido la oportunidad de alcanzar una educación superior son generalmente más abiertos a las tecnologías especulativas o avanzadas, y además, integran los grupos sociales que usualmente tienen posibilidades económicas para invertir en esas ideas.

SEGURIDAD.

Una consideración que parece obvia es que los sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía son mucho más seguros que los activos, debido a su funcionamiento natural. Algunas consideraciones sobre preocupaciones del efecto nocivo a la salud que pudieran tener ciertos materiales comúnmente utilizados en sistemas activos se comentarán en el caso introductorio 3.1.

Desde el punto de vista estadístico, cómo han funcionado las edificaciones que utilizan sistemas pasivos en su diseño? O visto de otra manera,

Cómo han respondido los usuarios cuando se les pregunta su opinión sobre las ventajas que se mencionan anteriormente?

La mayor parte de los usuarios de edificaciones que utilizan sistemas pasivos para el aprovechamiento de la energía solar no sólo están conformes con los diseños, sino que muestran una tendencia positiva hacia este tipo de proyectos. En los estudios antes mencionados (Zentuer, 1983; Katz, 1983) el 93 % de los

propietarios o usuarios de las casas habitación que involucran algún tipo de estrategias en sistemas pasivos, especialmente enfocados a la calefacción, sentía que los diseños que tenían sus edificaciones funcionaban como se había esperado, e incluso, superaban sus expectativas.

Desde un punto de vista general (considerando calefacción, enfriamiento, luz natural, etc.), el 67% de los usuarios reportaron estar "muy satisfechos", mientras que ninguno de ellos reportó estar "insatisfecho". Un listado de los problemas encontrados en este caso y su grado de seriedad se muestran en la tabla I.2.

TABLA I.2

GRADO DE SERIEDAD EN LOS PROBLEMAS DE APLICACION DE ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR.

<u>PROBLEMA</u>	<u>VALOR PROMEDIO.</u>
Goteras y fugas	0.89.
Habitaciones demasiado frías	0.74
Habitaciones demasiado calientes	0.59
Condensación en ventanas	0.44
Destefimiento (telas, alfombras)	0.41
Cubrir ventanas inclinadas	0.36
Deslumbramiento	0.26

NOTAS:

La escala de "Valor Promedio" percibido en la seriedad del problema fue evaluada según la escala 0 a 4, aumentado el grado de afectación al usuario, de la manera que se muestra en la siguiente tabla:

4. Intolerable.
3. Muy serio.
2. Serio.
1. Regular.
0. Ningún problema.

Adaptado de: Katz, M.A. "Passive Solar Energy in Arizona: Homeowners' Attitudes and Perceptions" 8th National Passive Solar Conference. American Solar Energy Society, Inc. Santa Fe, New Mexico, 1983.

Debe hacerse notar que ninguno de los encuestados percibió alguno de estos problemas como "intolerable", y cuando se promedian los valores percibidos de seriedad, la media nos ofrece un resultado que no llega al valor que considera al problema como "regular". Asimismo el problema al que mayor seriedad se le califica (las goteras y fugas) no puede ser enteramente atribuido al uso de un sistema nuevo de aprovechamiento de energía, y si en cambio podría ser un problema general de construcción en todas las casas, independientemente de que se usen o no sistemas pasivos de aprovechamiento de energía solar.

Entre las características generales de los usuarios de los estudios antes mencionado, y al menos de aquellos que han sido entrevistados, resaltan los de tener una educación superior a la del promedio, ser innovadores, poseer una buena situación económica, encontrarse dentro de un grupo que puede catalogarse como joven, tener preocupaciones por el medio ambiente, y de formar, en general, familias pequeñas.

En otro estudio similar (Zentuer, 1983) se evaluó el grado de satisfacción de los dueños y usuarios de hogares con sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar, y los resultados son sorprendentemente concordantes: la gran mayoría de los entrevistados (97%) reportaron estar satisfechos o muy satisfechos con el diseño en general de su casa. Ninguna insatisfacción realmente seria fue encontrada en el estudio.

Cuando los usuarios han sido entrevistados sobre las molestias que pudieran tener con este tipo de construcciones comparadas con las convencionales (McLain, 1983) no es frecuente encontrar respuestas que pudieran dar la pauta hacia un patrón consistente, pues los problemas usualmente son mínimos o de poca importancia. Un problema que fué citado, por ejemplo, consiste en la frustración creada cuando un día soleado se nubla rápidamente y no hay nadie en la casa que pueda (o sepa) ajustar las persianas de control de radiación solar.

En general los entrevistados en este estudio no consideran ninguno de estos incidentes como problemas serios, y tampoco ciertamente como razón para cambiar al tipo convencional de casa. Las tendencias son, por mucho, más frecuentemente positivas que negativas, aún en sociedades donde, por circunstancias económicas y climáticas, el confort térmico y lumínico puede ser ajustado automáticamente por medio de equipos eléctricos (termostatos, por ejemplo).

Muchas de las personas reportan haber recibido beneficios y satisfacciones inesperadas al entender y usar estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar. En climas fríos, por ejemplo, el sentimiento más grato que se reporta es el del confort físico y psicológico que se logra al utilizar medios naturales de control térmico (casi la totalidad de las casas tienen un lugar para descansar cerca de la chimenea o en la parte que recibe calor radiante del Sol).

Una ventaja adicional que se menciona es la de operación silenciosa del sistema, cuando se les compara con sistemas activos, que son en general ruidosos.

En los dos estudios antes mencionados, hechos sobre un número mediano de casas habitación (27 y 28 casos) se encontró que los ocupantes se distribuyen en un amplio rango de edades, aunque la mayoría de los usuarios son relativamente jóvenes. Esto parece indicar que los sistemas pasivos de aprovechamiento de energía solar, aún cuando parece ser tecnología "moderna", tiene un atractivo general y no está restringido sólo a usuarios jóvenes.

Si bien estos estudios muestran las actitudes positivas de habitantes de países con características muy definidas, sería válido entonces el preguntarse si esas actitudes son similares en

un país como el nuestro. En un estudio realizado por el autor (Reyes, 1989) sobre esta cuestión, se obtienen resultados sumamente interesantes. Las evaluaciones de la seriedad de los problemas comentados por Katz en su estudio del sur de los E.U. se presentan a continuación, ahora calificados por los usuarios de casas "solares" en la región central de México (bajo la misma escala de 0 a 4):

TABLA I.3

GRADO DE SERIEDAD DE LOS PROBLEMAS DE APLICACION
DE ESTRATEGIAS SOLARES PASIVAS EN MEXICO.
(Promedios de los grupos considerados en el estudio, 1987)

<u>PROBLEMA</u>	<u>VALOR PROMEDIO.</u>
Goteras y fugas	0.976
Habitaciones demasiado frías	0.178
Habitaciones demasiado calientes	0.228
Condensación en ventanas	0.065
Desteñimiento (telas, alfombras)	0.440
Cubrir ventanas inclinadas	0.752
Deslumbramiento	0.172

Tomado de: Reyes Reynoso, Raúl. Tesis Doctoral.
Cap. IV, Parte 4.
UNAM, 1989.

Una conclusión obvia al analizar los resultados de ambos estudios es que, aun siendo evaluaciones obtenidas de grupos en diferentes circunstancias (climáticas, políticas, educativas, sociales, económicas, sólo por nombrar algunas), existen coincidencias impresionantes. Notamos que ninguno de los promedios mencionados alcanza un nivel de situación problemática "mediana", y por lo general, quedan dentro del rango del calificativo "muy ligero" a "no existente". Asimismo existen coincidencias interesantes en los valores atribuidos por los encuestados de los dos países a algunos problemas: el desteñimiento de telas y alfombras (0.41 y 0.44), deslumbramiento

(0.26 y 0.172). En otros la variación es mucho mayor, como en la consideración del posible problema de tener habitaciones demasiado frías (0.74 y 0.178). Es evidente que en este caso particular la variación es debida precisamente a la diferencia de los rigores climáticos de las regiones que habitan los usuarios de cada estudio.

Como conclusiones se podrían mencionar que la gravedad de los problemas asociados con el funcionamiento de los edificios que incorporan sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar se puede calificar como prácticamente nula, y en el caso de haber problemas, éstos son de una seriedad mucho más baja cuando se les compara con los que comúnmente se encuentran en los diseños convencionales. Las ventajas que ofrece el utilizar estrategias solares pasivas exceden, significativamente, el esfuerzo necesario para aprenderlas y aplicarlas.

Qué debemos hacer para aplicar estas estrategias?

El principal cambio es de ACTITUD.

Consideraremos que con un poco más de esfuerzo diseñaremos mejores proyectos, lo cual dará al arquitecto mejor preparado mayores oportunidades de trabajo y desarrollo profesional. Para permanecer competentes en los años futuros debemos tener por lo menos el conocimiento básico sobre estos temas.

Nuestras técnicas de diseño natural serán parte integral de nuestros proyectos.

El concepto principal en el uso de estrategias pasivas es dejar que la naturaleza opere nuestro sistema para reducir al mínimo el equipo mecánico. La manera en que podamos maximizar la ayuda que prestan los procesos naturales a nuestro diseño estará sólo limitada por nuestra imaginación.

Las energías naturales que calientan y enfrían; agregan, retienen o quitan humedad al ambiente, pueden muy bien aprovecharse distribuyéndolas de la manera que logren nuestro mayor confort. Ya que el clima no se va a adaptar a nuestras necesidades, nuestros diseños aprovecharán lo bueno de los cambios.

Podremos evaluar la efectividad de nuestros diseños?

Claro ! Muchos son los enfoques que podemos usar: gráficas, esquemas, métodos numéricos, etc., todos ellos muy accesibles, y que nos proporcionan el instrumento para tener una evaluación objetiva del funcionamiento de nuestras estrategias.

Conoceremos las reglas básicas generales para resolver algunos problemas de diseño. No son los únicos. Habrán algunos otros que sean más exactos, pero en estos casos preferimos la simplicidad a la exactitud en esta guía.

El trabajo que se realice será, sin embargo, un buen comienzo para la persona que quiera introducirse al conocimiento de los sistemas pasivos que aprovechan la energía solar. Para los interesados que desean profundizar sobre ciertos temas, podrán referirse a la bibliografía básica de consulta que se encuentra al final de este escrito.

"Trataremos de proporcionar a los usuarios de nuestras edificaciones de ambientes interiores confortables, gastando el mínimo de energía, utilizando únicamente disposiciones meramente arquitectónicas."



1.3. BREVE PANORAMA HISTORICO.

Un conocido refrán dice que no existe nada nuevo bajo el Sol. Esto es particularmente cierto en el caso de los usos pasivos de la energía solar en la Arquitectura. La historia de las aplicaciones de estrategias pasivas de la energía solar es larga. Su estudio sistemático, por otro lado, es corto si se le compara con la duración de la aparición del hombre.

El termino "pasivo" fue citado por primera vez por R. Banham en el libro "Arquitectura del Entorno Bien Climatizado" (Architecture of the Well-Tempered Environment) y posteriormente citado por S. Szokolay en 1967. El término fue reinventado por B. Rogers en 1975 (Hernández, 1984). Los estudios, pues, son relativamente recientes. La historia, por otro lado, es larga.

Entre las tecnologías de aprovechamiento de la energía solar, las estrategias pasivas son las más antiguas. Si consideramos que dentro de las citadas estrategias no sólo se encuentran métodos para lograr un ambiente térmico agradable, sino que existen muchas otras que se encuentran directamente relacionadas con el Sol, veremos que las antiguas civilizaciones utilizaban métodos para su aplicación (concientes o no de que éstas eran estrategias de diseño).

En China, por ejemplo, en los años 3000-3500 a.C., se orientaban los pueblos hacia el Sur para poder aprovechar la radiación solar en invierno (algunas de estas prácticas se investigan y comentan en Butti & Perlin, 1980).

En el antiguo Egipto se conocían y aplicaban los principios básicos de diseño para lograr una precisa iluminación natural, sin desaparecer de las características de adecuación climática de sus construcciones. Los templos egipcios son un ejemplo palpable de la utilización de algunas estrategias pasivas. El tamaño de las aberturas estaba naturalmente limitado por las restricciones de claros desde el punto de vista estructural, por el uso de la piedra en sistemas de trabe y columna. Pero además la misma textura y espesor de los muros servía al doble propósito de suavizar y difundir la luz directa solar al tiempo que proveía almacenamiento por medio de masa térmica reduciendo los drásticos cambios de temperatura característicos de los climas desérticos (Moore, 1985).

En algunos grandes templos la luz era introducida por medio de ventanas especialmente diseñadas y adecuadas con elementos para suavizar la iluminación. En algunos otros, la luz llegaba al interior a través de aberturas en los techos o en los muros laterales, aparte de las entradas normales a los edificios. En el Gran Templo de Ammón, en Karnak, la cantidad de luz se administraba intencionalmente para crear ambientes propicios a los ritos (ver figura 1.4).

A este respecto comenta Pignatari (1983): "...observamos, por la planta, que a medida que se camina hacia el santuario, la luz se va haciendo más escasa, más rara: a cielo abierto es el patio; con persianas de piedra, la sala hipóstila; cerrados, los laberínticos recintos que llevan al santuario. ... Aquí, luz y no-luz son signos ideo-teológicos del poder, combatiendo en el ámbito de la arquitectura".

No tenemos documentos físicos que comprueben históricamente los conocimientos de los antiguos egipcios sobre estos temas; sus obras, lo que queda de ellas, son la referencia básica con la que contamos. Habrían de pasar algunos siglos más para que se documentaran las estrategias de diseño arquitectónico por escrito.

Las referencias escritas que primero se mencionan (Concheiro, 1985; Butti, 1981) se dan en la antigua Grecia, por el siglo V a.c., cuando, Aristóteles, Jenofonte y Esquilo establecen los principios básicos del aprovechamiento natural del fenómeno de las estaciones del año y la orientación correcta de las edificaciones para provecho de los usuarios.

Jenofonte (444-354 a.c.), escritor griego nacido en Corinto, en Memorabilia, un escrito para la defensa de la memoria de su maestro Sócrates, comenta lo siguiente:

"Una vez cuando él (Sócrates) comentaba sobre las casas, que la belleza y la utilidad eran lo mismo, estaba dando una lección en el arte de construir casas de la manera como deberían de ser. Enfocó el problema como: "No es cierto que el tener el tipo adecuado de casa sería tanto útil como placentero para vivirla?"

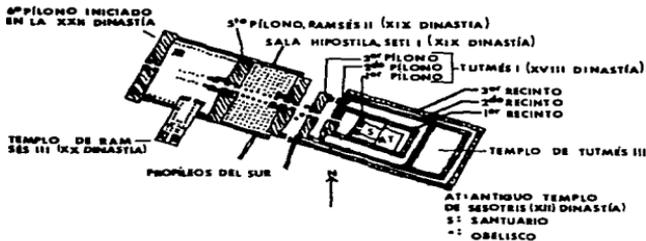


FIGURA 1.4: GRAN TEMPLO DE AMMON, EN KARNAK

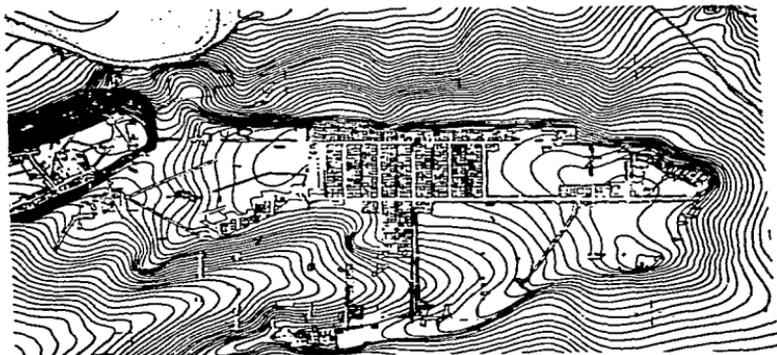


FIGURA 1.5: OLYNTHUS, GRECIA. (432 A.C.)
ILUSTRACIÓN DE LA PLANTA ORTOGONAL DE LA CIUDAD. TODAS LAS CONSTRUCCIONES SE ORIENTABAN HACIA EL SUR.

Y siendo ésto admitido, "Es placentero," preguntó, "el tenerla fresca en verano y caliente en invierno?"

Y cuando todos estuvieron de acuerdo en también ésto. "Ahora, en las casas con una exposición hacia el Sur, los rayos solares penetran los pórticos durante el invierno, pero en verano, estando menos inclinados, nos permiten tener sombra. Si entonces, éste es el mejor arreglo, debemos construir el lado sur más elevado para captar el Sol durante el invierno, mientras que el lado norte será más bajo para evitar los vientos fríos".

Memorabilia.
Libro III, Cap. VIII.

Hacia el siglo V a.C. tanto la madera como el carbón eran escasos en Grecia. Estos materiales eran importantes porque proporcionaban el combustible para quemar en los braceros que proveían de calor a las edificaciones. Al consumir la existencia de maderas de la Hélade, los griegos tuvieron que depender cada vez más de las costosas importaciones de Asia Menor y Rusia. Fué por ello que en esta época se hizo popular el aprovechar la energía solar para moderar los cambios térmicos del clima.

No sólo se intentaba que las casas particulares tuvieran una orientación prodominantemente hacia el sur, sino también ciudades enteras fueron trazadas considerando los distintos movimientos del sol. Un ejemplo claro de ello es la ciudad de Olinthus (figura 1.5). Situada en la parte superior de una elevación montañosa, las calles de la ciudad fueron trazadas ortogonalmente en direcciones norte-sur y este-oeste. Esta disposición permitía la orientación de las casas para que aprovecharan las distintas posiciones del sol en las estaciones del año. Los habitantes de Olinthus sabían que durante el invierno el sol parece moverse describiendo un arco bajo en la bóveda celeste, mientras que en verano su camino diurno es más vertical. Las casas habitación eran diseñadas de manera que pudieran hacer uso racional de estos movimientos; gran parte de la construcción estaba orientada hacia el sur con volados de dimensiones tales que permitían la entrada de los rayos solares en los meses de invierno mientras que los bloqueaba en la época de calor. La parte norte de las viviendas fue pensada con la estrategia de proteger la casa de los vientos fríos del norte y por lo tanto tenía, si acaso, pocas ventanas.

El uso de la energía solar en la antigua Grecia no encontró límites en las clases sociales que lo aprovecharon. Estrategias de aplicación las encontramos tanto en las habitaciones oficiales del Palacio Real de Pérgamo como en las casas más humildes de Olintus, de manera que se puede decir que ésta fue una preocupación importante de los diseñadores de arquitectura en esa época.

Los romanos por su parte, también aprovecharon las enseñanzas de los griegos. Como la población helénica, también la romana acabó con los recursos combustibles de su región. Cerca de la ciudad de Roma, Monte Cimino fue el origen de mucha de la madera consumida por la sociedad romana. Ya para el siglo I a.C. era necesario importar combustibles de regiones tan lejanas como el Cáucaso. Dos siglos después, hacia el siglo I d.C., los grandes señores podían gozar de la comodidad de la calefacción central (rudimentaria) que, sin embargo, podía consumir hasta cerca de 140 Kg de madera por día (Wade, 1983, p. 28). El interés por ahorrar recursos, especialmente económicos, hizo que los diseñadores se interesaran por las estrategias de diseño heredadas de la civilización helénica. Los diseñadores romanos no se limitaron a copiar las antiguas estrategias griegas, sino se atrevieron a investigar aún más sobre este tema.

Es en esta época cuando personajes como Vitruvio, Palladio y Faventino dieron gran relevancia a la correcta aplicación de estrategias para el uso de la energía solar en la construcción (ver, por ejemplo, el extracto de uno de los escritos de Vitruvio en el capítulo 2.2). Inclusive, según algunos autores (Butti, 1981), fueron los mismos romanos los que emplearon el vidrio en las ventanas para crear un sistema pasivo de almacenamiento de energía (el que ahora llamamos comúnmente el "efecto invernadero"), que si bien no estamos seguros de que conocieran los principios básicos de la teoría, por lo menos sabemos que conocían su aplicación práctica. Un buen ejemplo de ello eran las protecciones transparentes que se tenían en las termas y baños públicos para ayudar a mantener un ambiente caluroso en su interior. En los diseños previos, las termas tenían pequeñas aberturas en la piedra para dejar entrar tanto aire como luz. En un nuevo concepto, el baño que integraba estrategias solares, conocido como "caldarium", tenía grandes ventanales orientados hacia el suroeste, es decir, hacia la puesta del Sol en invierno. Además de ello contaba con ventanas hacia el sur con objeto de elevar la temperatura interior de la zona de baño.

No sólo en las obras públicas romanas se aplicaron las estrategias para el aprovechamiento pasivo de la energía solar. En algunas casas habitación se intentaba que las ventanas fueran orientadas hacia el sur. Por ejemplo, en la villa de un rico escritor, Plinio el Joven, el estudio de trabajo (llamado "heliocaminus") fue diseñado con una planta semicircular con ventanales de vidrio transparente o mica hacia el suroeste, para captar el calor del sol de invierno por las tardes.

El vidrio no era difícil de conseguir en Roma. La fabricación de este nuevo material estaba en auge, ya sea por el sistema de pulido de mica o selenita en láminas relativamente delgadas o por el proceso de vaciado de vidrio derretido en moldes. Otro proceso similar involucraba el soplado del vidrio derretido en forma de cilindros, a los que se les daba forma para después laminarlo con herramientas especiales. La técnica no resultaba demasiado rudimentaria para las necesidades de la época: se podían inclusive fabricar vidrios hasta de 1.00 m x 0.70m.

Para darse cuenta de la importancia que tenía en la antigua Roma el aspecto de la orientación de las construcciones, se menciona que durante el siglo II d.c. el derecho romano establecía ya como ofensa civil colocar obstáculos que impedirían la llegada de los rayos solares a edificios diseñados para tal fin.

Pero no sólo en las antiguas civilizaciones el aprovechamiento pasivo de la energía solar cobró importancia básica. Es ampliamente conocido el hecho de que en Medio Oriente las estrategias arquitectónicas para producir enfriamiento en las construcciones se han aplicado por siglos, sin que nadie haya podido precisar una fecha de inicio de su uso. Como ejemplo sólo mencionaremos uno de los muchos que se podrían dar: las torres de viento que aún hoy en día se pueden encontrar en países como Irán.

Las sociedades indígenas de todo el mundo, inclusive aquellas de América, dan muestras fecientes del conocimiento de algunas estrategias de aprovechamiento natural de la energía y su aplicación práctica. Las culturas indígenas del suroeste de los E.U. legaron edificaciones en las que se aplican sistemas pasivos para su acondicionamiento térmico.

En Europa durante la Edad Media, prácticamente un milenio después de la caída de Roma, fueron olvidados los principios de calefacción por medio del aprovechamiento de los rayos solares que se pueden canalizar a través de las ventanas. Según las palabras de Butti (Wade 1983) "Los escritos de Arquitectura Solar de los griegos y los romanos cayeron en desuso... Las grandes áreas de vidrio pasaron de moda; no se podían conseguir, ni eran prácticas o eran demasiado costosas". Las pocas aplicaciones que en esa época se dieron incluían sólo el uso del vidrio como elemento para lograr una iluminación natural relativamente satisfactoria en algunos espacios, especialmente los religiosos.

Durante el renacimiento el interés de los Arquitectos en los sistemas de diseño clásicos reapareció, y con ello se redescubrieron algunas de las aplicaciones griegas y romanas del diseño solar, aunque entendidas de una manera poco práctica. Los arquitectos tomaban la forma, y descuidaban la función. El estilo era lo importante. Grandes ventanales se orientaban hacia el norte o a cualquier otra dirección sin la preocupación de saber si captaban la radiación solar. Estas edificaciones se transformaron a menudo en grandes congeladores para los cuales había que encauzar recursos energéticos (y económicos) para poder habitarlos.

El advenimiento de los siglos XIX y XX hizo que la preocupación por algunas técnicas de diseño se diera en la mente de algunos arquitectos. El siglo XIX veía el desencadenamiento de la Revolución Industrial especialmente en Europa, y con ello el desarrollo de grandes construcciones habitacionales para los obreros. Es cierto que lo que provocó esta preocupación de mejora no fue una conciencia de un diseño apropiado o de ahorro de recursos. Las unidades habitacionales para los trabajadores no reunían las condiciones mínimas de espacio, higiene o diseño para mantener un nivel satisfactorio de vida. Las edificaciones a menudo resultaban ser espacios cerrados, sin ventanas, ordenados de manera que se aprovechara el espacio al máximo sacrificando ventilación y soleamiento. Las epidemias no se hicieron esperar. Algunas de las enfermedades (cólera, viruela, fiebre tifoidea, y tuberculosis) resultaban mortales, en gran parte debido a la falta de sol en las viviendas, y los médicos de la época empezaban a entender la acción gerálica de los rayos ultravioleta del sol. Las industrias empezaban a resentir los problemas de sus empleados, y tanto la amenaza de una epidemia de alguna de estas enfermedades en las zonas económicamente acomodadas como los daños económicos a la producción hicieron que se presionara al gobierno a establecer lineamientos mínimos de diseño para evitar estos males.

Ya para principios del presente siglo la mayoría de los gobiernos europeos habían establecido normas legales para la protección de los habitantes de las zonas fabriles. Los arquitectos empezaron a preocuparse por las normas de diseño que resolverían los problemas surgidos por falta de planeación. Los cambios no se dieron de una manera instantánea. Aunque el enfoque era básicamente científico, había mucho por redescubrir. Como reacción inmediata al diseño urbano ortogonal que había sido la base de desarrollo del sistema de edificación de unidades para obreros, se impuso el diseño de plantas que evitaban todo ángulo recto. Esto llevó a los arquitectos a tratar de resolver algunas consecuencias poco favorables, tales como orientaciones inconvenientes.

Quizás una de las primeras nociones que se adquirieron fue el conocer que para las latitudes más septentrionales, la orientación hacia el sur era óptima para captar tanto el efecto germicida de los rayos solares como su efecto calefactor. Hubo varios arquitectos interesados en esto, aunque sus aplicaciones reales a la construcción fueron muy limitadas. Entre los primeros diseñadores que comenzaron a delinear normas de diseño a nivel urbano que integraran usos pasivos de la energía solar se encuentra los franceses Augustin Rey y Tony Garnier.

Habría que esperar hasta después de la Primera Guerra Mundial para que Alemania se viera presionada por falta de combustibles y dificultades económicas rigurosas. El desarrollo de proyectos que evitaran o redujeran en lo posible el consumo de energéticos se volvió una prioridad en el ámbito habitacional. La vivienda era escasa, de manera que se enfocaron los esfuerzos a la construcción de unidades habitacionales, aunque con un nuevo diseño. Anteriormente reinaba el concepto de edificación de vivienda con orientaciones hacia los cuatro puntos cardinales. El que hubiera orientaciones mejores que otras no resultaba relevante, simplemente era una característica que resultaba imposible evitar. Es en este momento cuando Walter Gropius, uno de los pioneros en nuevas estrategias de diseño, propone la construcción en bloques paralelos donde cada vivienda pueda sacar provecho de las mejores orientaciones. En un principio las orientaciones elegidas no fueron las óptimas desde el punto de vista solar, pues se vieron influidas grandemente por el factor económico, donde se trataba de acomodar la mayor cantidad de bloques en el espacio mínimo. La situación mejoró notoriamente cuando se descubrió que, aun sacrificando una mayor superficie de terreno, era necesario sacar provecho de las orientaciones hacia el sur.

El diseño que aprovechaba la energía solar no se limitó a construcciones de unidades habitacionales en Alemania. Ya para la tercera década de este siglo, el arquitecto alemán Hugo Haring saca provecho de los movimientos estacionales del sol en casas habitación unifamiliares, muchas de ellas con orientación francamente hacia el sur (figura 1.6). Los grandes ventanales hacia el sur permitían el acceso de los rayos solares en invierno, mientras que en verano toldos móviles eran utilizados para bloquear la entrada de calor en la vivienda. La aberturas hacia el norte resultaban mínimas si es que existían.

Por otro lado, en nuestro continente, algunos pasos se tomaban para considerar los efectos de los rayos solares en los edificios. El arquitecto estadounidense William Atkinson, después de realizar estudios de sombras proyectadas por los primeros altos edificios de la ciudad de Boston, consigue que se acepte una ley restringiendo las dimensiones verticales de las construcciones sobre una base de soleamiento. En 1912 publica un trabajo que trata sobre sus experiencias en diseño solar, pero el interés de los arquitectos en ese momento no fué grande y eventualmente cae en el olvido. La arquitectura solar queda estancada en los E.U. por lo menos por dos décadas.

Las publicaciones hechas en Europa por arquitectos, y especialmente por la sociedad de arquitectos en Inglaterra (Royal Institute of British Architects) sobre sus experiencias en estos campos hacen renacer el interés en el continente americano. George Fred Keck empieza a poner en práctica algunas de las recomendaciones sobre estrategias de diseño solar, en lo que él llama la "Casa del Futuro" (figura 1.7), comisionada a Keck para ser construida para la Feria Mundial de Chicago. La construcción íntegra en su parte exterior, en un gran porcentaje, el uso de vidrio (más por forma que por función).

Keck experimenta con el uso del vidrio en sus proyectos por siete años después de su experiencia con la Casa del Futuro (que resultó captar demasiado calor en ocasiones). En 1940, planea la casa para Howard Sloan, fraccionador en Chicago. Las orientaciones principales eran hacia el sur, con los volados precisos para controlar la entrada de sol durante el verano. Sloan muestra su casa al público para conocer la opinión general de la gente, y es cuando se le nombra a esta construcción "Casa Solar", término utilizado por vez primera de manera oficial. Sloan estuvo tan gratamente impresionado que decidió iniciar el desarrollo de un fraccionamiento que integrara sistemas pasivos de energía solar en varias "casas solares". Este conjunto, llamado Solar Park, se convierte en el primer fraccionamiento que incorpora estrategias solares en E.U. (y quizás en toda América).

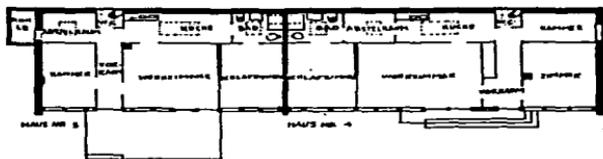
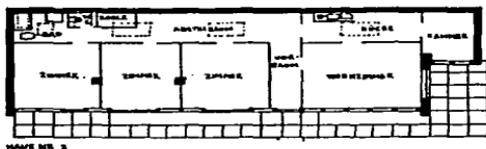
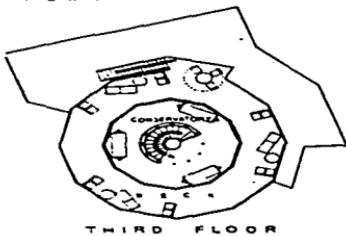
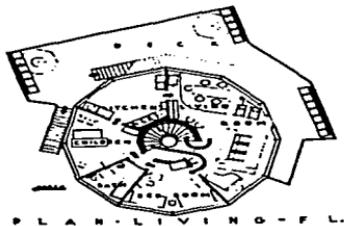
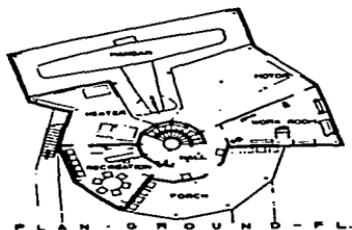


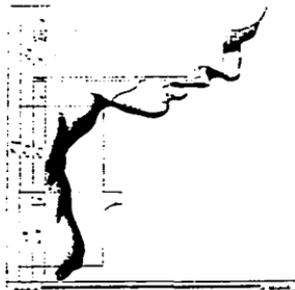
FIGURA 1.6: PLANTAS ARQUITECTÓNICAS PARA CASAS UNIFAMILIARES DISEÑADAS POR HUGO HARING (BERLÍN, ALEMANIA, 1932).

FIGURA 1.7: "CASA DEL FUTURO" POR FRED KECK (FERIA MUNDIAL DE CHICAGO 1933).



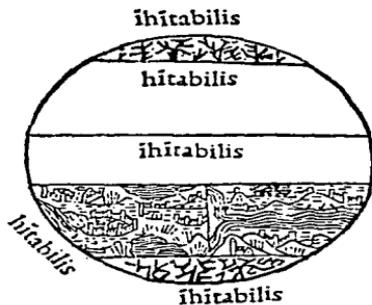
Los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial vieron el desarrollo del diseño y la construcción de edificaciones que integraban estrategias solares. Si bien los estudios sobre temas relacionados con captación y distribución de energía en las casas continuaban realizándose, existían algunos problemas. Muchas veces los reportes que se hacían por parte de los arquitectos en forma individual resultaban contradictorios, y la información no era precisa. Surge en esta época la investigación organizada independiente, realizada en gran parte con fondos de instituciones académicas o comerciales, y que erigen los cimientos de los que los estudios serios son hoy en día.

Esta es una visión breve del desarrollo de las aplicaciones de energía solar a la Arquitectura, y su redescubrimiento periódico. Sería largo enumerar ejemplos de aplicaciones de estrategias por distintas culturas a través de las etapas de la historia. Para algunos, por ejemplo, sería una sorpresa conocer el manejo de la iluminación natural en los impresionantes vitrales de las catedrales europeas del periodo gótico, o los sutiles juegos de luces en los templos de la época moderna. Lo cierto del caso es que las estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar han sido utilizadas prácticamente en toda la historia de la humanidad y en todos los rincones del mundo. La investigación científica sobre estos temas es algo relativamente reciente. El interés por su estudio y aplicación práctica renació en este siglo, y se ha visto aumentado por la necesidad de ahorro en los recursos tanto económicos como energéticos de los últimos años.



CAPITULO 2.

ELEMENTOS CLIMATICOS.



2.1. CASO INTRODUCTORIO.

LA ARQUITECTURA ISLAMICA COMO ADECUACION CLIMATICA.

La arquitectura del Islám representa un ejemplo interesante de respuesta a un tipo de clima árido. El clima árido desértico podemos describirlo como extremadamente seco, con una temperatura media muy alta, con variaciones térmicas extremas, que cuenta con abundante radiación solar, y ocasionalmente con vientos que pueden arrastrar partículas de polvo (Golany, 1984).

En general, la arquitectura nativa del Islám muestra una buena adaptación a las condiciones climáticas del desierto. A continuación mencionaremos algunas de sus características.

La distribución del espacio y el número de muros de la edificación juega un papel importante en el diseño de la arquitectura propia de este clima: se busca el máximo de espacio interior con el mínimo de superficie expuesta en la envoltura exterior. Esto lleva en ocasiones a la construcción de viviendas semienterradas o la tendencia de juntar las casas unas con otras para compartir muros comunes y evitar intercambio térmico entre el exterior y el interior.

Las características propias de los muros (tales como el material, el espesor y los recubrimientos) son otra forma de adaptación al medio desértico. El espesor de los muros proporciona la masa térmica que evita variaciones bruscas entre las temperaturas interiores del día y de la noche. El material con el que están fabricados los muros usualmente es obtenido en lugares cercanos a la construcción, pero que cuenta con la característica de ser un eficiente almacenador de energía térmica.

Estas técnicas, aunque económicas y sencillas, no deben de ser subestimadas. Varios intentos de estudio de comportamiento térmico de las edificaciones se han hecho sobre estos sistemas y los resultados son sumamente halagadores. La figura 2.1 muestra la gráfica de las variaciones térmicas durante el día en una zona desértica de dos muros de 20 cm de espesor, uno hecho de barro seco (adobe) y otro de concreto (Izard, 1983). El muro de adobe muestra una admirable adecuación al permanecer dentro de la zona de confort en la gráfica. El muro de concreto, por otra parte, tiene variaciones de temperatura mucho mayores.

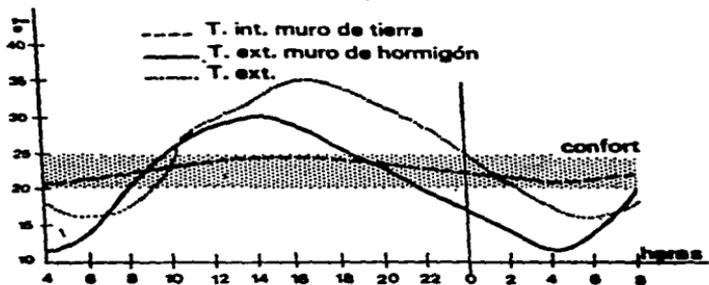


FIGURA 2.1: GRÁFICA DE LAS VARIACIONES EN TEMPERATURA DURANTE EL DÍA EN EL DESIERTO (MATMATA, TÚNEZ) PARA DISTINTOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS, COMPARANDO MUROS DE 20 CMS. DE ESPESOR. (Izard, 1983).

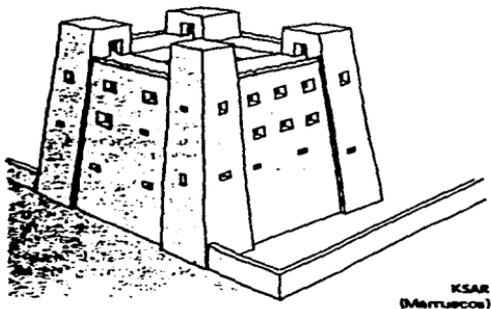


FIGURA 2.2: USO DE HUECOS PARA PROPICIAR EL ENFRÍAMIENTO DE LOS ESPACIOS.

Debido a que la temperatura media en estos climas es sumamente alta, la disposición de los muros en la edificación desértica busca lógicamente la menor exposición a la radiación solar y la máxima emisión calorífica. Un elemento arquitectónico que surge como respuesta a estas necesidades es el patio estrecho de la arquitectura islámica. Este no sólo funciona como pozo de luz sino como regulador térmico: el aire fresco no puede escapar por tener una mayor densidad que la del aire caliente, y por lo tanto se estanca enfriando los espacios adyacentes de la vivienda. Además los muros del patio también actúan como emisores de calor.

Los recubrimientos de colores en tonos claros tienen una mayor reflectividad, y por lo tanto una menor absorción de la energía calorífica emanada del sol. Como también estos recubrimientos emiten en el infrarrojo, son eficientes elementos de enfriamiento.

Además pueden existir elementos arquitectónicos que ayudan al enfriamiento de los espacios. Algunas ornamentaciones (huecos, protuberancias, etc.) pueden producir sombra sobre las paredes, teniendo como resultado un decremento de conducción térmica al interior de la vivienda (figura 2.2).

El uso de huecos hacia el exterior utiliza la ventilación natural para enfriar un espacio en caso de así desearlo. Especialmente interesante es el funcionamiento de las celosías islámicas ("mash rabiyyas") para proveer de ventilación al tiempo que se conserva la privacidad al espacio interior. Recordemos que la privacidad es un requerimiento importante dentro del programa de forma de vida musulmana (figura 2.3).

Otra razón para explicar la gran adaptabilidad de este tipo de vivienda al clima es la forma de habitarla. La organización interior es móvil, a diferencia de la costumbre occidental de habitar que es prácticamente fija. Nuestra forma de vivir una casa establece que, en general, un espacio es designado para un uso único. Una recámara, por ejemplo, permanece como tal, independientemente de los cambios climáticos. En la vivienda nativa islámica la distribución no es constante: existen desplazamientos dentro de la casa para lograr la óptima utilización de los espacios arquitectónicos adecuándose al nivel de confort que se pueda encontrar. Durante el día se ocupan los espacios inferiores y cercanos a los patios en sombra, tales

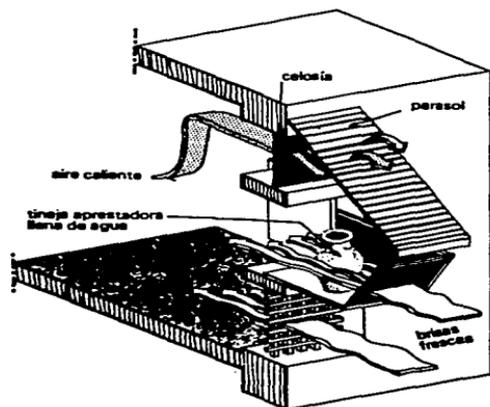
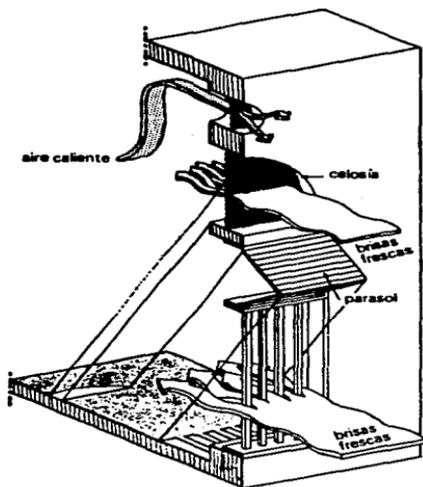


FIGURA 2.3: CELOSÍAS ISLÁMICAS EN IRÁN REGULANDO LOS FLUJOS EXTERIORES HACIA LA CONSTRUCCIÓN.

como galerías para comidas y cocinado, siesta y trabajo, todos en planta baja. Durante la noche es común dormir en la parte superior de la casa, más fresca, inclusive en terrazas, para evitar el calor acumulado durante el día. Contrariamente a lo que se podría pensar, las variaciones de temperatura en las edificaciones no son drásticas. Nótese, por ejemplo, los valores de temperatura en el muro de adobe de la primera gráfica de nuestro caso para las 8 y 10 de la noche: son prácticamente iguales a los de las 12 y 11 del día.

Otros sistemas menos simples funcionan en Medio Oriente, tales como las "torres de viento". Ellas hacen uso de las distintas velocidades y temperaturas del aire según sea su altura sobre el suelo. Las brisas que soplan más altas son en general más frescas, más rápidas, menos cargadas de polvo y más secas, lo cual nos dá la opción de humidificarlas en caso que ello se desee. Las torres de viento aprovechan estas brisas frescas para introducir las dentro de la vivienda y así lograr mejores niveles de confort.

La arquitectura nativa islámica es sólo uno de muchos ejemplos que se podrían citar en donde el diseño del edificio se apega bastante bien a los requerimientos climáticos. Hay muchos otros. Veamos algunos de los factores principales que influyen en el logro de un buen análisis climático referido a una buena solución de diseño arquitectónico.

2.2. CLIMA Y ARQUITECTURA.

"... los edificios estarán dispuestos adecuadamente si se han tenido en cuenta ante todo las orientaciones y las inclinaciones del cielo en el lugar donde se desea contruirlos; porque no deben de ser construidos de la misma manera en Egipto que en España, ni de la misma forma en el Reino Unido de Font que en Roma, y así siempre en relación a los países, porque hay algunos que están próximos al curso del Sol, y otros alejados del mismo, y otros que se encuentran entre ambos extremos. Al estar el aspecto del cielo inclinado de una forma distinta con respecto a los diferentes lugares, a causa de la relación que tienen con el Zodíaco y con el curso del Sol, es necesario disponer los edificios en relación a la diversidad de los países y de los climas."

Vitruvio.
Libro VI, 1.

Todos conocemos ejemplos de edificaciones que muestran una clara falta de adecuación al medio, que para remediar situaciones térmicas problemáticas hacen uso de sistemas activos de acondicionamiento del ambiente.

La preocupación por una adecuación de las edificaciones al clima no es algo nuevo. Desde los inicios históricos de la Arquitectura, esta ha sido una de las premisas de diseño primordial para los usuarios, y que se manifiesta básicamente en el "savoir-faire", el "saber-hacer", de los propios habitantes de una región, sustentado en un conocimiento intuitivo del clima.

El resultado final de una aplicación correcta de estrategias que respondan al clima donde se edificará el diseño dá como producto un verdadero regionalismo: cada proyecto se debe adaptar al lugar donde se va a ubicar.

Pero, cómo afecta el clima en el confort de nuestras construcciones?

clima: (del griego 'klima'). n.

Una integración en el tiempo de los estados físicos del ambiente atmosférico, característico de cierta localidad geográfica.

Qué elementos climáticos están directamente relacionados con aspectos que afectan el confort térmico humano?

La información climática que generalmente se puede obtener de los observatorios meteorológicos puede ser sumamente completa y diversa. El problema principal es decidir qué datos pueden ser útiles para nosotros como proyectistas y qué otros no son tan relevantes para nuestro trabajo. Lo que se trata de evitar es precisamente el llenarse de datos que a final de cuentas tienen poca aplicación y que complican el entendimiento del problema. Buscamos los datos básicos.

A continuación enumeraremos algunos de los aspectos que deben de ser entendidos antes de introducirnos en el ámbito del confort térmico humano.

ELEMENTOS CLIMATICOS QUE AFECTAN EL CONFORT TERMICO HUMANO.

1. TEMPERATURA
2. HUMEDAD.
3. PRECIPITACION.
4. NUBOSIDAD.
5. VIENTOS PREDOMINANTES.
6. RADIACION SOLAR.

TEMPERATURA.

Los registros meteorológicos han probado ser un invaluable instrumento para el arquitecto. También no cabe duda que estos registros pueden ser un altero interminable de hojas y números, y que para ser de utilidad práctica para nosotros, debemos de tomar en cuenta sólo aquellos valores que afecten nuestro diseño de una manera apreciable. Una buena opción es obtener la temperatura media mensual para cada uno de los meses, así como las medias máximas y mínimas.

La temperatura media mensual se obtiene de la media (es decir, el promedio) entre las temperaturas máxima y mínima diaria, y después calculando la media de las 30 medias diarias para el mes en estudio.

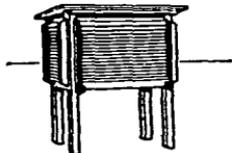
La máxima media mensual es sencillamente el promedio de las temperaturas máximas de los 30 días, mientras que la mínima media mensual, por analogía, es el promedio de las temperaturas mínimas de los 30 días del mes considerado.

En algunas situaciones podría ser útil conocer las temperaturas más altas y más bajas de cada mes, aunque generalmente ésta información no tiene una aplicación práctica para los fines que perseguimos.

En casos especiales, tales como cuando tenemos que obtener numéricamente el intercambio de calor en los edificios, se requerirá tener una idea general sobre las variaciones diarias de temperatura a intervalos de 3 o 4 horas. La forma de manejar esta información se verá más adelante. En caso de no existir registros de la temperatura por hora (o por intervalos cortos), podremos hacer uso de métodos gráficos para encontrar una correlación aproximada entre los valores máximos y mínimos de un lugar y así deducir los valores probables de temperatura durante el día y la noche.

Existen varias maneras de tomar la temperatura ambiente, pero la que es más común es la TEMPERATURA DE BULBO SECO (TBS), también llamada la "temperatura verdadera del aire", que frecuentemente se mide con un termómetro de mercurio. Es la temperatura "normal" que todos conocemos y la que da el reporte meteorológico. La lectura debe ser hecha a la sombra, con un termómetro colocado dentro de una caja con persianas de madera conocida como "Pantalla de Stevenson", a una altura sobre el piso entre 1.20 y 1.80 m. (ver figura 2.4)

Otra forma menos usual de medir la temperatura es mediante la llamada TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO (TBH), que es la temperatura del aire que resulta de la lectura de un termómetro cubierto con gasa o algodón mojado en agua, y que sirve básicamente para calcular la humedad relativa del aire. Al compararse las mediciones que se obtienen por medio de dos termómetros, uno de bulbo seco, y otro de bulbo húmedo, ambos en la misma situación, se verá que por el efecto de evaporación, la temperatura del bulbo húmedo será más baja. Esto es lógico de suponer porque la gasa, al evaporar agua de ella, requiere tomar algo de calor del ambiente y por lo tanto se enfría. Como mientras más seco sea el aire la evaporación será más rápida, las diferencias entre las dos lecturas son funciones de la humedad relativa del aire, que por lo tanto se puede deducir. En otras palabras, si sabemos qué temperaturas medimos en determinado momento, tanto de bulbo seco como de bulbo húmedo, podremos calcular la humedad del ambiente. Claro, la mayoría de las veces ello no será necesario puesto que la humedad existente en el aire es uno de los datos que usualmente se encuentran dentro de los registros climáticos.



PREGUNTA : En que caso de humedad la Temperatura de Bulbo Seco y la Temperatura de Bulbo Húmedo serán iguales ? Es decir, en que condición de humedad se daría que las mediciones de TBS y de TBH sean las mismas? (Respuesta al final del capítulo).

FIG. 2.4 Pantalla de Stevenson

Para efectos de cálculo térmico, en ocasiones es conveniente considerar la TEMPERATURA RADIANTE MEDIA (TRM). Esta es la medida de la temperatura que se tiene por el efecto de la radiación (o absorción de ella) de los elementos que rodean a un individuo, y depende mucho de su posición específica en un lugar.

Para pocos, por ejemplo, es desconocida la sensación de "frío" cuando nos acercamos al vidrio de una ventana: nuestra piel está más caliente que la superficie del cristal, por lo cual nuestro cuerpo emite calor (y, por lo tanto, sentimos frío). El caso contrario también se da a menudo: un ejemplo común es el sentir el calor emitido por radiación de grandes superficies de concreto.

La Temperatura Radiante Media se mide con un Termómetro de Esfera que consta de un termómetro ordinario encerrado en una esfera de cobre pintada de negro mate por el exterior, y de unos 15 cm de diámetro. Si el aire es caliente y las superficies envolventes están frías, la esfera emitirá radiación, y por lo tanto la lectura será inferior a la temperatura del aire. En el caso contrario, si recibe radiación, la temperatura será más alta.

HUMEDAD

Existen básicamente dos formas de describir la humedad del aire en un lugar:

1. HUMEDAD ABSOLUTA (HA)
2. HUMEDAD RELATIVA (HR).

La humedad absoluta es la cantidad de agua que hay en una unidad de masa o de volumen de aire, generalmente expresada en gramos por kilogramo (g/K) o gramos por metro cúbico (g/m³).

La HUMEDAD RELATIVA (HR) es otra forma de medir la cantidad de agua en el ambiente: mientras aumenta la temperatura del aire, el contenido de agua que éste puede contener por unidad de masa o volumen también aumenta. La cantidad máxima de contenido de agua es llamada "HUMEDAD DE SATURACION" (HS), y lógicamente depende de la temperatura del aire. La humedad relativa no es más que la relación entre la cantidad real de agua que hay en cierta condición, comparada con la máxima que podrían contener a esa temperatura (es decir, comparada con la humedad de saturación). La humedad relativa generalmente se expresa en forma de porcentaje, y es útil porque da una indicación directa del potencial de evaporación. Esta relación la podemos expresar de la siguiente manera:

$$HR = HA / HS \times 100 (\%)$$

(1)

donde HR : Humedad Relativa.
HA : Humedad Absoluta.
HS : Humedad de Saturación.

PREGUNTA : Cuánto crees que nuestro cuerpo pueda evaporar en una situación en la que se tenga una humedad relativa cercana o igual al 100% ?
(Respuestas al final del capítulo)

Existe otra manera de expresar la humedad del aire, y ello es por medio de la Presión Total de Vapor (PV). La Presión Atmosférica está compuesta por la presión que ejerce el aire seco (Pa) más aquella que ejerce el vapor de agua (Pv), que es parcial, relación que se puede expresar de la siguiente manera :

$$PV = Pa + Pv \quad (2)$$

donde: PV : Presión Total de Vapor.
Pa : Presión que ejerce el aire seco.
Pv : Presión parcial que ejerce el vapor de agua.

La presión de vapor se mide, en el sistema mks. en Newtons por metro cuadrado (N/m²). Un Newton es una unidad de medida que equivale a 1 kg con una aceleración de 1 m/seg² (para la deducción de esta unidad, referirse a la sección de Unidades Básicas de Medición).

Para nosotros como diseñadores, que lecturas de humedad son útiles?

Generalmente con tener las cifras para las humedades relativas medias máximas y mínimas por mes es suficiente. Cuando no existan registros de este tipo se pueden tomar lecturas un poco antes del amanecer (cuando se supone la máxima humedad) y otra alrededor de las tres de la tarde (cuando se supone el valor mínimo).

PRECIPITACION.

El concepto de precipitación no sólo se refiere a la lluvia que ocurre en cierto lugar, sino que también incluye todo tipo de agua que la atmósfera deposita en el suelo: lluvia, nieve, granizo, hielo, rocío, escarcha, etc. Generalmente se expresa en mm/mes o en cm/día, donde los valores mensuales pueden dar una buena idea de las estaciones de lluvia y de la temporada de secas.

La lluvia máxima caída en 24 horas generalmente es sólo una guía útil para el diseño de drenaje de superficies exteriores (tejados, canales, etc) y en la mayoría de los casos no tiene una aplicación práctica inmediata para los análisis de aplicación de sistemas pasivos solares.

NUBOSIDAD.

La presencia o ausencia de nubes se puede expresar en diversas formas: en tanto por ciento, en décimas o en octas (unidad de medida que equivale a decir 'octavos') de cielo nublado. Por ejemplo, 50 por ciento, 5 décimas o 4 octas, son todos valores que indican que en cierto momento la mitad de nuestro cielo está cubierto por nubes. La manera más conveniente para nosotros es el uso del tanto por ciento como forma de expresar la nubosidad, puesto que éste es un factor que se puede aplicar directamente como corrección a nuestros cálculos, especialmente de insolación.

Con valores que expresen las condiciones del cielo por la mañana y por la tarde es suficiente para que el diseñador se dé una idea general sobre cómo la nubosidad afectará su proyecto arquitectónico.

VIENTOS DOMINANTES.

Los datos que nos interesan sobre los movimientos del aire son principalmente su velocidad (en metros por segundo (m/s) o kilómetros por hora (k/h) en el sistema mks) y su dirección a determinada hora del día. Las lecturas de viento son tomadas generalmente a 10 metros sobre el nivel del suelo en lugares donde no existan obstrucciones evidentes, y aún hasta 20 metros de altura en zonas urbanas (Melaragno, 1982). Es de suponer que las características propias del terreno afectarán el comportamiento del aire, y nosotros podemos aprovecharlas y aún alterarlas para beneficio de nuestros diseños.

El viento cambia constantemente de dirección y de velocidad. ¿Qué es lo que buscamos en los datos que tenemos a la mano?

Trataremos de encontrar las direcciones predominantes del viento a cierta hora del día, así como su fuerza. La hora es importante porque de ella dependen las características propias del movimiento del aire. Los cambios de dirección del viento con la hora del día no son poco frecuentes en muchas localidades. Un ejemplo de cambio de dirección y sentido del viento con la hora del día se da en la ciudad de Tucson, Arizona. Ahí la dirección del viento varía 180 grados dependiendo de la hora del día, cuando éste puede soplar en una dirección o en otra diametralmente opuesta. La ciudad se localiza en un nivel intermedio entre las zonas relativamente altas de la región (área montañosa y de Nogales) y la zona baja (área de Phoenix). Al iniciar el día, el aire se va calentando por lo que tiende a subir, soplando hacia cierta dirección. Al caer la noche, por otro lado, el aire se enfría, y por lo tanto tiene mayor densidad ("pesa más"), por lo que tiende a soplar hacia las partes bajas, en una dirección contraria a la que tenía durante el día. En este caso vemos que el cambio de sentido se da de una manera dramática en distintas horas del día, pero no sólo eso: la temperatura en cada situación puede ser distinta.

El movimiento y velocidad del aire son sumamente variables no sólo a nivel regional sino también a nivel local, por lo que es aconsejable el estudio de éstos parámetros dentro del contexto donde se ubicará el edificio.

Cómo graficamos las lecturas de los vientos?

Existen muchos métodos para mostrar la velocidad y dirección de los vientos predominantes. Algunos ejemplos se muestran aquí, pues se prestan útiles para visualizar, analizar y simplificar los datos disponibles en los registros meteorológicos.

La Figura 2.5 muestra una rosa de los vientos formada de la graficación de los movimientos eólicos predominantes en una región durante diez años (Izard, 1983). En la figura se puede observar el predominio de los vientos del noroeste y del este-sureste. Es importante notar que graficaremos los vientos según la dirección de donde provienen y no hacia donde soplan. Suponiendo que un observador se encontrara en el centro de la gráfica 2.5, notaría que los vientos predominantes durante un período de diez años, a determinada hora del día (o para una estación del año), provendrían del noroeste. Si una de nuestras necesidades de diseño fuera la de lograr una ventilación cruzada a través de un espacio arquitectónico, una buena posibilidad sería la de orientar las aberturas de nuestro edificio (por medio de puertas y ventanas, por ejemplo) en una dirección 320-140 grados. Si lo que requerimos es protección al viento, una posibilidad atractiva sería detener los movimientos eólicos en el sentido 200-220 o 20-40 grados. Nótese también que los grados en la rosa de los vientos son generalmente medidos en una escala de 0 a 360 en el sentido N-E-S-W. En otros sistemas de referencia (y la mayoría que utilizamos en cálculos solares) el punto de origen no es el norte sino el sur, pero ello lo veremos mas adelante.

Otro ejemplo de cómo graficar la frecuencia de la dirección de viento se muestra en la figura 2.6 (Koeningsberger, 1977). La forma de graficar es más sencilla puesto que sólo maneja ocho puntos cardinales de los cuales puede provenir el viento. Este sistema, sin embargo es poco flexible y menos preciso. Con todo y su poca precisión, tiene una ventaja, y ella es que se puede mostrar gráficamente la dirección de viento para todo el año, mes por mes. En la figura notamos que existen doce divisiones en cada lado del octágono, correspondiendo una a cada mes. Veremos que, por ejemplo, los vientos provenientes del noreste se reducen durante el verano y que aumentan en los meses de invierno.

Nótese que en ambos ejemplos la información que podemos deducir de los diagramas se limita a la dirección predominante del viento, pero no su velocidad. Aunque en la mayoría de los

FRECUENCIAS MEDIAS PARA 1000
DE LAS DIRECCIONES DEL VIENTO
PERIODO 1962-1972
Número de observaciones: 32137
Frecuencia viento calmedo: 135

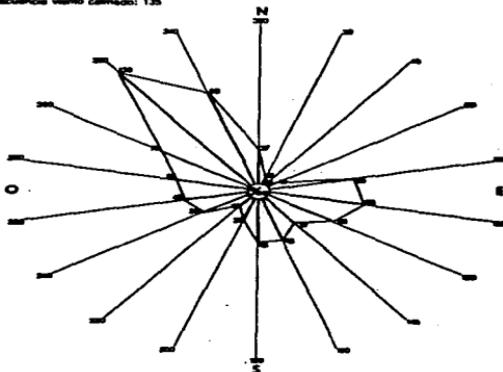
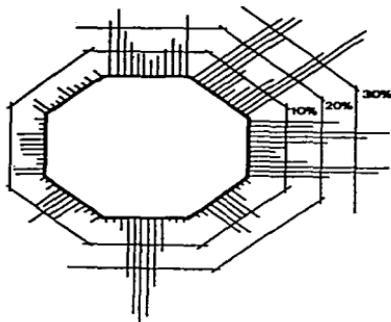


FIGURA 2.5: ROSA DE LOS VIENTOS PARA LA ESTACIÓN DE MARIIGNANE (IZARD, 1983).



Hora: 8,00 h
Calmes: 1,4 %
Ene. 1,4 %
Feb. 0,8 %
Abr. 0,8 %
Jun. 0,7 %
Jul. 1,8 %
Ago. 2,0 %

FIGURA 2.6: GRÁFICA DE LAS FRECUENCIAS ANUALES DE VIENTO EN NAIROBI.

casos la dirección predominante del viento concordará con la dirección en que sopla con más fuerza, ello no es regla general. Es posible que, por ejemplo, de la dirección predominante de viento sólo sopla una brisa durante la mayor parte del año, pero que de otra dirección soplen ráfagas de importancia sólo unas cuantas veces durante la estación de lluvias. Para determinar la velocidad predominante de viento se utilizan diagramas de velocidad y dirección predominante de viento tal y como se muestra en la figura 2.7, también referida a nuestro ejemplo anterior. Ahí, efectivamente, vemos que las velocidades mayores en el viento corresponden con las direcciones predominantes de viento. En la mayoría de los casos con tener una idea general sobre la velocidad promedio de los vientos en una región, será suficiente para nuestros fines.

Si bien la rosa de los vientos nos da información detallada sobre la dirección y frecuencia para cierto periodo, la tabla gráfica de vientos nos da una visión más clara sobre la información de los movimientos de aire en un lugar específico. Como la tabla gráfica se encuentra organizada por mes y por hora del día, se puede usar fácilmente para anticipar los parámetros más probables que podemos utilizar en nuestro diseño.

Como podemos construir una tabla gráfica de vientos?

Antes que nada, es necesario contar con la información de dirección y velocidad para ciertas horas del día, preferiblemente a intervalos de tres horas. Los datos se grafican de la manera que se ejemplifica en la figura 2.8.

El primer paso es hacer una tabla de manera que por una parte se tabulen los valores de mes del año contra hora del día. Después, usamos la información de dirección de viento para graficarla dentro del cuadro que le corresponde en la tabla, por medio de una flecha cuyo tamaño será proporcional al cien por ciento de la cantidad a considerar. La dirección que tomaremos como representativa será aquella que muestre el mayor porcentaje de observaciones en el sentido en el que está soplando el aire. Es muy posible que se desee graficar no sólo una dirección de viento sino dos o tres en la figura (más de tres datos volverían la tabla difícil de leer). Esto se puede hacer simplemente dividiendo el porcentaje de observaciones para una dirección particular por el porcentaje total de todas las observaciones que se van a graficar en el cuadro individual. Ello nos dará una idea general sobre el tamaño relativo que deberá tener la flecha que marca la dirección principal del viento.

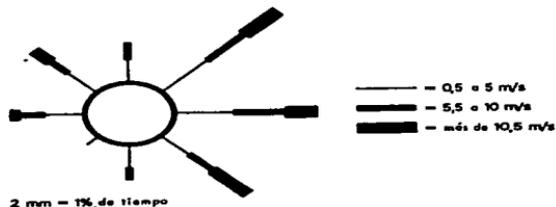


FIGURA 2.7: GRÁFICA DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE VIENTOS (NAIROBI).

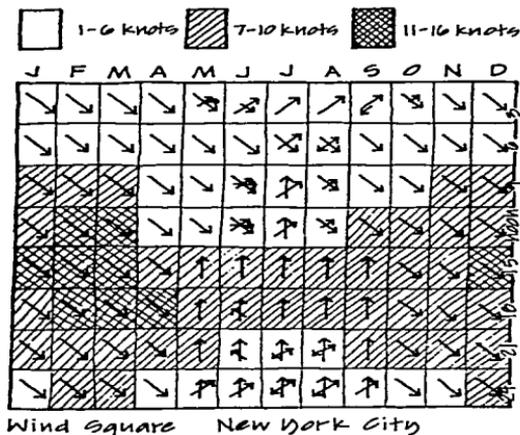


FIGURA 2.8: EJEMPLO DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA TABLA DE VIENTOS (BROWN, 1985) PARA LA CIUDAD DE NUEVA YORK. LAS VELOCIDADES ESTÁN DADAS EN NUDOS.

Acto seguido se encima sobre la tabla gráfica la representación del grupo en el que se encuentre la velocidad para el caso que se está considerando. De ésta manera la tabla gráfica de vientos quedará terminada; de manera que será fácil referirse a una fuente de información sobre vientos. Es importante tomar en cuenta que muchos de los datos sobre dirección y velocidad de viento son tomados en los aeropuertos o en las estaciones meteorológicas, donde las condiciones generales podrán ser sumamente distintas de las que existen en el lugar donde vamos a proyectar nuestro edificio.

RADIACION SOLAR

" ...Cada año el techo de una vivienda normal recibe más de 3 veces y media la cantidad de radiación necesaria para satisfacer todas las necesidades energéticas de un diseño eficientemente realizado. Este sólo hecho bastaría para convencernos de realizar un estudio profundo de la radiación solar "

David Wright, 1978.

Es precisamente la radiación solar el parámetro con el que trabajaremos constantemente en un curso sobre la utilización lógica de la energía solar. Es por ello necesario comprender algunos de los principios básicos sobre al radiación.

El Sol emite energía en muchas longitudes de onda. La que nosotros detectamos visualmente es sólo una parte de la radiación que llega. El resto lo emite en longitudes de onda que no nos es posible detectar visualmente (como por ejemplo, en ondas de radio, rayos x, etc.). Para nosotros es de interés especial la radiación que afecta directamente nuestros diseños. Si bien el espectro electromagnético del Sol está formado por muchos tipos de radiaciones, nosotros sólo consideraremos aquellas que nos pueden ayudar a modificar nuestros diseños.

Qué factores influyen sobre la radiación solar recibida en un lugar específico de la superficie terrestre?

Básicamente estos factores son tres:

1. Intensidad y Angulo de Incidencia (Ley del Coseno).
2. Disipación Atmosferica.
3. Duración de luz solar.

y que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. LEY DEL COSENO.

Establece que la intensidad de la luz en una superficie inclinada es igual a la intensidad normal multiplicada por el coseno del ángulo de incidencia:

$$I_c = I_b \cdot \cos B \quad (3)$$

Donde: I_c : Intensidad en una superficie dada.
 I_b : Intensidad normal.
 B : Angulo de Incidencia. (ver figura 2.9)

Por intensidad normal se entiende aquella que existe perpendicular a una superficie determinada. La intensidad normal a una superficie horizontal será aquella que se mida conforme a la vertical del lugar. El ángulo de incidencia se mide a partir de la normal hacia la dirección de la luz incidente, y no en el sentido de la superficie receptora hacia el rayo.

Lo que la ley del coseno muestra es cómo se distribuye la misma cantidad de radiación sobre una área mayor, disminuyendo la intensidad por unidad de área.

Si tabulamos los valores que puede tomar el ángulo de incidencia a una superficie contra el porcentaje de radiación interceptada, podremos construir la siguiente tabla:

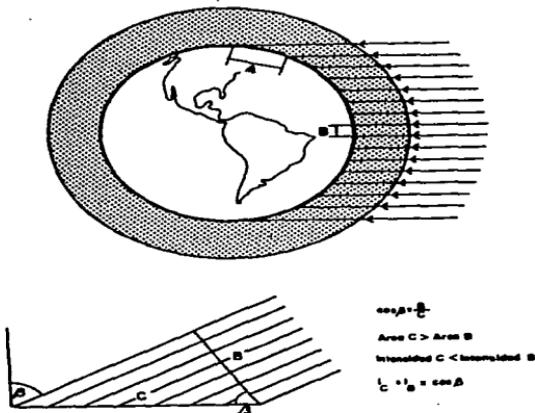


FIGURA 2.9. PRESENTACION GRAFICA DE LA LEY DEL COSENO.

En la figura se muestra la razón por la cual la intensidad de la radiación es mayor en las zonas tropicales comparada con las templadas.

La Ley del Coseno también es aplicable para determinar la intensidad en una superficie dada durante el recorrido diario del sol. Al medio día los ángulos de altitud solar son generalmente los mayores, y por lo tanto, la intensidad de la radiación solar también.

TABLA II.1

Angulo de Incidencia.	Radiación Solar Interceptada (%)
0	100.0
5	99.6
10	98.5
15	96.5
20	94.0
25	90.6
30	86.6
35	81.9
40	76.6
45	70.7
50	64.3
55	57.4
60	50.0
65	42.3
70	34.2
75	25.8
80	17.4
85	8.7
90	0.0

Nótese que una superficie que se separe hasta 25 grados de la perpendicular dirigida al Sol, todavía intercepta más del 90% de la radiación directa. Esto resulta útil de recordar porque en nuestros diseños podemos tener variaciones pequeñas en la dirección de elementos de captación sin que ésto represente un error considerable en su funcionamiento.

2. DISIPACION ATMOSFERICA.

La disipación atmosférica se debe a la absorción, reflexión, y refracción de la radiación solar por los componentes atmosféricos, pues la atmósfera no es totalmente transparente. Los principales elementos que producen esta disipación son las partículas de polvo, el ozono, y los vapores atmosféricos, que en su acción conjunta pueden reducir la radiación entre un 20 y un 70%.

Lógico es suponer que mientras más espesa sea la capa de atmósfera por la que la radiación tiene que viajar y mientras más impurezas tenga el ambiente, mayor será el efecto de reducción en la incidencia de la luz solar (ver figura 2.10).

Varios autores han presentado sus resultados al graficar el efecto de la variación de la intensidad solar (directa) con la altura de un lugar sobre el nivel del mar, y el ángulo de altitud solar, todos medidos sobre planos perpendiculares a los rayos solares. La figura 2.11 muestra algunos de los resultados propuestos (Koeninsberger, 1977). Según esta gráfica, un lugar situado a una altitud de 900 metros sobre el nivel del mar recibirá (descontando efectos secundarios tales como contaminación) una intensidad de luz solar aproximada de 1080 W/m^2 cuando el Sol se encuentre exactamente arriba del plano horizontal (es decir, con una altitud solar de 90 grados). El mismo lugar, con una altitud solar de 10 grados, sólo recibiría poco más de 600 W/m^2 .

Nótese que el efecto que estamos analizando no se debe a la ley del coseno (pues las lecturas se hacen perpendiculares, "normales", a los rayos solares), sino a la disipación atmosférica, al espesor de la atmósfera que aminora la intensidad de luz que recibimos en cierto momento. Para clarificar la diferencia entre ambos fenómenos, imaginemos que se presenta un plano perpendicular al Sol en el momento que este se encuentra cercano al horizonte, sin obstáculos, (digamos un atardecer sobre el mar). El ángulo de incidencia sobre nuestra superficie sería cero, pues al tener el plano perpendicular al Sol, captaríamos la totalidad de los rayos que nos llegan de él. Como sabemos, la intensidad del Sol disminuyó tanto que es inclusive posible verlo a simple vista sin protección, y ello es debido precisamente al efecto de disipación atmosférica.

PREGUNTA : Analizando la figura 2.11 podrías decir, en general, a qué altitudes solares la intensidad solar se reduce drásticamente debido a la disipación atmosférica?

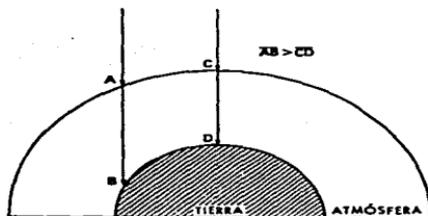


FIGURA 2.10: DIFERENCIAS EN LA LONGITUD DE LA TRAYECTORIA DE LOS RAYOS A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA.

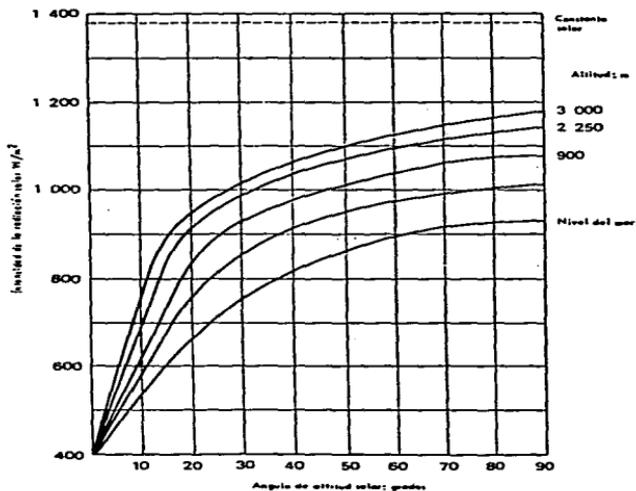


FIGURA 2.11: VARIACIÓN DE LA INTENSIDAD SOLAR DIRECTA CON LA ALTURA (KOENINGSBERGER, 1977).

3. DURACION DE LA LUZ SOLAR.

Se refiera a la duración de la luz diurna. Esta se puede calcular por medio de fórmulas, mismas que veremos posteriormente, pero ahora lo más sencillo será utilizar un anuario astronómico donde se presente ese dato. En caso de no encontrarse, se busca la hora de salida y de puesta del Sol, de manera que la diferencia entre estos dos datos nos proporcionará la duración de la luz solar diurna.

Como ejemplo, busquemos la duración de la luz diurna para el 5 de Septiembre de 1989. Utilizando el Anuario del Instituto de Astronomía de la UNAM (1989) veremos los valores ya sea para Septiembre 2 u 7 (la exactitud en estos casos no es tan importante como para tratar de interpolar).

Así tendríamos, para Septiembre 2, 1989:

Puesta del Sol: 18 h 14 m
Salida del Sol: 5 h 45 m

Duración del día: 12 h 29 m

MEDICION DE LA LUZ SOLAR.

La luz visible se extiende de 0.35 a 0.75 micras (la millonésima parte de un metro) de longitud de onda. La radiación que abandona el Sol es casi uniforme, de modo que podemos determinar la cantidad total de radiación que recibimos en el exterior de nuestra atmósfera. A ésta cantidad se le llama CONSTANTE SOLAR, y su valor es aproximadamente igual a 1395 W/m² (para una discusión más completa sobre la Constante Solar, referirse al Capítulo 5, Radiación Solar).

Hay muchas formas de entender la constante solar. Podemos visualizarla como, por ejemplo, la energía térmica que recibe en un minuto una superficie de un centímetro cuadrado colocada perpendicularmente a los rayos solares en los límites de la atmósfera. Lo importante, sin embargo, es saber que la constante solar es la cantidad de radiación que recibe la Tierra en su parte exterior en una dirección normal a la fuente, en una área y durante un tiempo determinados.

Podemos medir tres tipos de radiaciones:

1. Radiación Directa.
2. Radiación Difusa.
3. Radiación Total (Directa + Difusa)

Generalmente la radiación DIRECTA se mide sobre planos perpendiculares a los rayos, así como en los planos verticales y en el plano horizontal. Como la radiación directa varía, entre otras cosas, por el ángulo de altitud solar (ley del coseno), ésto implica que la intensidad de radiación directa varíe dependiendo de la época del año, la hora del día, y la latitud del lugar (que son los valores que pueden determinar la posición aparente del Sol en determinado momento).

La radiación DIFUSA generalmente se mide sobre el plano horizontal. Cuando la radiación total se mide sobre un plano horizontal, entonces se le conoce como radiación GLOBAL.

Qué unidades se utilizan para la medición de la radiación?

En las unidades para medir la radiación solar hay tanta variedad como sistemas de medición. No existe un criterio único, pues las intensidades se pueden leer en varias formas. La unidad de medición estandar mayormente aceptada en el sistema mks es el vatio (watt) por metro cuadrado (W/m^2). Gran parte de la bibliografía, sin embargo, se encuentra expresada en otras unidades: kilocalorías por metro cuadrado-hora ($kcal/m^2.h$), calorías entre centímetro cuadrado-minuto ($cal/cm^2.min$), langleys por minuto (ly/min), etc. La diferencia entre expresar la medida de radiación de una forma u otra no debe ser problema: los factores de conversión y equivalencias se encuentran en las tablas convenientes.

En el sistema inglés una forma común de expresar la intensidad de radiación es el BTU entre pie cuadrado hora (BTU/ft².h). Un BTU (British Thermal Unit) es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado farenheit la temperatura de una libra de agua (aproximadamente la energía que se desprende al encender un cerillo).

A nosotros como diseñadores, qué datos sobre radiación solar nos interesan?

La respuesta a ésta pregunta en mucho depende de las necesidades de diseño para cada edificación: cálculos de intercambio térmico, estimación de niveles luminicos interiores y exteriores, etc. Los principales parámetros, sin embargo, se mencionan a continuación:

Una buena indicación de la intensidad de radiación es la media diaria de radiación solar por mes, pues da una idea razonable sobre las condiciones del lugar. Como son cantidades grandes, éstas son en ocasiones expresadas en Megajulios entre metro cuadrado-día (MJ/m².día). Un megajulio equivale a un millón de julios (y un julio es un Newton por metro).

Como guía general, podemos considerar como constante la intensidad diaria fuera de nuestra atmósfera: 36 MJ/m².día.

Mientras los valores de radiación solar diaria se acerquen mas al valor de 36 MJ/m².día, ésto querrá decir que se tendrán intensidades mayores.

Las mediciones de radiaciones difusas son algo más difíciles de obtener. Podemos extrapolar, sin embargo, los datos obtenidos para cielo claro, y así obtener valores aproximados para situaciones de cielo nublado o francamente cubierto en su totalidad.

Los datos de radiación media diaria por mes sólo se pueden encontrar en los observatorios meteorológicos grandes del país, o por medio de las universidades. La UNAM, mediante el Instituto de Geofísica, recopila algunos de éstos datos (Comunicaciones

Técnicas. "Boletín de Radiación Solar. Terrestre y Parámetros Meteorológicos", 1985 y años subsiguientes). Teniendo esos datos, podemos deducir los faltantes.

Si no contamos con esos datos, los podemos calcular con aproximación. Conociendo la posición del Sol (por gráficas, por cálculo o por anuario), la transparencia atmosférica (medida en un factor de índice de transparencia), y las horas de Sol (calculadas o por anuario), podemos calcular la radiación directa y difusa para un lugar específico.

Para calcular la radiación existen otros métodos más simples y directos. Utilizaremos las llamadas fórmulas de "Fournol-Cardiegues" (citadas en Puppo y Puppo, 1979), autores franceses que proponen las siguientes expresiones:

FORMULAS DE FOURNOL-CARDIEGUES.

- ** Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los rayos, en cal/cm².min:

$$S = 1.13 \cdot 0.85^h (1/\text{sen } h) \quad (4)$$

donde h = altura solar, y el símbolo ^ significa elevado a una potencia.

- ** Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los rayos, para alturas solares MAYORES A 15 GRADOS, en cal/cm².min:

$$S = 1.10 - (0.14 / \text{sen } h) \quad (5)$$

- ** Radiaciones DIFUSAS sobre un plano horizontal en cal/cm².min:

$$V = 0.44 \text{ sen } h \quad (6)$$

** Radiaciones TOTALES (Directas más difusas) sobre un PLANO HORIZONTAL en cal/cm2.min para una altura solar mayor de 15 grados:

$$G = 1.54 \text{ sen } h - 0.14 \quad (7)$$

Todas estas formulas son sólo función de la altura solar (h) y tienen validez para 'períodos de insolación efectiva', es decir, que en determinados casos donde la exactitud sea relevante, será necesario multiplicarlas por un factor de asoleamiento, llamado 'heliofania relativa', y que se define como:

$$\text{Heliofania Relativa} = \frac{\text{Horas efectivas de sol/}}{\text{Horas de luz diurna.}} \quad (8)$$

Más adelante veremos una forma gráfica y sencilla para obtener los valores de radiaciones directas para una latitud determinada, sin necesidad de hacer cálculos analíticos. Por el momento, éstas fórmulas podrán servir de guía muy general para deducir los valores de la radiación directa, difusa y total.

SÍNTESIS FINAL.

Como parte final del presente capítulo se muestra a continuación un ejemplo resuelto de la compilación de los datos útiles para diseño (tomados de Universidad de Zulia, 1986). Primeramente se organizan las distintas mediciones en forma tabular, para después transformarlas a una forma gráfica más sencilla. Las plantillas resumen que se pueden utilizar para construir éstas tablas se muestran en el Apéndice "H" al final del presente escrito.

DATOS CLIMATOLOGICOS

 Fuente: Fuerzas Aéreas Venezolanas
 Período: 1951-1970

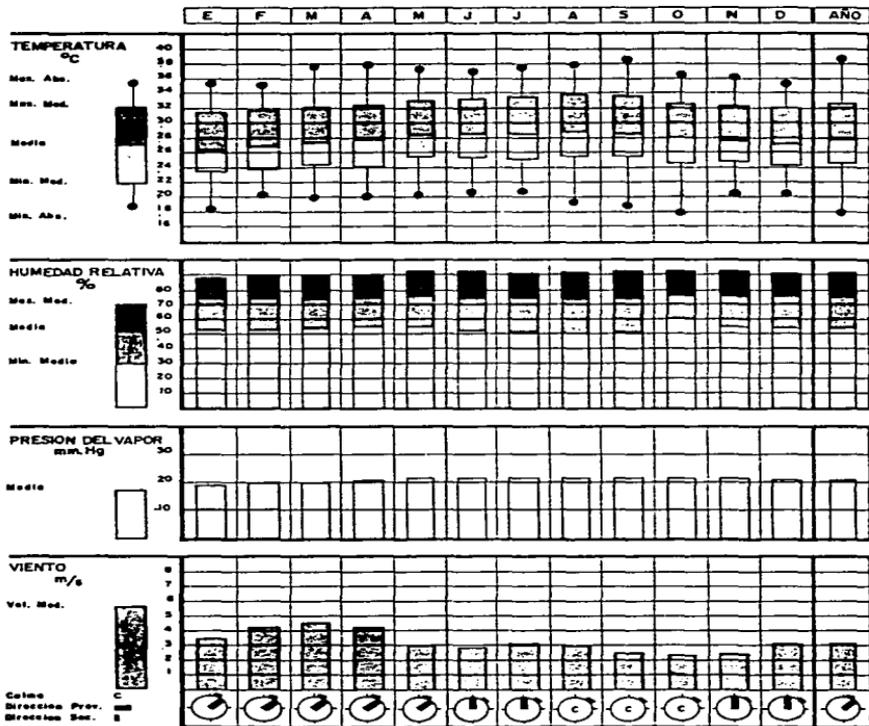
 Lugar: MARACAIBO (s.s.s) Venezuela
 Latitud: 10°39' lat.n. Longitud: 71°36' oeste
 Altitud: 40 mts. sobre niv. mar

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
TEMPERATURA °C	Max. Abs.	38.8	38.4	37.8	36.0	37.6	37.2	37.7	38.0	38.7	38.8	38.5	38.4	38.7
	Max. Media	36.0	31.9	32.2	32.8	33.1	33.4	33.9	33.9	33.8	32.9	32.4	32.1	32.8
	Media	28.2	28.9	27.3	27.9	28.4	28.6	28.9	28.9	28.6	28.0	27.8	27.3	27.9
	Min. Media	23.4	23.8	24.2	23.0	23.4	23.3	23.4	23.4	23.4	24.6	24.8	24.1	24.7
	Min. Abs.	18.5	20.6	20.0	20.2	20.9	20.9	21.0	19.5	19.0	18.0	20.4	20.7	18.0
Amplitud M.	8.4	8.2	8.0	7.8	7.7	8.1	6.4	8.8	8.7	8.3	7.8	7.9	8.1	
HUMEDAD RELATIVA %	Max. Media	69	80	80	90	93	93	91	92	93	93	93	91	92
	Media	78	73	74	78	77	78	75	74	73	78	77	77	78
	Min. Media	83	83	84	85	90	92	91	90	91	80	88	94	84
PRESION VAPOR mm/Hg	Max. Media													
	Media	19.1	20	20.2	21.2	22.4	22	22	21.9	22	22.3	21.6	20.9	21.4
	Min. Media													
VIENTO m/s	Vel. Máxima	19.0	18.8	20.7	19.4	18.4	22.3	28.3	20.4	22.8	29.9	17.2	18.4	29.9
	Dirección	N	N	N	N	NE	SE	E	N	E	SE	NE	N	N
	Vel. Media	3.6	4.3	4.6	4.3	3.0	2.9	3.1	3.0	2.6	2.4	2.5	3.1	3.2
	Dirección	NE	NE	NE	NE	NE	NE	N	NE	C	C	NE	C	NE
INSOLACION %	hora. Pico	11.45	11.66	11.94	12.29	12.48	12.55	12.61	12.53	12.04	11.74	11.49	11.38	12.00
	hora. Medio	8.5	8.7	8.0	8.5	8.0	8.7	8.0	8.0	8.9	8.2	8.9	7.3	7.4
		7.4	7.4	6.7	5.3	4.8	3.4	6.3	6.3	5.7	5.3	5.9	6.8	6.1
RADIACION cal/cm ² día	Max. Abs. Día	731	777	798	864	813	837	868	851	864	782	737	682	888
	Media	488	507	511	501	483	479	507	524	531	483	442	456	497
	Min. Abs. Día	185	125	240	105	104	133	243	194	168	97	111	173	87
PRECIPITACION mm 24h	Total	8	2	6	28	40	33	29	33	37	107	80	19	480
	Total	28	8	30	62	87	89	31	105	43	85	58	28	108
EVAPORACION mm. Abs.	Max. Abs. T.	11	11	13	10	12	8	8	8	9	7	7	8	13
	Total	154	149	180	164	130	126	141	145	128	109	103	130	1661
EVAPORACION Min. Abs.		1.1	0.4	0.8	0.4	0.0	1.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.3	0.8	0.0
OBSERVACIONES														

DATOS CLIMATOLOGICOS

Fuente: Fuerzas Aereas Venezolanas
Periodo 1951 - 1970

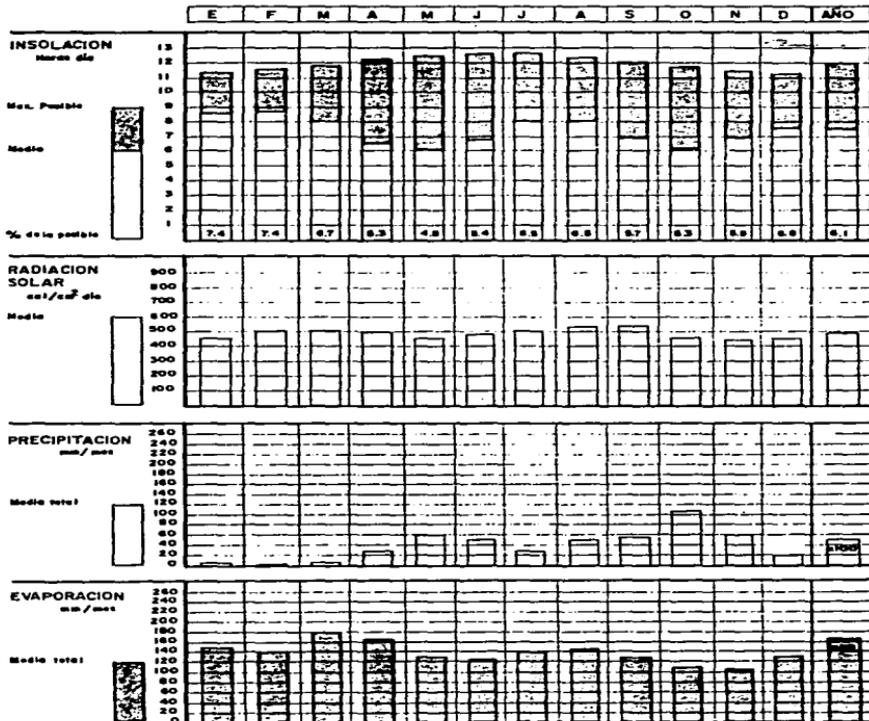
Lugar: MARACAIBO (s.d.s) Venezuela
Latitud: 10°39' norte Longitud 71°36' oeste
Altitud: 40 ms. sobre niv. mar



DATOS CLIMATOLÓGICOS

Fuente: Fuerzas Aereas Venezolanas
 Período: 1951 - 1970

Lugar: MARACAIBO (s.e.s.o.) Venezuela
 Latitud: 10°39' norte Longitud: 71°36' oeste
 Altitud: 40 mts. sobre niv. mar



RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CAPITULO.

PREGUNTA : En qué caso de humedad la Temperatura de Bulbo Seco y la Temperatura de Bulbo Húmedo serán iguales?

Notamos que las mediciones de temperatura de búlbo seco y de búlbo húmedo serán más disímiles mientras el ambiente sea más seco: en efecto, en un ambiente seco el termómetro que tiene la gasa húmeda podrá evaporar más rápidamente y por lo tanto producirá una lectura con una temperatura más baja (más fría). Siguiendo nuestro razonamiento en sentido inverso veremos que si la temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo son más diferentes mientras más seco sea el ambiente, ellas tienden a acercarse conforme el ambiente se torne más húmedo. La situación límite sería aquella donde el termómetro con la gasa húmeda no pudiera evaporar (es decir, en una situación con una humedad relativa del 100%, es decir con una humedad de saturación), con el aire saturado de vapor de agua. En este caso las temperaturas de bulbo seco y de bulbo húmedo tendrían que ser iguales.

PREGUNTA : Cuánto crees que nuestro cuerpo pueda evaporar en una situación en la que se tenga una humedad relativa cercana o igual al 100% ?

En una situación en la que nuestro cuerpo se encuentre en un ambiente con una humedad relativa cercana al 100%, ello quiere decir que será imposible ceder más agua al ambiente (al aire ya no le 'cabe' más vapor de agua), y por lo tanto nuestro cuerpo no podrá evaporar ninguna cantidad de agua al ambiente (podrá sudar, pero el sudor no se evaporará).

PREGUNTA : Analizando la figura 2.11 podrías decir, en general, a que altitudes solares la intensidad solar se reduce drásticamente debido a la disipación atmosférica?

En general, la intensidad solar se reduce bruscamente entre los valores de 15 a 20 grados de altitud solar.

CAPITULO 3.

EQUILIBRIO TERMICO HUMANO.



3.1. CASO INTRODUCTORIO: LA SALUD Y EL AMBIENTE TERMICO EN ARQUITECTURA.

La salud humana depende grandemente de la calidad del ambiente en que se desarrolle el individuo. Estudios realizados en los Estados Unidos (Oakley, 1972) estiman que, en promedio, un habitante de la zona urbana en un país en desarrollo pasa cerca del 95% de su tiempo dentro de edificaciones de algún tipo. Como las condiciones de este ambiente interno son parcial o totalmente controlables, resulta ser de suma importancia su conocimiento y estudio.

Muchos trabajos se han hecho para determinar la relación que existe entre los cambios estacionales y el incremento de enfermedades en la población (Hemmes, 1960; Hope-Simpson, 1958). Es bien conocido el hecho de que algunas enfermedades se presentan con mayor severidad durante cierta época del año, y aún hay algunas que únicamente se dan en un periodo definido mientras que en el resto del tiempo son prácticamente inexistentes. No es raro, por ejemplo, que las infecciones intestinales, disentería y la fiebre tifoidea se presenten con mayor frecuencia en épocas de aumento de la temperatura, donde por esta causa las bacterias y virus encuentran un ambiente propicio para su desarrollo. Otras enfermedades transmitidas por insectos (encefalitis, tifo, por ejemplo) también muestran un incremento en la época en que la temperatura sube y propicia el crecimiento de los organismos transmisores. Por otro lado las enfermedades del aparato respiratorio, tanto agudas como crónicas, se vuelven más severas en la época de temperatura extremadamente baja, mientras que no se observa ningún incremento en las épocas de temperatura templada.

Qué tanto influye el ambiente térmico de las edificaciones en la salud de los usuarios?

Aún cuando la cantidad de radiación solar, ventilación y volumen de espacio habitable por persona son factores que determinan de alguna forma la sobrevivencia y crecimiento de bacterias y virus dentro de una edificación, también es importante considerar otros factores que están directamente relacionados con el ambiente térmico, como son la temperatura y la humedad relativa del aire.

La relación entre cambios térmicos y enfermedades ha sido establecida por algunos estudios (Katayama, 1970). En sociedades donde los ambientes interiores están artificialmente controlados en una gran proporción de las edificaciones (como son la estadounidense o la escandinava) se tienen variaciones pequeñas en la severidad y presencia de enfermedades. Mientras que en países donde existe poco control ambiental (activo o pasivo), los cambios en mortalidad relacionados con la época del año y temperatura son notables. Es también conocido, por ejemplo, el hecho que durante la época de extremo calor hay un incremento notable en la mortalidad de la gente. Estas conclusiones se han obtenido del estudio de mortalidad en grandes ciudades y de estadísticas de decesos en los ejércitos activos en zonas de alta temperatura (período del 1942 a 1944).

La humedad del aire puede ser también un factor importante a considerar. Estudios realizados (ASHRAE, 1985, pp. 827) dan a conocer la importancia de la humedad relativa en el desarrollo de algunas enfermedades: una alta humedad relativa está asociada, por ejemplo, con el aumento de cólera y de polio, mientras que una baja humedad relativa se relaciona con el aumento de meningitis y sarampión.

La variación en humedad del ambiente también puede crear problemas: una baja humedad relativa puede contribuir a la deshidratación de los tejidos; en general los tejidos secos son menos resistentes a la infección. Experimentos realizados en animales dan como resultado que la tasa de infección aumenta cuando bajan los niveles ya sea de ventilación o de humedad relativa (Schulmann, 1962).

La literatura especializada (ASHRAE, 1985) menciona que en espacios arquitectónicos controlados donde únicamente se aumentó artificialmente la humedad relativa para estudiar su efecto en seres humanos, se observó que éste incremento (que nunca sobrepasó el 50% de humedad relativa) llevó consigo una reducción de ausentismo y al mismo tiempo bajó la tasa de infecciones respiratorias en la población estudiada, especialmente en niños pequeños: la reducción fue del 49% en niños de preescolar, 6-18% en trabajadores de oficinas). Los anteriores estudios muestran que si bien una baja humedad relativa no puede ser considerada como factor patológico directo, en cambio sí propicia el aumento de algunas afecciones, tales como las infecciones.

Es importante el control de algunos parámetros físicos del aire para mantener el confort y la salud. Sin embargo cuando los niveles de confort se logran a través de medios artificiales (es decir, sistemas activos de control ambiental), se corre el riesgo de encontrar problemas.

Consideremos, por ejemplo, el efecto nocivo de algunos sistemas de ventilación y aire acondicionado debido a su alto contenido de fibras de asbesto. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (Sandoval, 1983), contaminantes altamente carcinógenos como el asbesto pueden estar circulando a través de los sistemas de ventilación de los edificios. El asbesto, además de su característica alta resistencia al fuego, no es biológicamente degradable y por lo tanto se acumula en el ambiente. La exposición intensa por corto tiempo, o la exposición a bajas concentraciones por largo tiempo a este producto puede causar graves problemas de salud. Las vías principales de entrada a nuestro cuerpo son por inhalación e ingestión. Cuando las fibras de asbesto son inhaladas pueden presentarse problemas de pulmón (asbestosis) mientras que cuando son ingeridas pueden dar problemas a nivel del aparato digestivo.

Todos podemos estar expuestos a su contacto: en necropsias hechas en hospitales de Estados Unidos, se detectaron fibras de asbesto en el 47% de casos examinados aleatoriamente. La severidad con la que la asbestosis puede atacar depende grandemente de su exposición: la fracción total de trabajadores con exposición intensa al asbesto, aún usando equipos de protección industrial, que probablemente morirá de algún tipo de cáncer, fluctúa entre el 35 y el 44%. En condiciones controladas de laboratorio se ha observado que incluso una sola exposición severa de un día causaba tumores en animales.

Los sistemas de aire acondicionado y de ventilación artificial de aire han utilizado asbesto como parte de sus materias primas de fabricación. Existe poca información y estudios sobre la toxicidad real de estos sistemas. Qué cantidad de fibras de asbesto pueden estar desprendiendo, o si la exposición a él es intensa o baja, es difícil de saber. Una manera sencilla de prevenir cualquier problema provocado por este mineral es eliminándolo totalmente en los casos en que pueda ser reemplazado por otro material menos peligroso. La manera más fácil, sin embargo, es utilizar sistemas pasivos de control ambiental: hacer las cosas de una manera natural. Ello será más eficiente, económico y saludable.

Como vemos, es no solamente útil, sino necesario conocer los parámetros de temperatura y humedad que debemos manejar para no propiciar deficiencias en la salud debido a fallas de diseño en nuestras edificaciones. Una forma útil de disminuir el peligro de daños a la salud es mediante el estudio y aplicación de normas para alcanzar el confort térmico humano.

BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA:

- Heames, J.H. et al. "Virus Survival as a Seasonal Factor in Influenza and Poliomyelitis" Nature, Vol. 188, 1960.
- Hope-Simpson. "The Epidemiology of Non-Infectious Diseases" Royal Society of Health Journal, Vol 78, 1958.
- Katayama, K. "A Biometeorological Study on Mortality from Stroke and Heart Diseases" Meteorological Geophysics, Vol. 21, 1970.
- Oakley, D.T. Natural Radiation Exposure in the U.S. ORP/SID Report 72-1, US EPA Washington, D.C. 1972.
- Sandoval, H. (editor) Asbesto. Organización Panamericana de la Salud, México, D.F. (Traducción y adaptación de Asbestos: Expedience, Exposure and Experience.
- Schulman, J.H. et al. "Airborne Transmission of Influenza Virus Infection in Mice" Nature, Vol. 195, 1962.



3.2. EQUILIBRIO TERMICO HUMANO.

A. DISIPACION TERMICA.

La forma de mantener el confort depende principalmente de la habilidad de mantener un ambiente térmico en donde el cuerpo humano pueda perder calor en una cantidad igual a la que éste es producido metabólicamente o recibido por convección o radiación, sin necesidad de procesos metabólicos internos, tales como el sudor o la tiritación. Nosotros, como otros mamíferos, producimos calor metabólico. La producción de este calor varía dependiendo del trabajo realizado, y es de ésta manera que la producción de calor metabólico puede aumentar hasta 10 veces con el trabajo que uno realiza (Golani, 1984). Para llevar a cabo las funciones de respiración, circulación, digestión, etc., el cuerpo humano gasta, en relativa inmovilidad, aproximadamente 50 kcal/m².h o 58 W/m².

Cuántos de nosotros nos hemos sentido 'sofocados' ante un ambiente de aglomeraciones?

Aunque es probable que el calor que disipe una sola persona no afecte de forma significativa la temperatura ambiental de una habitación, en situaciones donde varias gentes estén agrupadas, es muy probable que el incremento de calor sea notorio. De lo anterior se deduce una aplicación interesante de la importancia que tiene conocer la cantidad de calor disipada por el cuerpo humano en determinadas circunstancias.

Si conocemos la medida en que el calor escapa de nuestro organismo (expresada en flujo por área) y sabemos la superficie por la que se va a disipar esta energía calorífica, podremos calcular la cantidad de calor que el cuerpo humano cede al ambiente.

MaBlamos de que el cuerpo humano, en relativa inmovilidad, disipa alrededor de 50 kcal/m².h @ 58 W/m², pero el utilizar unidades en que se involucra al área nos enfrenta a un problema: la cantidad disipada está en gran parte definida por el área de exposición al medio, y en el caso del cuerpo humano, cuál sería?

Básicamente la piel es el órgano principal que funciona como disipador de energía térmica de nuestro organismo. Y decimos que es el principal porque no es el único: existen otros órganos que también disipan calor, pero en un grado muchísimo menor (como los pulmones). Por ahora consideremos a la piel como el sólo órgano de disipación térmica.

Tienes idea de qué área tiene la piel de un adulto, en promedio?

Aunque la superficie varía de un individuo a otro dependiendo de su complejión, el área de piel de un ser humano puede ser calculada mediante estimaciones que toman en cuenta su peso y su altura. Los valores promedio que frecuentemente se proporcionan en la literatura especializada son de 1.83 m² para hombres (70 kg, 1.73 m de altura) y de 1.65 para mujeres.

Lo más probable es que los anteriores valores sean demasiado altos para la mayoría de la gente de nuestro país. Si nosotros consideramos un ajuste a las alturas y pesos promedio de gente en México, nos acercaremos más a los valores reales de cálculo. Considerando una altura de 1.67m y un peso de 68 kg para hombres, y una altura de 1.58m con un peso de 58 kg para mujeres, obtendremos que los valores típicos promedio para gente de nuestro país serían los siguientes:

Hombres	1.75 m ² .
Mujeres	1.58 m ² .

Existe una forma matemática que describe bastante bien la relación entre el área de la piel con la altura y el peso de un individuo. Dicha fórmula es conocida como FORMULA DE DUBOIS y se explica de la siguiente manera (ASHRAE, 1985):

FORMULA DE DUBOIS

$$A = 0.202 \cdot W^{0.425} \cdot H^{0.725} \quad (9)$$

donde:

A : Area de piel, en M2.
W : Peso, en kilos,
H : Altura, en metros.

Por ejemplo, para un hombre promedio, de 70 kg de peso, y 1.73 m de altura, el área de piel sería de 1.83 m².

Ahora ya sabemos el área de disipación de calor del cuerpo humano. Sabemos también que la energía metabólica producida por nuestro organismo no es utilizada en su totalidad para producir un trabajo: gran parte de él se desperdicia y debe ser disipado al exterior en forma de calor, nuestro cuerpo no es 100% eficiente. La eficiencia en el aprovechamiento de la energía varía entre un 10 % y un 20%, aunque en muchos de los cálculos, por simplicidad, se le considera como nula, y por lo tanto se asume que toda la energía metabólica producida por el organismo se transforma íntegramente en calor y es disipada al medio ambiente. Para darse idea de la producción de energía metabólica del organismo, observemos las tablas III.1 y III.2 (ASHRAE, 1985).

TABLA III.1

PRODUCCION DE CALOR METABOLICO PARA DIVERSAS ACTIVIDADES.

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>UNIDADES MET</u>	<u>Kcal/m².h</u>
Dormir	0.7	35
Recostado	0.8	40
Sentado	1.0	50
De Pie, relajado	1.2	60
Limpiando la casa	2.0 - 3.4	100 - 170
Cocinar	1.6 - 2.0	80 - 100
Lavado y planchado	2.0 - 3.6	100 - 180
Trab. de oficina (prom)	1.1 - 1.3	55 - 65
Dibujo	1.1 - 1.3	55 - 65
Bailar	2.4 - 4.4	120 - 220
Caminar:		
0.9 m/s	2.0	100
1.3 m/s	2.6	130
1.8 m/s	3.8	190

NOTAS:

Una unidad MET representa el calor producido por un hombre sedentario, en estado de relativa inactividad, y que equivale a 50 kcal/m².h o 58 W/m². Para un hombre promedio (70 kg, 1.73 m de altura) el MET corresponderá a aproximadamente 90 kcal/h o 100 W.

Para mujeres los valores máximos serán aproximadamente 30 % más bajos que los mostrados en esta tabla.

Actividades continuas de 5 METs o más pueden resultar incómodas o agobiantes.

TABLA III.2

PRODUCCION DE CALOR METABOLICO PARA ACTIVIDADES DE OFICINA.

ACTIVIDAD	kcal/m ² .h	W /m ² .
Sentado, leyendo	47	55
escribiendo	52	60
mecanografiando	56	65
archivando	60	70
hablando	56	65
De pie, hablando	60	70
archivando	69	80
Caminando	86	100
Empacando, envolviendo	103	120

La actividad metabólica total de varias actividades se puede calcular mediante la relación:

$$M = M_1 (\% \text{ tiempo}) + M_2 (\% \text{ tiempo}) + M_n (\% \text{ tiempo}) \quad (10)$$

donde M : es la actividad metabólica total y M₁, M₂ son actividades metabólicas dadas en las anteriores tablas.

Ahora que sabemos la cantidad de calor que se disipa al medio ambiente por unidad de área, podremos calcular cuánta energía térmica cedemos al entorno en una situación dada.

Para clarificar el uso de los anteriores datos, tomemos un ejemplo típico:

En una oficina de nuestro país trabajan 20 empleados, 12 de los cuales son hombres y el resto mujeres. Sus actividades típicas de trabajo (tanto para los hombres como para las mujeres) son las siguientes:

Caminando	10%	del tiempo de trabajo
Escribiendo a máquina	20%	
De pie, archivando	10%	
Escribiendo, sentado	60%	

Considerando una eficiencia en el uso de energía metabólica transformado a trabajo del 10%, cuál será la cantidad de calor que el personal de la oficina libre al medio ambiente?

SOLUCION

Veamos primero la cantidad de energía metabólica que se libera por las actividades antes mencionadas:

Caminando	100	W / m ²
Mecanografiando	65	
Archivando	70	
Escribiendo	60	

por lo tanto, considerando los porcentajes en el tiempo de estas actividades, la actividad metabólica total será de:

$$M = 100 (0.1) + 65 (0.2) + 70 (0.1) + 60 (0.6)$$

$$M = 10 + 13 + 7 + 36$$

$$M = 66 \text{ W / m}^2.$$

Si parte del personal son hombres (12) y el resto mujeres (8), podemos deducir la cantidad de calor liberado por cada uno de éstos grupos, todavía sin tomar en cuenta la eficiencia del uso de energía metabólica:

$$\begin{aligned}
 \text{Energía Calorífica Hombres} &= 12 \text{ }^{\circ} (\text{Area Piel}) \text{ }^{\circ} (\text{ M }) \\
 &= 12 \text{ }^{\circ} 1.75 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ} 66 \text{ W /m}^2 \\
 &= 1386 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energía Calorífica Mujeres} &= 8 \text{ }^{\circ} 1.58 \text{ m}^2 \text{ }^{\circ} (\text{ M }) \\
 &= 834.2 \text{ W}
 \end{aligned}$$

que sumadas nos darán el total de energía calorífica disipada por el personal de la oficina:

$$\begin{aligned}
 \text{Calor Disipado (H+M)} &= 1386 + 834.2 \\
 &= 2220.2 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Finalmente, si deseamos deducir el 10% de calor que se transforma en energía metabólica, tendremos:

$$\begin{aligned}
 \text{Calor Disipado Total} &= 2220.2 \text{ }^{\circ} 0.9 \\
 &= 1998 \text{ W} \\
 &= 2000 \text{ W (aprox)}
 \end{aligned}$$

(si deseamos obtener el resultado en kcal/h. multiplicar el resultado por 1.163. Obtendremos que el grupo genera 2326 kcal cada hora).

Es este resultado significativo. desde el punto de vista de cambiar el ambiente térmico de un recinto de trabajo? Afectará de alguna manera el ambiente térmico de nuestro edificio?

Una buena idea sería el comparar la energía térmica que produce el personal, con aquella que se produce mediante alguna fuente convencional de energía. La Tabla III.3 muestra algunos valores del poder calorífico de combustibles usuales:

TABLA III.3

PODER CALORICO MEDIO DE ALGUNOS COMBUSTIBLES.

<u>MATERIAL</u>	<u>Kcal/Kg</u>
Petróleo	10.400
Gas (Metano)	11.800
Aceites Vegetales	8.500
Carbón	6.700
Madera Seca	4.000

Fuente: Demeyer, 1981.
Morrison, 1979.

NOTAS:

En lo que concierne a la madera, es conveniente recordar que es una mezcla de tres componentes principales: la celulosa (40-50%), las hemicelulosas (15-25%) y la lignina (25-35%), además de otros elementos (p.e. resinas). Los poderes calóricos superiores de éstos componentes son tanto para la celulosa como para la hemicelulosa de 4170 Kcal/Kg., mientras que para la lignina es de 6370 Kcal/Kg. De aquí se deduce que las maderas ricas en lignina tendrán poderes calóricos más fuertes que aquellas ricas en celulosa.

De una manera más general, los poderes calóricos de estos materiales pueden ser obtenidos a partir del contenido de carbono "C", expresado en %, según la ecuación aproximada (Demeyer, 1981):

$$Pe = 100 \cdot C\% - 400 \quad (11)$$

donde:

Pe = Poder calórico del material en cuestión. Kcal/Kg.
C% = Contenido de Carbono del material, en %.

Por medio de la Tabla III.3. tenemos manera de comparar los poderes calóricos de materiales combustibles con el calor generado por los trabajadores de la oficina considerada en el ejemplo. Un kilo de madera, por ejemplo, cuando se quema completamente, disipa alrededor de 4000 kcal/h. Deducimos entonces que el sólo calor disipado por las personas equivale a quemar totalmente medio kilo de madera cada hora, situación que bien puede ser representativa de un cambio térmico apreciable. Otras comparaciones se pueden hacer, como por ejemplo:

PREGUNTA : A cuántos metros cuadrados de colector de energía solar directa sobre la horizontal y con el sol a una altura sobre el horizonte de 40 grados crees que equivalga el calor disipado por éstas 20 personas?

Dato: La energía recibida del Sol sobre una superficie horizontal, cuando el Sol está a una altura de 40 grados sobre el horizonte, es aproximadamente de 680 W /m².

SOLUCION:

Teniendo la cantidad de calor proporcionada por la radiación solar en cierto momento, será fácil calcular la superficie equivalente que se debería tener para captar la misma cantidad de calor generada por el grupo de oficinistas. De ésta manera, se puede decir que:

Calor Disipado Total:	2000 W
Energía Solar 40 grados s/h:	680 W/m ²

Por lo que:

Area requerida:	2000 W / 680 W/m ²
:	2.94 m ²
:	~ 3 m ² .

B. EQUILIBRIO TÉRMICO.

Tenemos ya las bases del comportamiento térmico del organismo en lo que se refiere a disipación de calor en el ambiente. Ahora veamos los procesos propios del cuerpo humano para lograr este fin.

Consideremos que nuestro organismo se comporta como cualquier otro cuerpo físico, y por lo tanto, obedece las leyes de transferencia de calor. Una de las bases en que se fundamenta el fenómeno de intercambio térmico es que las temperaturas de un cuerpo físico y la de su entorno tienden a equilibrarse, tomando o cediendo calor. Existen tres procesos básicos de transferencia de calor:

1. Conducción.
2. Convección.
3. Radiación.

La CONDUCCION se da cuando las moléculas de un cuerpo transmiten energía térmica a las moléculas de otro cuerpo, generalmente sólido, POR CONTACTO DIRECTO. Cuando tocamos una sartén que está caliente, la transferencia de calor se da por el fenómeno de conducción, en este caso, de un sólido a un sólido. La conducción también se puede dar de un sólido a un gas, aunque, por ser los gases malos conductores en general, la conducción suele ser pequeña; ésta propiedad se utiliza en materiales para fines de aislamiento térmico.

Otro de los procesos de intercambio de calor se realiza mediante la CONVECCION, que es la transferencia de calor entre un fluido móvil (líquido o gas) y una superficie. Un ejemplo de un proceso donde actúa la convección es una corriente de aire que se mueve cercana a una ventana fría, pierde calor y tiende a bajar. Cuando la conducción se da a nivel horizontal, recibe el nombre de ADVECCION (Hernández, 1984).

En ocasiones los procesos de convección y conducción actúan juntos, como en el caso de la pérdida de calor del cuerpo humano: no sólo se cede calor por el contacto de la piel con el aire inmediatamente vecino, sino también por las corrientes de aire que toman parte de la energía calorífica.

El tercer proceso de intercambio de calor es la RADIACION, el cual tiene la característica de transmitir energía sin necesidad de un medio físico. Es interesante el hecho de que todos los materiales radian energía continuamente. El Sol, un foco, un árbol, nosotros como cuerpos físicos, radiamos energía continuamente debido al movimiento de las partículas que nos componen. Como la temperatura es en cierto modo la medida del movimiento de las partículas de un cuerpo (mientras más caliente sea un objeto sus partículas vibran más rápidamente), podemos deducir que la energía que un objeto emite por radiación depende en gran medida de la temperatura a que se encuentre. Además de la temperatura existe otro factor que determina el flujo de radiación de un cuerpo: su emisividad. En general la mayoría de los materiales son buenos emisores de radiación (tienen valores cercanos al 90%), y sólo tomaremos en cuenta la emisividad en cálculos con fórmulas que veremos más adelante.

La radiación puede ser de varios tipos. La radiación solar visual, y la radiación en el infrarrojo ("radiación de onda larga", es decir, la radiación del calor) son algunas de las que nos interesan debido a su influencia dentro del diseño de edificios. Es importante hacer notar que no todos los materiales que emiten en las longitudes de ondas visuales necesariamente también deben emitir en la misma cantidad en el infrarrojo, o poniéndolo de otro modo, no todo lo que brilla necesariamente nos calentará. Asimismo, se da el caso contrario donde hay objetos que emiten en el infrarrojo pero que en cambio su nivel de radiación visual es mínimo: el ejemplo del carbón de una fogata es ilustrativo. Es probable que no sea visualmente luminoso, pero su calor puede ser sentido aún a distancia.

Asimismo existen materiales que son transparentes a la radiación de onda corta, pero opacos a las ondas largas. Dicho de otra forma, son materiales que dejan pasar la luz pero guardan el calor. La mayoría de los vidrios en las casas tienen esta propiedad, a la cual se le da el nombre de "EFECTO DE INVERNADERO". Esta propiedad nos será útil para calentar espacios donde el ambiente térmico exterior sea muy frío, y algunas de sus aplicaciones las veremos más adelante. El principio se basa en que el vidrio deja pasar la luz, misma que al tocar algún objeto en el interior del edificio se transforma en calor (radiación de onda larga) y que es retenido por el mismo espacio pues los materiales de la envolvente son relativamente opacos a la radiación infrarroja. Ello no quiere decir que toda la radiación en calor se quede dentro de la casa; el vidrio, al absorber parte de la energía, podrá a su vez radiarla hacia el exterior (pues todos los materiales radian energía), pero ésta radiación al exterior es mínima.

Así, los materiales tienen la propiedad de intercambiar calor por medio de conducción, convección o radiación.

Y nuestro organismo, cómo disipa el calor?

Parte de él se disipa a través de los pulmones, aunque el principal conducto de disipación de calor es la piel. Como es de esperarse, los procesos de disipación son los tres que conocemos: conducción, convección y radiación, más otro nuevo factor, producto de un proceso fisiológico humano, que es la evaporación (enfriamiento evaporativo, Ev).

El papel que juega cada uno de estos cuatro elementos es distinto: la conducción requiere contacto superficial, y como ello generalmente se da en los pies, y estos están gran parte del tiempo aislados, el calor que se trasmite a través de ellos es insignificante. El proceso de pérdida de calor por conducción es mínimo en la mayoría de los casos.

Deshechada la conducción, quedan tres caminos para liberar el calor excedente de nuestro organismo: la convección, la radiación y la evaporación. Estos tres factores intervienen en un mayor o menor porcentaje en el proceso de intercambio térmico humano. Si nosotros no pudiéramos disipar la energía calorífica que sobra en un sistema homeotérmico (es decir, que mantiene la misma temperatura) como es el de nuestro cuerpo, sobrevendría la muerte. La temperatura interior máxima sobre la cual es difícil mantener la vida es de 42 grados centígrados (Tudela, 1982). Si sabemos que hay tres procesos por los cuales podemos emitir o dispersar el calor excedente de nuestro cuerpo al medio ambiente, podríamos preguntarnos cual de ellos es el más importante desde el punto de vista cuantitativo.

La respuesta no es sencilla. El porcentaje en que los distintos procesos de disipación de calor actúan en determinado momento dependen de las condiciones climáticas específicas del caso que se desee analizar. En situaciones "normales", la mitad de la energía se emite por radiación a los objetos cercanos, una cuarta parte se transmite por convección al aire que nos rodea, mientras que la parte restante, aproximadamente un 25%, se pierde por evaporación (datos para el caso de un adulto con vestimenta ligera, a 22 grados C. y 50% de humedad relativa). En otras situaciones las proporciones de pérdida de energía calorífica por estos tres procesos posiblemente será distinta: en los desiertos, donde la temperatura exterior puede llegar a ser muy alta, la principal vía de disipación de calor es por medio del enfriamiento evaporativo a través de la piel (Givoni, 1984).

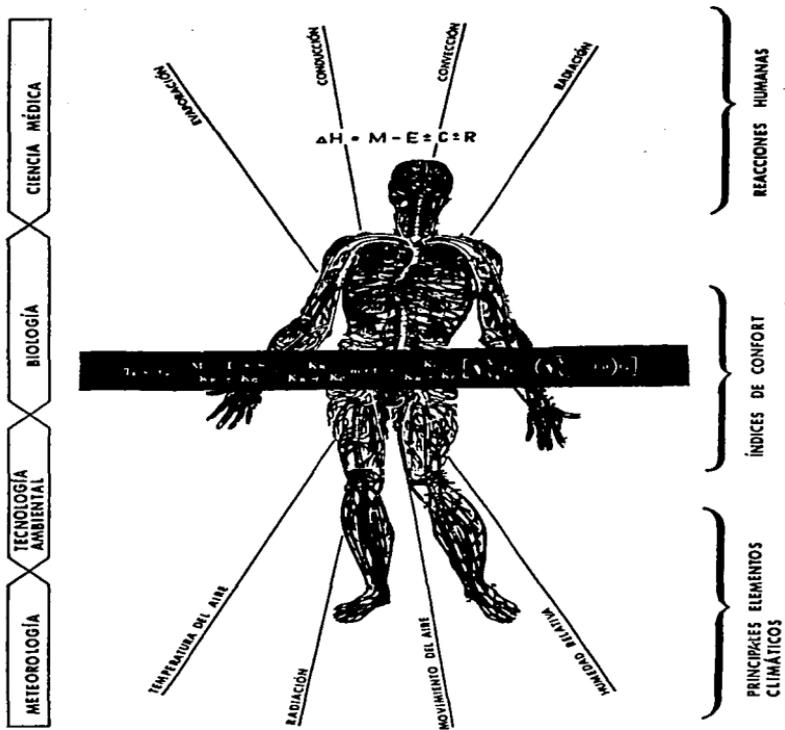


FIGURA 3.1: RELACIÓN DEL CUERPO HUMANO CON LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS

Nosotros podemos explicar matemáticamente el sistema de termoregulación humano. Primeramente vemos que para mantener el equilibrio de temperatura dentro de los límites de conservación de la vida, entran en juego varios elementos en el sistema. A primera vista esto parecería bastante complicado, así que nosotros lo simplificaremos de la siguiente manera: Sabemos que en situaciones normales la cantidad de calor que nuestro cuerpo recibe o genera (transformando los alimentos en energía) debe ser igual en el corto o mediano plazo a la cantidad de calor que se elimina. Si este balance no se diera, ello implicaría que nuestro cuerpo se está calentando o enfriando de una manera notable o que su temperatura interior depende del clima. En cierta manera, estos fenómenos se dan, pero a una escala sumamente pequeña. La temperatura interior del cuerpo humano puede variar alrededor de un grado arriba o abajo de los 37 grados C. "normales". Con temperaturas internas de 35 C o 39 C, un individuo pierde eficiencia, mientras que temperaturas menores de 31 C o mayores de 43 C. pueden ser letales. Las variaciones normales de temperatura no son significativas para nuestros fines de simplificación. Nosotros consideraremos que la temperatura del cuerpo humano permanece relativamente constante a 37 C.

Todo el calor que entra o se genera en el organismo tiene que salir, de manera que podríamos expresar la ecuación de equilibrio térmico del cuerpo humano de la siguiente manera:

$$\text{Calor que entra} = \text{Calor que se disipa}$$

Ahora sólo falta determinar qué elementos corresponden a cada lado de la ecuación. Los factores que proporcionan calor al cuerpo pueden ser de tres tipos: Metabólico (M), Convectivo (C), o por Radiación (R). El calor metabólico lo proporcionan algunos de los nutrientes de los alimentos al transformarse en energía. Los carbohidratos, las grasas, las proteínas son los principales nutrientes que proporcionan energía (hay otros elementos que, si bien cumplen con su función nutritiva, no tienen valor calórico, tales como las vitaminas y los minerales; otras sustancias no son comúnmente consideradas como nutrientes y en cambio sí proporcionan energía, como el alcohol). Parte de la energía producida por los nutrientes es utilizada para hacer un trabajo (W) como caminar, correr, etc. que como no sale a la superficie como calor, deber ser sustraída de la tasa metabólica ($M - W$).

Sabemos también que el calor se puede perder por convección o por radiación (ya anteriormente habíamos apuntado que la pérdida por conducción es insignificante en la mayoría de los casos, pues ésta sólo se da mediante el contacto físico de las superficies). Pero también se podría presentar el caso de que no perdiéramos, sino ganáramos calor por convección o radiación. Esta situación se podría dar en lugares donde la temperatura fuese extremadamente alta o simplemente cuando se gana radiación por medio de los rayos del Sol. Estos dos factores, la convección y la radiación, podrán por lo tanto estar de uno u otro lado de la ecuación, según sea el caso (o, expresando esto de otra manera, tener signo positivo o negativo).

Cuáles son los factores que permiten la eliminación de calor?

Ya vimos anteriormente que tanto la conducción como la radiación son elementos que pueden servir para ganar o perder energía calorífica, pero existe otro elemento que es sumamente importante como eliminador de calor: la evaporación (Ev). Algo de calor lo podríamos perder por la energía liberada por la respiración (Ir), pero ésta es generalmente considerada como insignificante, a excepción de circunstancias con temperaturas sumamente bajas, donde la disipación por respiración puede llegar a ser la quinta parte de la disipación total de calor (Tudela, 1982).

Sustituyendo los elementos que toman o eliminan energía calorífica del cuerpo en la ecuación de equilibrio de temperatura, podemos determinar la siguiente relación:

ECUACION GENERAL DE EQUILIBRIO TERMICO:

$$(M - W) + R + C = Ev + Ir \quad (12)$$

donde M : Energía liberada por Metabolismo.
 W : Energía metabólica transformada en trabajo mecánico.
 R : Intercambio de calor por Radiación.
 C : Intercambio de calor por Convección.
 Ev: Enfriamiento evaporativo a través de la piel.
 Ir: Intercambio de calor por respiración.

(FIGURA 22)

donde M sólo puede tomar valores positivos (emisión de calor). E_v y W sólo puede representar pérdida de calor, mientras que R , C y I_r pueden tomar valores positivos o negativos según aporten o eliminen energía del sistema. Las unidades podrán estar expresadas en cualesquiera que representen flujo calorífico (por ejemplo, kcal/h).

Podría ser curioso el que se pueda ganar o perder energía calorífica debido al intercambio calorífico de la respiración. Ello se debe principalmente a que si la temperatura exterior es mayor a los 37 grados de la temperatura interior del cuerpo, el organismo se verá imposibilitado a disipar la energía térmica, y por lo contrario, hasta será posible que gane calor del medio ambiente.

Como ya antes habíamos mencionado, el intercambio de calor por respiración es mínimo. Se describe por la relación:

$$I_r = 0.0014 (34 - T_e), \text{ en W/m}^2 \quad (13)$$

donde T_e : es la temperatura del entorno (grados C),
y 34 C es la temperatura promedio de la piel.

y por lo tanto puede considerarse insignificante, por lo cual la ecuación de equilibrio térmico se simplifica a la siguiente expresión:

ECUACION DE EQUILIBRIO TERMICO

$$(M - W) + R + C = E_v \quad (14)$$

La relación matemática anteriormente expresada nos podrá ayudar a clarificar el papel que representan algunos de los fenómenos para lograr el confort humano. Es mediante esta relación, inclusive, que varios métodos se han desarrollado para estimar las condiciones que nos permitan diseñar edificaciones dentro de los límites de confort humano.

Un aspecto importante de hacer notar es que las condiciones que hacen que la ecuación de balance térmico del ser humano se logre no indican nada respecto al nivel de confort del individuo: el balance térmico se puede dar aún en situaciones poco o nada confortables.

Antes de analizar las condiciones de confort, hagamos algunas consideraciones sobre determinados factores que intervienen en la ecuación de equilibrio térmico.

CALOR POR RADIACION.

Sabemos que en ciertos climas la radiación y convección son las principales fuentes de carga de calor externo que tiene el ser humano (por ejemplo, en los climas árido-desérticos). Cuánto calor debido a la radiación puede absorber o eliminar el ser humano? Podemos considerar la ganancia térmica debido básicamente a dos situaciones: radiación solar y radiación de fuentes que nos rodean (muros, techos, etc.) que llamaremos calor radiante de la edificación.

RADIACION SOLAR.

El calor debido a la radiación solar podrá ser directo o indirecto, es decir, se podrá deber a la luz que procede directamente del Sol y que nos llega a la piel proporcionándonos calor, o aquella que recibimos por difusión y reflexión del medio.

Qué superficie de piel será mayor en un ser humano durante las actividades cotidianas, la expuesta a la radiación directa o la expuesta a la radiación indirecta?

Generalmente el área de superficie expuesta a la radiación indirecta (o difusa) es mayor que aquella que recibe radiación solar directa. El área expuesta a la radiación directa se considera, en promedio (lógicamente, en lugares no cubiertos, y con vestimenta convencional) como aproximadamente 20% del área total del cuerpo humano, mientras que aquella expuesta a la radiación indirecta representa alrededor del 80%.

PREGUNTA : Si se supone una superficie de piel desnuda de 1.8 m² en un individuo y 500 kcal/m².hr como el valor de radiación directa, cual sería la energía termica total recibida por el cuerpo humano tanto en radiación solar directa como indirecta?

RADIACION POR CALOR RADIANTE BAJO TECHO.

Como todos los materiales radian de alguna manera, también el edificio radiará energía hacia los usuarios.

La llamada Ley de Stefan-Boltzmann relaciona los efectos del gradiente de temperatura de las superficies circundantes del entorno (Te) con aquella de la piel (Tp), y que queda expresada de la siguiente manera: el flujo calorífico está dado por la cuarta potencia de la temperatura de un objeto multiplicado por una constante (llamada constante de Stefan Boltzmann):

LEY DE STEFAN-BOLTZMANN

$$R = s \cdot T^4 \quad (15)$$

donde R : Flujo calorífico,
s : Constante de Stefan-Boltzmann,
T : Temperatura.

Sabemos que el flujo está determinado en su mayor parte por la temperatura (o más precisamente, por la cuarta potencia de la temperatura) pero no exclusivamente por ella. También hay otro factor, la emisividad (e), que debemos de considerar para nuestros cálculos. De la misma manera, deseamos calcular el flujo calorífico para determinada área (como por ejemplo, la superficie de nuestro cuerpo), así que multiplicamos el valor del flujo por el área de estudio (A). De esta manera la fórmula se transforma a:

$$R = s \cdot e \cdot A \cdot T^4 \quad (16)$$

Para tener una idea completa de nuestro sistema únicamente faltará integrar las distintas temperaturas del sistema: la temperatura de la piel (T_p) y la temperatura del entorno (T_e). La fórmula final que describe el flujo radiante entre el entorno y el usuario, quedaría finalmente expresada de la siguiente manera:

$$R = s \cdot e \cdot A \cdot ((T_e)^4 + (T_p)^4) \quad (17)$$

donde R : flujo radiante en kcal/hr.
s : es la constante de Stefan-Boltzmann
= 4.96×10^{-8} kcal.m².hr.grados Kelvin.
e : es la emisividad de la piel.
A : es la área de radiación efectiva.
T_e: es la temperatura del entorno (Grados Kelvin)
T_p: es la temperatura de la piel (Grados Kelvin).

NOTA:

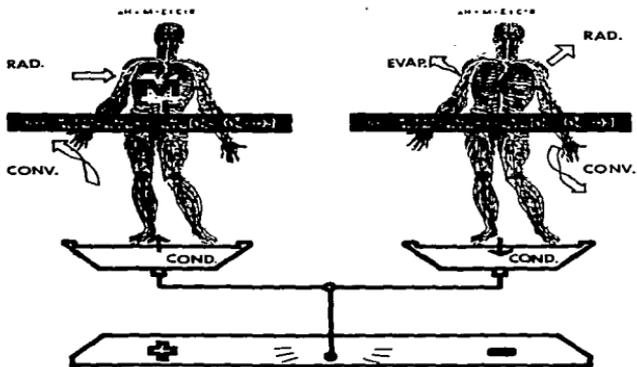
La transformación de grados Celsius o centígrados en Kelvin se logra fácilmente sumando 273 grados al valor dado en centígrados.

La constante de Stefan-Boltzmann equivale a 5.67×10^{-8} . W/m².grados Kelvin (⁴).

La emisividad de la piel es de aproximadamente 0.6 para piel blanca y 0.8 para piel negra.

El área de radiación efectiva es aproximadamente un 75% del área total de piel (que puede ser calculada por medio de la Fórmula de Dubois).

La temperatura externa promedio de la piel es de aproximadamente 34 grados Celsius.



$$0 = M + R + COND. + CONV. - EVAP.$$

FIGURA 3.2: BALANZA DE EQUILIBRIO TÉRMICO.

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS DEL CAPITULO.

PREGUNTA : Si se supone una superficie de piel desnuda de 1.8 m² en un individuo y 500 kcal/m².hr como el valor de radiación directa, cuál sería la energía térmica total recibida por el cuerpo humano tanto en radiación solar directa como indirecta?

RESPUESTA: Sabemos que aproximadamente el 20% de la radiación solar recibida por el cuerpo humano en actividades cotidianas es debida a la radiación solar directa; el resto, por lo tanto deberá considerarse (teóricamente) como susceptible a ser radiada por energía solar indirecta. De ésta manera tenemos la cantidad total de energía recibida como:

$$\begin{aligned} \text{Energía total} &= 1.8 \text{ m}^2 \times 500 \text{ Kcal/m}^2\text{.hr} \\ &= 900 \text{ Kcal/hr} \end{aligned}$$

De esta energía total, el 20% corresponderá a radiación directa, mientras que el 80% se considerará como proveniente de radiación indirecta:

$$\text{Radiación indirecta} = 900 \times 0.8 = 720 \text{ Kcal/hr.}$$

$$\text{Radiación directa} = 900 \times 0.2 = 180 \text{ Kcal/hr}$$

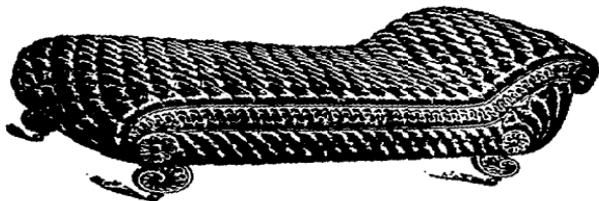
LECTURAS RECOMENDADAS.

Augustyn, J.R. "A Thermal and Economic Comparison of State of the Art Passive and Active Solar Heating Systems with Similar Methods as Commonly Employed by Cats".

Proceedings of the 4th National Passive Solar Conference, 1979, Kansas City, Missouri.
International Solar Energy Society, 1979.

CAPITULO 4.

CONFORT TERMICO.



4.1. CONFORT Y EQUILIBRIO TERMICO.

Es conveniente señalar que aún cuando en determinada situación una persona se encuentre en equilibrio térmico, ello no necesariamente significa que también se encuentra dentro de niveles de confort.

Si la temperatura es excesivamente alta, un individuo podría, por ejemplo, bajar la temperatura de su cuerpo por medio de enfriamiento evaporativo (es decir, por medio de la sudoración y evaporación) llegando a un equilibrio térmico, sin que esto significara que estuviera confortable. Se ha llegado a un equilibrio térmico pero no al confort: el estar sudando copiosamente no puede ser considerada como una situación cómoda para la mayoría de la gente. Es obvio que existen ciertas condiciones dentro de las cuales se puede dar el confort térmico.

Que condiciones del ambiente son las necesarias para alcanzar este confort?

Para nosotros como Arquitectos, nos es conveniente tener una base sobre la cual sustentarse para evaluar, en términos de confort térmico, una situación determinada.

Varios autores se han interesado en el estudio de este tema, decididos a llegar a establecer objetivamente las condiciones en las que la mayoría de la gente considera tener una satisfacción térmica, y por exclusión, aquellas situaciones donde generalmente se presentan sentimientos de incomodidad.

Si bien podríamos pensar que los parámetros generales de confort están bien definidos por las investigaciones realizadas, esto no ocurre en la realidad. Los resultados presentados en la literatura especializada varían ligeramente de acuerdo a cada investigador, según la circunstancia en que fué hecho el estudio.

El lugar donde se realizó la investigación parece ser un factor importante en la variación de resultados. Para dar una idea de las ligeras divergencias que existen, basta observar algunos de los datos considerados como enmarcando la zona de confort según los distintos autores. La Tabla IV.1 muestra los límites superior e inferior de temperatura y de humedad del aire que definen la zona de bienestar térmico, según varios estudios.

TABLA IV.1

LIMITES DE ZONA DE BIENESTAR TERMICO HUMANO

	AUTORES	LIMITES	
		TEMPERATURA	HUMEDAD
1.	B. Givoni	21.0 - 26.0 C	5 - 17 mm hg
2.	V. Olgyay (trópico)	21.0 - 27.0 23.9 - 29.5	20 % - 75 % 20 % - 75 %
3.	ASHRAE	22.2 - 26.6	4 mm hg
4.	Yaglou/Drinker	18.8 - 23.8	30 % - 70 %
5.	Koenisberger	22.0 - 27.0	30 % - 70 %
6.	C. E. Brooks	23.3 - 29.4	30 % - 70 %
7.	E. Gonzalez	infer. 22.0 super. 29.0	27 % - 75 % 20 % - 40 %

(Adaptado de: Proyecto. Clima y Arquitectura.
U. de Zulia. Maracaibo. 1986)

Vemos que en general el límite inferior de temperatura de bulbo seco se encuentra alrededor de 21 grados C., mientras que el límite superior se encuentra cercano a 28 grados C., nunca sobrepasando los 29.5 C.

La humedad, por otro lado, puede variar dentro de valores del 20 al 75 %.

Cuál sería la situación óptima de la combinación temperatura / humedad desde el punto de vista de bienestar térmico?

Es difícil concretar un dato único que exprese los parámetros en que toda la gente se sienta confortable desde el punto de vista térmico, pero generalmente se acepta un valor muy cercano al punto intermedio de las variaciones máximas y mínimas tanto en temperatura como humedad. ASHRAE (1985), por ejemplo, recomienda 24.5 grados C, con variaciones de humedad del 20 al 60 por ciento.

A continuación presentamos algunas de las conclusiones a las que han llegado algunos autores, y que podrán servir de referencia general sobre los parámetros que se deben de tener para alcanzar el confort térmico.

4.2. METODO DE VOGT Y MILLER-CHAGAS.

Estudios realizados en Francia por Vogt y Miller-Chagas, nos proporcionan guías prácticas sobre algunos de los parámetros que delimitan las situaciones de confort. Ellos dan siete condiciones básicas que hay que cumplir para llegar a un nivel aceptable de confort, y que son las siguientes:

1. Que exista equilibrio térmico en el cuerpo (es decir, que se cumpla la condición de "homeotermia central": la temperatura central del cuerpo debe permanecer cercana a los 37 grados, y ser regulada por medio de procesos fisiológicos del mismo cuerpo).
2. Temperatura cutánea media óptima de 33 grados Celsius.
3. Sudoración máxima limitada a 100 g/h.
4. Realización del proceso de desecación cutánea: la evaporación máxima del ambiente debe de ser por lo menos 10 veces mayor a la requerida para el mantenimiento de la homeotermia.
5. Mantenimiento del metabolismo, sin modificarlo mediante movimientos voluntarios o involuntarios (p.e. escalofrío).

6. No debe haber desecación de las mucosas de la boca y de la garganta (se da en tensiones parciales de vapor menores a 10 mm Hg)
7. La humedad relativa no deberá sobrepasar el 80%, para evitar condensaciones en los objetos más fríos.

Si bien el marco de las condiciones de confort que presenta el método de Vogt y Miller-Chagas puede ser científicamente válido, su aplicación práctica dentro del campo de diseño parece ser limitado. Muchos de los parámetros que presenta son difíciles de manejar, y algunos están francamente más relacionados con el ámbito de la medicina que con el campo de la Arquitectura. Uno de los problemas principales del método es que no presenta en una forma clara y continua la relación entre los factores que intervienen en el aspecto de confort térmico, sino que establece límites máximos, mínimos y óptimos de los parámetros. Existe otro método, sin embargo, que nos puede resultar más atractivo como instrumento de diseño.

4.3. DIAGRAMA BIOCLIMATICO DE OLGYAV.

Este método fue desarrollado por Aladar y Victor Olgav. De los primeros investigadores en profundizar sobre la noción de confort y arquitectura, los hermanos Olgav crearon instrumentos teóricos destinados a que la concepción creativa optimice los recursos para mantener un ambiente térmicamente aceptable (Olgav, 1963).

Ellos consideran que el confort debe alcanzarse en base a un balance de varios factores:

1. Temperatura (Bulbo Seco).
2. Humedad.
3. Velocidad del Aire.
4. Radiación Solar.
5. Vestimenta.

que pueden ser graficados en la llamada "Gráfica Bioclimática", figura 4.1.

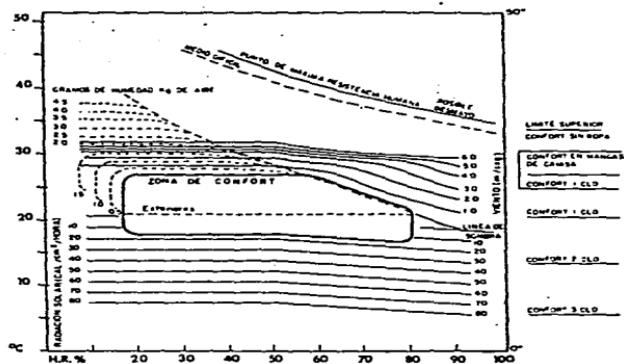


FIGURA 4.1: DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO DE OLGYAY.

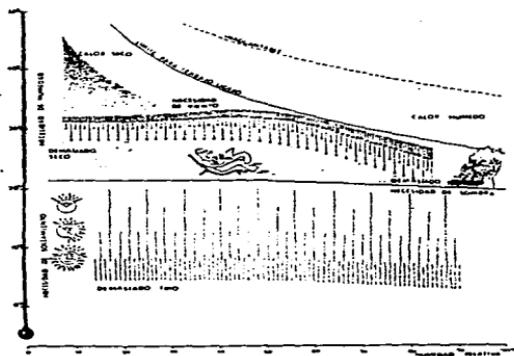


FIGURA 4.2: ZONAS DEL DIAGRAMA BIOCLIMÁTICO.

La Gráfica Bioclimática está trazada en base a las relaciones que se dan entre la temperatura y la humedad del aire. La figura 4.2 muestra, de una manera muy simplificada, las zonas principales de la gráfica bioclimática. Básicamente este diagrama se hace estableciendo las relaciones que existen entre humedad relativa (eje horizontal) y la temperatura (eje vertical). En base a entrevistas y experimentos se fueron graficando las sensaciones promedio de la gente en distintas condiciones de temperatura y humedad. La mayoría parecía alcanzar un nivel razonable de confort en la zona central de la gráfica (llamada "zona de confort" o "zona de bienestar térmico") mientras que si se excedían estos límites empezaban las molestias. De esta manera vemos que, si logramos hacer que las condiciones internas de nuestro edificio se encuentren dentro de la zona de confort, lograremos niveles de comodidad térmica que harán la habitabilidad de los espacios diseñados más agradable para la mayoría de la gente.

Veamos la gráfica bioclimática más a detalle.

La "zona de confort" se encuentra en el centro, con las indicaciones de los posibles cambios en su delimitación debido a velocidad del aire, radiación y vestimenta. Estos cambios se pueden dar para ampliar el área de la zona de confort debido a que algunos de los factores ayudan a mantener el equilibrio térmico del cuerpo. La velocidad del aire, por ejemplo, ayudará a aumentar la evaporación del la piel de un individuo, haciéndolo capaz de soportar temperaturas más altas sin que por ello se presenten sensaciones adversas, dentro de ciertos límites.

En la gráfica bioclimática la velocidad del aire se muestra como líneas sobre la zona de confort. Veamos algunos ejemplos de su aplicación: teniendo una temperatura de 24 C y una humedad relativa de 65%, vemos que estamos dentro de la zona de confort (punto A de la figura 4.3). Si la humedad relativa aumentara a 75%, el ambiente sería demasiado húmedo para quedar dentro de los límites deseables de confort (punto B), a menos que diseñáramos nuestro espacio para que fluyeran a través de él corrientes de aire con una velocidad mínima de 1 m/seg (60 m/min). Aquí el problema de falta de confort a causa de una alta humedad fue resuelto con un incremento en la velocidad del aire que rodea al individuo.

Veamos otro ejemplo. Gran parte de nuestro territorio nacional está compuesto por lugares donde predomina el clima caluroso seco. El resolver problemas de confort térmico en estas

egiones por medios pasivos puede ser una opción interesante en el ahorro de recursos. En estos casos es probable que el problema sea producido no por un exceso de humedad sino por tener una temperatura demasiado alta (Punto C: temperatura = 30 C, humedad relativa = 20%) como es el caso de los ambientes diurnos en las regiones árido-desérticas. En los climas cálidos y secos la velocidad del aire sólo puede resolver parte del problema: su efecto no es significativo pasando de ciertos límites. Si la temperatura es demasiado alta, por más rápido que sople el viento, éste no será lo suficientemente efectivo para lograr un nivel aceptable de confort. El punto C (T=30 C, HR = 20%) puede estar dentro de los límites de confort si es que tiene aire circulante con una velocidad aproximada de 1.5 m/seg como mínimo.

Si la temperatura ascendiese a 32 C (Punto D, T =32 C, HR=20%), sin cambio en el nivel de humedad, una velocidad de viento de 210 m/min (3.5 m/seg) no sería suficiente para lograr el confort: en climas cálidos y secos con altas temperaturas el viento por sí sólo puede no llegar a ser un medio efectivo de hacer el ambiente confortable. En estos casos, aunque pareciera paradójico, el sentimiento de confort puede lograrse si se agrega un poco de humedad al ambiente, pues el agua que se almacena en el aire producirá un descenso en la temperatura al evaporarse. En la parte superior izquierda de la gráfica se muestra la cantidad de humedad que debe agregarse al ambiente, en gramos de agua por kilo de aire, para lograr ampliar la zona de confort hasta los límites deseados, aunado si es posible a una alta velocidad de viento. Para ampliar la zona de confort al punto D, se deberá agregar al aire por lo menos 2.1 gramos de agua por kilo de aire seco.

Si bien las estrategias de diseño a seguir en el caso de desear canalizar corrientes de aire dentro de nuestro edificio son relativamente conocidas (diseñar para aprovechar la ventilación cruzada, por ejemplo), quizás para el caso de desear un aumento de humedad el camino no sea tan claro. Las soluciones son, sin embargo, sencillas y sin grandes problemas técnicos o tecnológicos. El uso de jardineras, plantas y vegetación en general, así como agua evaporable (cascadas, p.e.) en el trayecto de entrada del aire a nuestros espacios podría muy bien proveer la humedad necesaria para alcanzar niveles razonables de confort.

En el caso de bajas temperaturas, las líneas bajo la zona de confort muestran la cantidad de radiación solar necesaria para proveer de calor al ser humano y crear el sentimiento de confort. En una situación como la del punto F (T = 15 C, HR = 50%) tendría que haber una radiación solar de cuando menos 40 watts para alcanzar el confort térmico.

En la parte superior de la gráfica vemos dos líneas curvas: una, que muestra el límite para alcanzar confort por medio de viento más humedad, y que al tiempo es la que marca el límite donde se puede realizar trabajo de intensidad moderada. Más allá de esta línea es difícil hacer que las condiciones sean soportables mediante sistemas pasivos de control de temperatura y humedad, y lo más probable será que el ambiente deba de ser controlado por medio de sistemas activos.

Existe además otra línea que delimita la zona a partir de la cual se puede dar insolación. (la palabra "insolación" en este caso se entiende como "golpe de calor", es decir, problemas de funcionamiento correcto del cuerpo humano debido a una muy alta temperatura y/o radiación solar en un lapso muy corto). La línea vertical en la parte inferior central muestra la resistencia térmica aportada por la vestimenta, en unidades CLO. Una unidad CLO equivale a $0.155 \text{ m}^2 \cdot \text{C/W}$ o a $18 \text{ C.h.m}^2/\text{kcal}$. El valor de un CLO representa la resistencia térmica de una persona vestida "normalmente", por ejemplo, para trabajo de oficina. El valor máximo en la realidad es de 4.5 CLO, que equivaldría a un atuendo ártico. Más adelante veremos a detalle algunos valores CLO para diversas vestimentas.

Las líneas de vestimenta pueden también ampliar la zona de confort de una persona. Si el problema es que el ambiente es demasiado frío para ser confortable, podemos ya sea movernos hacia donde pegue el Sol (es decir, recibamos radiación solar directa) o abrigarnos más (aumentar nuestro valor CLO de vestimenta). Todavía existe otra posibilidad, la de acercarnos a una superficie con una temperatura mayor, de manera que nos proporcione algo de calor radiante, aunque para mayor simplicidad de diseño sólo consideraremos las dos primeras opciones. Vimos que el caso del punto F lo podemos resolver si obtenemos 40 W de la radiación solar directa. La otra posibilidad sería incrementar nuestra vestimenta hasta obtener un valor de 1.8 CLO aproximadamente, es decir, incrementando nuestro vestido normal en 0.8 CLO. De esta manera, teniendo la posibilidad de abrigarse (o aselearse) un poco más, nuestra zona de confort se incrementaría de la manera que se muestra en la figura 4.4.

Es conveniente darse cuenta que la zona de confort cambió para adaptarse a nuestras necesidades. Podrías imaginarte que forma tendría la zona de confort en un lugar donde pudiéramos reducir el vestido, por ejemplo, a 0.5 CLO (mangas de camisa) y también en caso de tener una baja temperatura pudiéramos aumentar nuestra vestimenta hasta 1.8 CLO?

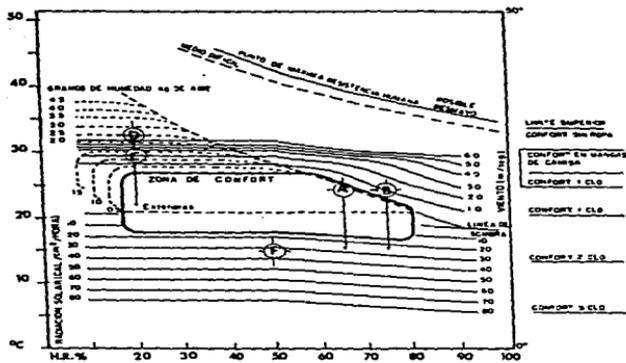


FIGURA 4.3: APLICACIÓN DE LA GRÁFICA BIOCLIMÁTICA

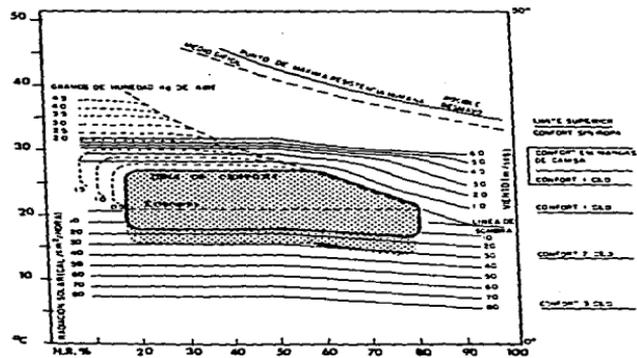


FIGURA 4.4: AMPLIACIÓN DE LA ZONA DE CONFORT PARA VESTIMENTA DE 1.8 CLO.

Cuáles son las ventajas y desventajas del diagrama bioclimático de Olgyay?

Sabemos que en lo que respecta a confort, los valores graficados por Olgyay son promedios: la edad, sexo, hábitos, y otras características propias de cada persona pueden ser factores que afecten los índices tomados en esta gráfica. El método, sin embargo, es muy bueno. En general la gráfica de Olgyay representa una forma sencilla, directa y relativamente exacta para estimar los factores de la zona de confort. Además proporciona directamente las formas y cantidades que son necesarias para corregir las situaciones que se salen de los límites deseados.

Algunas consideraciones son, sin embargo, pertinentes:

- * Existen autores que consideran que la Humedad relativa no es el criterio óptimo para estimar el confort térmico, sino que la Humedad Absoluta es un parámetro más adecuado (aunque en ocasiones, más complicado en su uso).
- * Además el efecto de aclimatación podrá afectar ligeramente el área o la posición de la zona de confort. Las adaptaciones a largo plazo pueden ampliar los parámetros de la gráfica.
- * La gráfica fue diseñada para latitudes medias, cercanas a los 40 grados de latitud norte, para individuos vestidos normalmente (1 CLO) y realizando trabajo sedentario.

Hasta el momento no se ha dado una forma precisa para adaptar la gráfica a zonas tropicales o ecuatoriales. Olgyay (1976) propone elevar la base de la zona de confort 0.4 grados C (0.75 F) por cada 5 grados de latitud que se recorran hacia el ecuador, debido a estos cambios en la aclimatación, aunque hay autores que opinan que esto lleva a resultados desproporcionados (Tudela, 1982).

Quizás una posición más realista sea la de considerar cada caso dentro de su circunstancia climática especial. La Ciudad de México (19 grados Norte), por ejemplo, con todo y estar localizada más al sur de la latitud para la cual se diseñó la gráfica (40 grados de latitud Norte) tiene un clima tropical de

altitud que bien podría equipararse con una latitud mayor. La ciudad de Hermosillo, Sonora (latitud 29 grados Norte), por otro lado, se encuentra situada en un clima cálido seco, y por lo tanto es muy probable que debamos de corregir la gráfica por medio de la recomendación de Olgay:

$$\begin{aligned}\text{Corrección} &= (40 - 29) \cdot 0.4 / 5 \\ &= 11 \cdot 0.4 / 5 \\ &= 0.88 \text{ C prácticamente} = 0.9 \text{ C}\end{aligned}$$

de manera que habría que recorrer todas las líneas interiores 0.9 grados C hacia arriba del diagrama para compensar por la aclimatización (o quizás más fácilmente, bajando las marcas de temperatura del eje vertical).

Cuales son los factores subjetivos que pueden modificar las gráficas (o la zona de confort) ?

Básicamente son los siguientes:

1. Vestimenta.
2. Edad y sexo.
3. Forma del cuerpo.
4. Grasa subcutánea.
5. Estado de salud.
6. Alimentación.
7. Color de la piel.
8. Aclimatación.

Hemos visto que la vestimenta puede modificar la sensación de confort de un individuo. La unidad de resistencia térmica es el CLO, que como ya vimos, es la unidad de vestido "normal" de una persona: traje de calle y ropa interior de algodón. Un CLO de vestido da como resultado el necesitar unos 9 C menos de temperatura de la que requeriría el cuerpo desnudo (Koeninsberger, 1977).

La tabla IV.2 muestra algunos de los valores CLO para diversas prendas de vestir.

TABLA IV.2

**VALORES CLO DE RESISTENCIA TERMICA DE
VARIAS PRENDAS DE VESTIR
(ASHRAE, 1985)**

HOMBRES

PRENDA	LIGERO	MEDIO	GRUESA
Ropa Interior.			
Trusa		0.05	
Camiseta sin manga		0.06	
Camiseta con manga		0.09	
Ropa int. larga arriba		0.35	
Ropa int. larga abajo		0.35	
Torso.			
Camisa manga corta	0.14		0.25
Camisa manga larga (+ 5% corbatas)	0.22		0.29
Pantalón	0.26		0.32
Suéter	0.20		0.37
Chamarra	0.22		0.49
Calcetines		0.04	
Calcetas		0.10	
Calzado.			
Sandalias		0.02	
Zapato		0.04	
Botas		0.08	

TABLA IV.2 (Cont).

MUJERES.

<u>PRENDA</u>	<u>LIGERO</u>	<u>MEDIO</u>	<u>GRUESA</u>
Ropa Interior.			
Brassier y pantaletas		0.05	
Medio fondo		0.13	
Fondo completo		0.19	
Ropa int. larga arriba		0.35	
Ropa int. larga abajo		0.35	
Torso.			
Blusa	0.20		0.29
Vestido	0.22		0.70
Falda	0.10		0.22
Pantalón	0.26		0.44
Suéter	0.17		0.37
Chamarra	0.17		0.37
Medias		0.01	
Calzado.			
Sandalias		0.02	
Zapato		0.04	
Botas		0.08	

NOTAS:

La resistencia térmica total es igual a la suma de los términos de resistencia térmica individuales.

CAPITULO 5.

RADIACION SOLAR.



5.1. NATURALEZA DE LA RADIACION SOLAR.

Si lo que básicamente pretendemos es la utilización pasiva de la energía solar, es conveniente conocer la naturaleza de su radiación, así como el cálculo de su intensidad en un momento dado. Pensemos por ejemplo que en cierto caso específico debamos de conocer la cantidad de energía térmica que el sol puede aportar a una construcción ya edificada. De manera similar podríamos preguntarnos cuales son las intensidades de radiación para distintas orientaciones y así definir el diseño más acorde a las necesidades de nuestro edificio. Las aplicaciones son ilimitadas.

El sol, la estrella más cercana a nosotros, tiene una masa 334,000 veces mayor a la de la Tierra. Tiene un movimiento de rotación sobre su eje con una duración de aproximadamente 4 semanas (el "día" para un observador en la superficie del sol puede tomar valores entre 24 días 16 horas en el ecuador solar y 33 días en los polos, dependiendo de la latitud). Su distancia a la Tierra varía debido a la órbita elíptica de ésta, pero el valor medio es de 150 millones de kilómetros, siendo las variaciones entre las distancias mínima y máxima de alrededor de 1/60 del valor promedio (Abell, 1969).

El diámetro aparente del sol, a una distancia media y visto desde la Tierra, es aproximadamente de 32 minutos de arco. Muchos de nosotros tenemos la convicción de que el tamaño aparente del sol es mayor a cierta hora del día: al amanecer o al atardecer el disco solar parece sensiblemente más grande. Al mediodía, o cuando el sol está alto sobre el horizonte, parece ocurrir lo contrario. De esta manera parecería que el sol tiene mayor intensidad a ciertas horas del día debido a su tamaño aparente en el cielo. La verdad, sin embargo, es que el tamaño aparente del disco solar no varía sensiblemente, y permanece relativamente constante durante día.

Entonces, cual es la razón por la que este astro parece más grande cuando está cercano al horizonte?

Esta variación es una mera ilusión óptica. La razón obedece a que es precisamente en la parte baja de la bóveda celeste donde generalmente existen objetos con los cuales se puede comparar el tamaño del Sol (casas, árboles, edificios altos, etc.) que al ser de gran tamaño en sus dimensiones reales dan la impresión de que el Sol tiene un tamaño mayor. En la parte alta del cielo generalmente no existen objetos con los cuales se pueda comparar el disco solar, y por lo mismo, parece menor.

El tamaño del disco solar puede variar ligeramente, no durante el día, sino durante el año. Qué tanto puede ser esta variación en el diámetro del disco? Los límites superiores e inferiores del diámetro aparente solar, visto desde la superficie de la Tierra, son aproximadamente 32' 35" y 31' 15" (una diferencia máxima de 80", o sea 1' 20"). Esta variación se debe principalmente a la diferencia en distancia entre la Tierra y el Sol. La distancia es mínima cerca del 15 de Enero (durante el llamado "perihelio"), mientras la máxima ("afelio") se da a finales de Junio. La relación es inmediata: es precisamente cuando estamos más cercanos al Sol cuando el disco solar aparece de mayor tamaño (y viceversa). De esta manera, podemos considerar el tamaño promedio aparente del disco solar como de 31' 59".3 (Abell, 1969).

Para nuestros fines lo importante será recordar que el tamaño relativo del disco solar permanece constante. Para asegurarse de ello, podemos tomar dos fotografías del Sol: una al atardecer y otra cuando está alto sobre el horizonte. La variación en diámetro será prácticamente nula, y podremos ver cuánto sobrestimamos el tamaño real del Sol cuando se le compara con objetos conocidos.

Un experimento interesante sería el simular los cambios anuales de diámetro solar, que si bien son mucho mayores que los diarios, son prácticamente despreciables. Si sabemos la variación en el diámetro solar, podemos efectuar un sencillo experimento. Simulemos el tamaño aparente del Sol mediante monedas de 2.5 cm de diámetro, colocadas a cierta distancia del observador. El tamaño aparente de 32' 35".0 se logra colocando la moneda a 528 cm de distancia, mientras el tamaño mínimo (31' 15".0) se da colocando otra moneda a 550 cm, según lo muestra la figura 5.1. Por medio de esta comparación se ve que la variación en diámetro es mínima y por ello no la consideramos en el momento de calcular nuestros parámetros sobre el Sol.

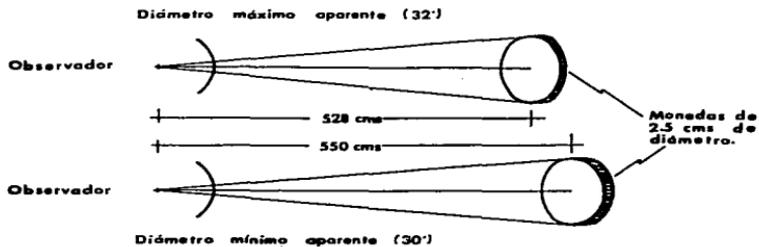


FIGURA 5.1: EXPERIMENTO DE VARIACIÓN EN EL DIÁMETRO SOLAR APARENTE.

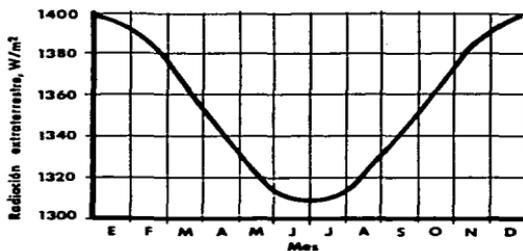


FIGURA 5.2: VARIACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR EXTRATERRESTRE A LO LARGO DEL AÑO.

Entonces a qué se deben las variaciones en la intensidad solar? Básicamente se deben a dos fenómenos íntimamente relacionados: la inclinación de los rayos solares determina el primero de estos factores (la misma intensidad se distribuye en una área mayor) según la ley del coseno. El segundo factor es la disipación atmosférica, es decir, el efecto de la atmósfera y sus partículas sobre los rayos solares, cuyas características vimos someramente en el capítulo de elementos climáticos y su relación con el diseño arquitectónico.

La estructura solar es compleja. Para nosotros la parte más interesante será la que influya de mayor manera en nuestros diseños. La mayor cantidad de la radiación solar que recibimos se origina (visualmente) en la parte del sol que conocemos como "fotosfera". Esta capa solar tiene aproximadamente 300 km de espesor y una temperatura de aprox. 6000 K. Los especialistas, inclusive, consideran que el sol se comporta como un cuerpo negro a una temperatura efectiva de 5762 K (Manrique, 1984).

5.2. CONSTANTE SOLAR.

La llamada "Constante Solar" está definida como la cantidad de energía por unidad de tiempo que recibe una superficie perpendicular a la radiación, en el espacio, a la distancia media entre el sol y la Tierra. Dicho de otra manera, es la cantidad de energía que recibe una superficie que mire directamente al sol en un punto situado fuera de la atmósfera terrestre, en cierto tiempo.

La Constante Solar no es tan constante como su nombre lo indica. Debido a las variaciones de distancia entre la Tierra y el sol, la energía que nuestro planeta recibe también se modifica aproximadamente en un 3.5% con respecto al valor medio, tal y como lo muestra la figura 5.2.

Los valores de la Constante Solar se pueden dar en distintas unidades, todas expresando la cantidad de energía que se fluye por unidad de tiempo. La Tabla V.1 proporciona algunos de los valores más aceptados en la literatura especializada.

TABLA V.1

VALORES DE LA CONSTANTE SOLAR
(Basados en los datos de Thekaekara y Drummond. 1971)

Constante Solar	=	1353	W/m2
		1.94	kcal/min.cm2
		1.94	langley/min
		428	Btu/h.ft2
		4871	KJ/m2.hr

NOTAS:

Los valores de la constante solar se han ido modificando paulatinamente por las mejoras en los sistemas de medición y detección. Los estudios pioneros fueron realizados por Abbot y posteriormente por Johnson. Los valores que ellos encontraron fueron 1322 W/m2 y 1395 W/m2, respectivamente. Estas mediciones fueron actualizadas, y un nuevo estandar adoptado para la constante solar, según lo propuesto por Thekaekara y Drummond (1971) es de 1353 W/m2, tal como lo describe Duffie (1974).

La cantidad total de energía solar interceptada por la Tierra por unidad de tiempo será igual al producto del área ($\pi \cdot r^2$) multiplicada por la constante solar (S), donde $\pi = 3.14159\dots$ y r es el radio terrestre. Si el radio de la Tierra equivale a 6.37×10^{18} cm, tenemos que:

$$\begin{aligned} \text{Energía Total Interceptada} &= \pi \cdot r^2 \cdot S & (18) \\ &= 2.55 \times 10^{18} \text{ kcal/min} \\ &= 3.67 \times 10^{21} \text{ kcal/día.} \end{aligned}$$

Como vemos, la cantidad de energía solar recibida no es nada despreciable. La Tabla V.2 compara la energía total de algunos fenómenos con el valor de la energía solar recibida por la Tierra en un día.

TABLA V.2

ENERGIA TOTAL DE ALGUNOS FENOMENOS Y PROCESOS LOCALIZADOS.
 (Según Sellers, 1965)
 (3.67×10^{21} kcal/día = 1)

Energía Solar recibida en un día.	1	1
Uso mundial de energía en 1950.	1 / 100	10^{-2}
Terremoto muy fuerte.	1 / 100	10^{-2}
Ciclón (promedio)	1 / 1000	10^{-3}
Huracán (promedio)	1 / 10,000	10^{-4}
Explosión de Krakatoa (Agosto 1883)	1 / 100,000	10^{-5}
Detonación de bomba termonuclear.1954.	1 / 100,000	10^{-5}
Tormenta eléctrica	1 / 10,000,000	10^{-7}
Bomba atómica en Nagasaki, Agosto 1945.	1 / 100,000,000	10^{-8}
Terremoto, promedio.	1 / 100,000,000	10^{-8}
Quemar 7,000 toneladas de carbón	1 / 100,000,000	10^{-8}
Lluvia moderada (10 mm sobre una ciudad)	1 / 100,000,000	10^{-8}
Tornado, promedio.		10^{-10}
Iluminación artificial nocturna de Nueva York		10^{-11}
Caída de un rayo (promedio)		10^{-13}
Caída de meteorito		10^{-18}

Fuente: Physical Climatology.
 William Sellers,
 The University of Chicago,
 1965.

5.3. RADIACION SOLAR SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE.

Como entre el espacio extraterrestre y la superficie existe una capa de gases que modifican la entrada de los rayos solares, podemos deducir que no toda la radiación que llega al límite de la atmósfera alcanzará la parte donde nosotros construiremos nuestras edificaciones.

La densidad de la atmósfera se reduce drásticamente conforme se incrementa la altitud. De hecho, la mitad de la atmósfera en su conjunto, expresada como masa, se localiza en los primeros 5 kms de la superficie. Los límites superiores de la atmósfera son indeterminados, es decir, no existe una parte fija a partir de la cual se pueda decir que la capa de gases empieza o termina. Existe evidencia de vestigios de gases atmosféricos hasta 1500 kms, aunque a estas alturas la densidad del aire es prácticamente

nula. Consideremos que ya a los 300 kms de altura sólo existen alrededor de 200 millones de átomos/ pulgada cúbica. Una densidad de aire de 1000 millones de átomos/ pulgada cubica (es decir, cinco veces más) es considerada comun buen nivel de vacío para los estándares de laboratorio (Abell, 1969).

Otra característica de la atmósfera es que casi todo el vapor de agua se encuentra concentrado en la proximidad de la superficie, de manera que el 95% de éste se encuentra dentro de los primeros 5 km de altura sobre el nivel del mar (ya dentro de los primeros 2 km está el 50% del total de vapor de agua).

Aparte de los gases necesarios para la respiración, existen dos componentes de la atmósfera que son importantes por ser necesarios para conservar la vida: el ozono y el vapor de agua. Ambos absorben radiación en la parte infrarroja y ultravioleta del espectro solar.

El ozono tiene la propiedad de absorber casi todas las radiaciones ultravioletas de longitud de onda inferior a 0.35 micras, lo cual es imprescindible para la vida (los rayos ultravioletas tienen acción destructora en los tejidos vivos).

El vapor de agua, por otra parte, absorbe la radiación solar en la parte infrarroja del espectro electromagnético. En la parte que corresponde a la radiación de onda corta, tanto el ozono como el vapor de agua también son responsables por gran parte de la absorción de la radiación solar directa. Se puede decir que prácticamente es nula la radiación que llega a la superficie terrestre en estas longitudes de onda (Sellers, 1969).

En el balance general de la radiación total incidente sobre la superficie externa de la atmósfera, como se absorbe, refleja y distribuye la energía al viajar hacia la superficie terrestre?

Según Sellers (1969), el 30% de la radiación solar total recibida es reflejada y difundida al espacio por las nubes (24%) y por los componentes atmosféricos (6%); el 17 por ciento se absorbe por las nubes (3%) y por los componentes atmosféricos

absorbe por las nubes (3%) y por los componentes atmosféricos (14%); mientras que el 22% alcanza a llegar a la superficie como radiación solar difusa. El resto (31%) debe de llegar como radiación solar directa. De esta manera vemos que, en promedio, un poco más de la mitad ($22\% + 31\% = 53\%$) de la radiación total externa interceptada por la Tierra eventualmente llega a la superficie terrestre (ver figura 5.3).

5.4. RELACIONES GEOMETRICAS.

A. ANGULOS SOLARES.

La mayoría de nosotros estamos familiarizados con el comportamiento del Sol sobre la bóveda celeste. Sabemos que los movimientos aparentes de este astro varían de mes a mes. La trayectoria más baja se da en invierno, mientras la más alta se da en verano (ver figura 5.4). La parte intermedia entre estas dos trayectorias se da precisamente durante los equinoccios (Marzo 21 y Septiembre 21).

La variación de la longitud del día también se puede deducir de este diagrama. El día tiene 12 horas de duración para el caso de los equinoccios, mientras que durante el verano las horas con Sol son mayores (el amanecer ocurre más temprano, y el atardecer más tarde). Para el caso de invierno, la situación se invierte: el día se torna más corto, puesto que el amanecer ocurre más tarde, y además el atardecer se da más temprano (ver figura 5.5).

Para efectos de análisis, es conveniente considerar el movimiento del Sol desde un punto de vista ptolomeico, es decir, que se imagine a la Tierra como fija, y que sea el Sol el que gire describiendo trayectorias circulares en la bóveda celeste. De esta manera, la posición solar se puede determinar por medio de dos parámetros básicos:

1. Altitud Solar (A)
2. Azimut Solar (AZ)

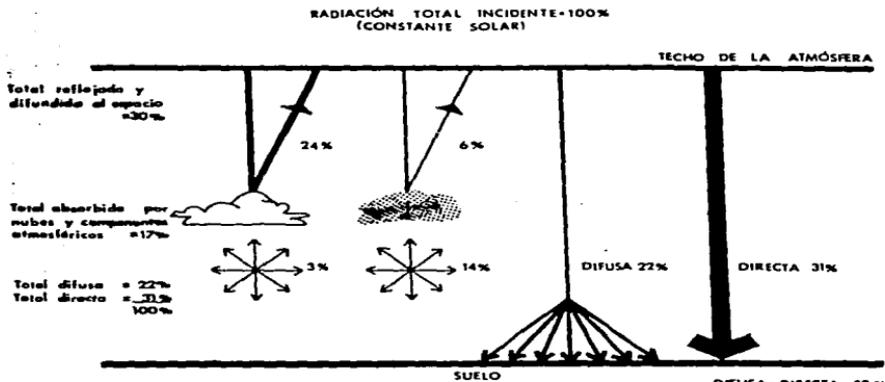


FIGURA 5.3: PASO DE LA RADIACIÓN A TRAVÉS DE LA ATMÓSFERA.
(DATOS SEGÚN SELLERS, 1969)

EN EL EQUINOCCIO EL SOL SALE EXACTAMENTE POR EL ESTE Y SE PONE EXACTAMENTE POR EL OESTE.

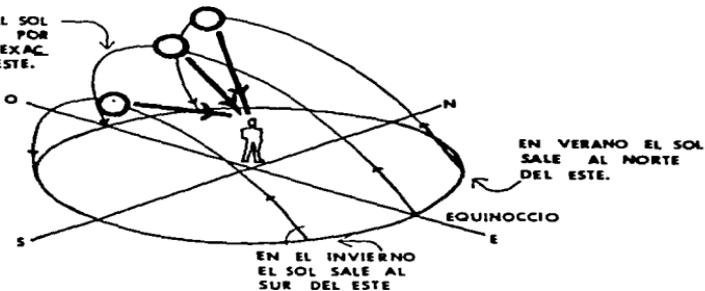


FIGURA 5.4: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MOVIMIENTO SOLAR APARENTE.

altitud.	Del latín altus, 'alto'.
azimut	Del árabe Sumut, plural de Samt, 'paralelo'.

La ALTITUD (o altura) solar se define como la elevación que tiene el sol sobre el horizonte (en cualquier dirección y perpendicular a la tangente de la línea de horizonte). El azimut (también escrito como "azimut") será la desviación que tiene el astro respecto al sur verdadero. En astronomía y en otras ciencias exactas es costumbre medir el azimut con respecto al norte. Nosotros, por sencillez, preferimos medirlo directamente a partir del sur: el azimut del sur será de cero grados, mientras que el azimut de un punto que se encuentre hacia el sureste será, por ejemplo, de 45 grados hacia el este. La figura 5.6 ayudará a visualizar estos dos parámetros.

Cómo podemos calcular la altitud y el azimut solar?.

La posición del sol para un observador depende de tres variables:

1. De dónde se encuentre en la Tierra.
2. De la fecha.
3. De la hora.

Estos tres elementos se pueden traducir a medidas en grados pues es conveniente para los cálculos que todas las unidades se expresen mediante una sola convención. De ésta manera los tres elementos anteriores se transforman en:

FACTORES QUE DEFINEN LA POSICION DEL SOL.

1. Latitud del lugar (L)
2. Declinación solar (D)
3. Angulo Horario (AH)

todas expresadas en grados.

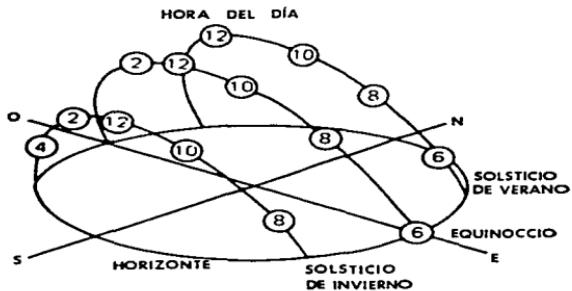


FIGURA 5.5: TRAYECTORIA SOLAR APARENTE MOSTRANDO LA HORA DEL DÍA.

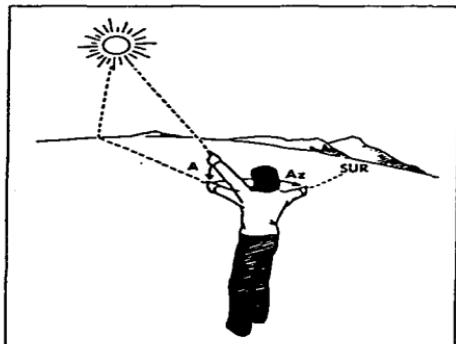


FIGURA 5.6: ALTITUD Y AZIMUT SOLAR.

La LATITUD no debe de tener problema en determinarse, ya que puede ser obtenida de un mapa topográfico o de bibliografía similar. Es conveniente recordar que la latitud es positiva cuando el lugar se encuentra al norte del ecuador, y negativa cuando se encuentra hacia el sur. Para efectos de nuestros cálculos, no es necesaria una gran exactitud en la determinación de la latitud pues con una aproximación a los minutos de arco será más que suficiente (p.e. una latitud de 20 grados 15 minutos 50 segundos se podrá trabajar como 20 grados 16').

La DECLINACION define la posición angular del Sol sobre el plano del ecuador, y al mediodía solar. La declinación solar es una medida que nos permite expresar, angularmente, la fecha del año para la cual deseamos el cálculo, pues mide el alejamiento del Sol del ecuador (y por lo cual su valor no puede crecer más de 23.5 grados hacia el norte o hacia el sur).

Si bien los valores para la declinación solar pueden ser obtenidos por medio de los anuarios astronómicos, existe una sencilla manera de calcular analíticamente la declinación solar, y ello es por medio de la Ecuación de Cooper, tal y como se menciona en Duffie (1974):

ECUACION DE COOPER.

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 * (284 + n) / 365) \quad (19)$$

donde "n" es el número de días transcurridos desde el Enero 1 (o, visto de otra manera, "n" es el día del año).

Como es de esperarse, el resultado de graficar esta función nos dá una curva sinusoidal, misma que se muestra en la figura 5.7.

El ANGULO HORARIO es la forma que utilizamos para expresar la hora mediante una medida angular: es es tiempo que se aleja nuestra hora elegida del mediodía solar (medido en grados). El ángulo solar del mediodía es cero. El valor angular de cada hora es de 15 grados (puesto que 1 hora = 360 grados/24 horas), siendo positivo en las mañanas y negativo en las tardes.

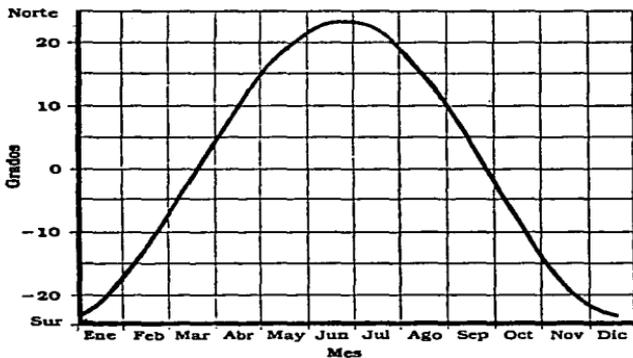


FIGURA 5.7: VARIACIÓN DE LA DECLINACIÓN SOLAR DURANTE EL AÑO.

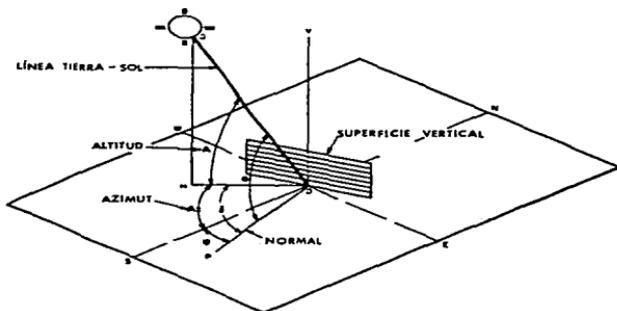


FIGURA 5.8: ÁNGULO DE INCIDENCIA EN RELACION A OTROS ÁNGULOS.

De esta manera, el ángulo horario de las 11 de la mañana sería de +15 grados, mientras que, por ejemplo, el de las cuatro de la tarde será de -60 grados.

Conociendo los tres parámetros anteriores, es fácil deducir los parámetros de posición solar (altitud y azimut) en el sistema de coordenadas llamado "polar", pues se rige por los polos celestes como puntos de origen. La posición del sol se puede obtener mediante las siguientes relaciones:

ECUACIONES POLARES DE POSICION SOLAR.

$$\text{sen A} = \cos L \cdot \cos D \cdot \cos \text{AH} + \text{sen L} \cdot \text{sen D} \quad (20)$$

$$\text{sen AZ} = \cos D \cdot \text{sen AH} / \cos A \quad (21)$$

donde:

A = Altitud Solar, en grados.
AZ = Azimut Solar, en grados (desde el Sur).
L = Latitud del observador.
D = Declinación solar, en grados.
AH = Angulo Horario, en grados.

Para clarificar los anteriores conceptos, será conveniente resolver un ejemplo sencillo.

EJEMPLO Determinar la posición aparente del sol (altitud y azimut solar) para las 10 de la mañana del día 18 de febrero, en un lugar situado a 20 grados de latitud norte.

SOLUCION: De los tres elementos angulares conocemos inmediatamente uno de ellos: la latitud (+20). El ángulo horario se determina fácilmente por:

$$\begin{aligned} \text{AH} &= (12 \text{ hrs} - 10 \text{ hrs}) \cdot 15 \\ \text{AH} &= 2 \text{ hrs} \cdot 15 \\ \text{AH} &= + 30 \text{ grados (positivos por ser de mañana)} \end{aligned}$$

Conocidos la latitud y el ángulo horario el único dato faltante sería el de la declinación solar, mismo que podemos conocer por medio de la ecuación de Cooper (19):

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + n) / 365) \quad (19)$$

donde n es igual a 49 (31 días de enero, más 18 días de febrero), por lo que, sustituyendo tenemos:

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + 49) / 365)$$

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (333) / 365)$$

$$D = - 12.27$$

De esta manera tenemos los tres datos necesarios para encontrar la posición solar en determinado momento:

Datos:

Latitud:	20	grados
Declinación:	-12.27	grados
Angulo Horario:	+30	grados

por lo cual es posible aplicar las fórmulas polares de posición solar (20) y (21), donde sustituyendo, encontramos como resultado:

Altitud Solar (A): 46.26 grados

Azimut Solar (AZ): 44.96 grados E.

Estos resultados podrán comprobarse mediante el uso de alguna gráfica solar adecuada, mismas que se describirán más adelante.

B. OTRAS RELACIONES DERIVADAS.

Una vez determinados los parámetros básicos de posición del sol, es posible obtener mayor información a través de relaciones derivadas.

Una de ellas es el conocer la LONGITUD DEL DIA, y que se logra por medio de la siguiente relación (Duffie, 1974):

LONGITUD DEL DIA.

$$T_d = 2/15 \cos^{-1} (-\tan L \cdot \tan D) \quad (22)$$

donde:

T_d : es la longitud del día, expresada en horas.

L : es la latitud del lugar.

D : es la declinación solar para el día en cuestión.

La expresión "cos⁻¹" es equivalente a "arcocoseno".

EJEMPLO : Cual será la longitud del día el 18 de febrero, en un lugar situado en una latitud de 20 grados Norte? La declinación solar para esta fecha, según el ejercicio anterior, es de -12.27 grados.

SOLUCION : Se aplica directamente la fórmula (22):

$$T_d = 2/15 \cos^{-1} (-\tan L \cdot \tan D)$$

$$T_d = 2/15 \cos^{-1} (-\tan 20 \cdot \tan -12.27)$$

$$T_d = 2/15 \operatorname{acs} (-0.3639 \cdot -0.2174)$$

$$T_d = 2/15 \operatorname{acs} (0.0791)$$

$$T_d = 2/15 \cdot 85.46$$

$$T_d = 11.39 \text{ horas.}$$

Otra de las aplicaciones de conocer los parámetros básicos de posición solar es el de determinar el ángulo de incidencia para una superficie vertical dada, para cualquier orientación. Para ello necesitamos la componente horizontal y la componente vertical que definirán el ángulo de incidencia (ver figura 5.8).

La componente horizontal será la separación angular entre el azimut solar y el de la superficie vertical en cuestión. Por ejemplo, si el Sol tiene un azimut de 45 W, y un muro tiene una orientación de 15 E, la diferencia entre ambas orientaciones será de 60 grados.

La componente vertical es mucho más sencilla. Es la misma que el ángulo de altitud solar en cuestión.

El ángulo de incidencia (AI) se puede definir por medio de la llamada "ecuación del coseno del ángulo del triángulo esférico", misma que se presenta a continuación (Koeningsberger, 1977):

$$\text{Cos AI} = \text{cos CH} \cdot \text{cos CV} \quad (23)$$

donde:

AI : es el ángulo de incidencia.
CH : es la componente horizontal.
CV : es la componente vertical (altitud solar)

EJEMPLO : Cual será el ángulo de incidencia sobre un muro vertical, cuya orientación es de 30 W, sabiendo que su altitud solar es de 50 grados y su azimut es 5 grados W?

SOLUCION : Para conocer la componente horizontal, procedemos a calcular la separación angular entre el azimut solar y la orientación del muro, por lo que tenemos:

$$\text{CH} = 30 - 5 \text{ grados} = 25 \text{ grados.}$$

La componente vertical la conocemos directamente, pues es idéntica a la altitud solar. De esta manera podemos aplicar la fórmula:

$$\cos AI = \cos CH = \cos CV$$

(23)

$$\cos AI = \cos 25 = \cos 50$$

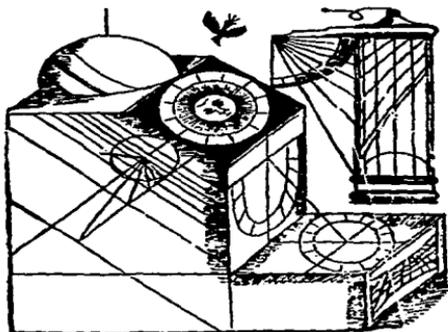
$$\cos AI = 0.9063 = 0.6427$$

$$\cos AI = 0.5825$$

$$AI = 54.37 \text{ grados.}$$

CAPITULO 6.

MEDICION Y ESTIMACION DE LA ENERGIA SOLAR



6.1. RADIACION SOLAR DIRECTA, DIFUSA TOTAL Y GLOBAL.

Para evaluar el funcionamiento de nuestros diseños, resulta conveniente conocer cómo se mide la radiación solar, y qué tipo de radiación se está considerando. Para ello describiremos brevemente los tipos de radiación que podemos medir.

Primeramente definamos algunos conceptos que se utilizan frecuentemente en el campo de la medición de la radiación solar: soleamiento, asoleamiento e insolación (éste último término entendido en el sentido de describir la radiación de un lugar, no como "golpe de calor"). Tanto el concepto de soleamiento como el de insolación son sinónimos, y describen la forma que un objeto, generalmente difícil de cambiar de posición o definitivamente fijo (un edificio, por ejemplo) recibe la radiación solar. El término asoleamiento describe más bien la radiación solar que recibe un objeto móvil, en una acción generalmente pasajera (por ejemplo, asolear una toalla). En el primer caso (insolación y soleamiento) la acción es permanente, mientras que en el segundo caso el concepto (asoleamiento) describe una acción temporal. Como nosotros trabajamos generalmente con la forma de captación permanente de las edificaciones, utilizaremos los conceptos de insolación y soleamiento en este escrito.

La insolación de un lugar tiene tres características:

1. Duración.
2. Intensidad.
3. Calidad (Directa o Difusa).

La duración de la insolación se mide en unidades de tiempo, generalmente horas, mientras que tanto la intensidad como la calidad de la radiación se miden en unidades de potencia (W/m^2 , ly/min).

En el capítulo anterior vimos cómo era posible calcular la duración del día (es decir, de la insolación) para un lugar dado en una fecha determinada. Este valor de insolación máxima podría modificarse por factores de nubosidad, que impiden la insolación directa, para obtener así un valor real de soleamiento en un determinado lugar.

La radiación solar DIRECTA (Q) se puede describir como aquella que nos llega directamente del Sol, sin sufrir cambios apreciables en su calidad y dirección.

La radiación solar DIFUSA (q), por otro lado, es difractada por su interacción con las moléculas de aire, partículas en suspensión, y vapor de agua. De esta manera la radiación difusa sufre dispersión en la atmósfera y no tiene una dirección única o preferente. Caso típico en que la totalidad de la radiación solar que nos llega a la superficie terrestre tiene una calidad difusa es cuando el cielo está totalmente cubierto por nubes.

La radiación TOTAL (R_t) es simplemente la suma de la componente de radiación directa más difusa ($Q+q$):

$$R_t = Q + q \quad (24)$$

donde:

R_t = Radiación Total.
 Q = Radiación Solar Directa.
 q = Radiación Solar Difusa.

La radiación GLOBAL (R_g) se da en el caso de una superficie horizontal sobre la superficie de la Tierra, donde éste parámetro lo constituyen la suma de la componente vertical de la radiación directa (Q_v) más la radiación difusa (q) que proviene de la bóveda celeste:

$$R_g = Q_v + q \quad (25)$$

donde:

R_g = Radiación Global sobre una superficie horizontal.
 Q_v = Componente vertical de la Radiación Directa.
 q = Radiación solar difusa.

6.2. MEDICION DE LA RADIACION SOLAR.

Existen diversos instrumentos para medir la radiación solar. A todos ellos se les conoce como SOLARIMETROS. Solarímetro es el nombre genérico que se le da todo aparato que sirve para medir algún parámetro de la radiación solar. Existen varias clases de solarímetros, que a continuación describiremos brevemente.

Aquellos instrumentos que sirven para medir la DURACION de la radiación solar se les conoce como HELIOGRAFOS. Son, por lo tanto, éstos aparatos los que se utilizan para medir las horas de soleamiento de un lugar. Como únicamente mide la duración de la insolación no nos ofrece ninguna información sobre la intensidad de la radiación solar, solamente proporciona los intervalos de tiempo en el día en que la radiación está por encima de un mínimo establecido (generalmente 120 W/m^2).

Para medir la POTENCIA se utilizan diversos instrumentos, según sea la calidad de la radiación que se desee medir:

PIRHELIOMETROS o ACTINOMETROS para la DIRECTA.
DIFUSOMETROS para medir la radiación DIFUSA.
PIRANOMETROS para medir la radiación GLOBAL.

Veamos estos instrumentos con más detalle:

Los PIRHELIOMETROS son instrumentos diseñados para medir la radiación solar DIRECTA A UNA INCIDENCIA NORMAL (Q_n). Generalmente tiene una placa receptora orientada perpendicularmente a los rayos solares, protegida por un tubo ennegrecido, o circundado por una serie de diafragmas dispuestos de tal manera que sólo un pequeño campo de cielo sea interceptado. Las observaciones con este instrumento se procuran hacer en días con cielo totalmente claro y despejado. De todos los solarímetros, los pirheliómetros son los instrumentos más exactos por lo que frecuentemente se utilizan para calibrar a los demás aparatos de medición de radiación solar (Sellers, 1965).

Los PIRANOMETROS miden la radiación total GLOBAL del cielo sobre una superficie HORIZONTAL. A diferencia de los pirheliómetros, los piranómetros generalmente se utilizan continuamente, y en todo tipo de situaciones climáticas. Como generalmente estos instrumentos están protegidos por una esfera de vidrio únicamente la radiación de onda corta (0.25 a 4 micras) la atraviesa. El vidrio tiene una gran capacidad de absorción en el infrarrojo. Algunos sensores para evitar esta limitante utilizan delgadas capas de polietileno, y son calibrados debido a la falta de transparencia de las capas de plástico.

Además de medir la radiación total global sobre una superficie horizontal, los piranómetros tienen otros usos, tales como la medición de radiación total sobre una superficie inclinada, la radiación difusa, la intensidad de la radiación solar o el albedo de las superficies circundantes.

Imaginar como se determina la radiación solar difusa con un piranómetro no es difícil. Como este instrumento mide la radiación total (R_t), es decir, directa (D) más difusa (q), sobre una superficie horizontal, al eliminar la componente directa tendremos como resultado la medición de la radiación difusa sobre la superficie. Esto se logra prácticamente mediante pantallas que evitan la llegada directa de los rayos solares. La pantalla debe ser ajustable de modo que provoque sombra sobre el sensor a medida que cambia la declinación solar con la hora del día. Algunas veces las lecturas deben ser corregidas por el área de cielo que los soportes de la pantalla han obstaculizado.

La intensidad solar se determina mediante el uso de dos piranómetros, uno sombreado y otro no (o con un sólo instrumento que se tapa y destapa para obtener dos lecturas distintas). Al tener el piranómetro descubierto, obtendremos el valor de la radiación global (R_g) en una superficie horizontal. Al tenerlo cubierto, podemos medir la radiación difusa (q) del cielo. Puesto que la radiación global es la suma de la radiación directa más la difusa, la diferencia entre la lectura R_g menos la q nos proporcionará la intensidad de la radiación solar directa sobre la superficie horizontal (que al ser dividida por el coseno del ángulo zenital proporciona la intensidad normal solar directa).

Otra aplicación de los piranómetros es la medición del albedo (a) de una superficie. El albedo es simplemente la cantidad de radiación que una superficie refleja, su "reflectividad", expresada en porcentaje. Una superficie con un albedo de 100 refleja la totalidad de la radiación que incide sobre ella. Un terreno cubierto totalmente por la nieve tiene un albedo aproximado de 83. El uso práctico de este parámetro se aplica generalmente en el cálculo de iluminación natural.

El albedo de la superficie puede determinarse por un método similar al anterior. Se utilizan dos piranómetros, uno orientado hacia arriba y el otro hacia abajo (o un sólo instrumento que deba voltearse alternativamente para hacer las mediciones). La lectura del instrumento hacia arriba nos dará el valor de la radiación total global (Q+q), mientras que la lectura del instrumento orientado hacia abajo nos dará la cantidad de radiación reflejada por la superficie, es decir, la radiación global multiplicada por el albedo (Q+q)a. El albedo puede pues determinarse mediante el ratio de las dos lecturas.

Finalmente un comentario sobre otros instrumentos de medición de radiación solar. Para el caso de desear obtener lecturas de la parte INFRAROJA del espectro electromagnético solar se utilizan los PIRADICOMETROS. Para obtener lecturas únicamente de la porción VISUAL de la radiación solar se utilizan los FOTOMETROS, mismos que se explicarán más a detalle en los capítulos siguientes.

6.3. ESTIMACION DE LA RADIACION SOLAR.

En nuestro país existen instituciones que realizan mediciones de radiación solar en distintas localidades (el Instituto de Geofísica de la UNAM, por ejemplo, tiene estaciones en Ciudad Universitaria y en el Valle del Mezquital. Publica sus resultados anualmente en el Boletín de Datos de Radiación). Los datos de radiación para la mayoría de las localidades son, sin embargo, limitados, por lo que es conveniente poder estimar la radiación solar que se puede tener sobre un punto determinado de nuestro territorio.

Una de las formas más sencillas de estimar la radiación solar sobre un lugar es mediante la llamada ECUACION DE ANGSTROM, misma que se describe a continuación (Duffie, 1974; Manrique, 1984):

ECUACION DE ANGSTROM

$$H = H_c (a + b n/N) \quad (25)$$

donde:

- H = Radiación promedio sobre una superficie horizontal, para un lapso dado.
Hc = Radiación promedio sobre una superficie horizontal, en condiciones de CIELO DESPEJADO, durante el mismo periodo, donde el valor Hc puede ser obtenido de la figura 6.1.
n = Número de horas de soleamiento diario promedio, en el lapso dado.
N = Número máximo diario de horas, en el lapso dado, y que puede ser obtenido de la ecuación (22) Longitud del Día.
a, b = Constantes: a = 0.35
 b = 0.61 (Fritz, 1961).

NOTAS:

Varios autores han utilizado datos de insolación y tiempos para deducir estadísticamente los valores de las constantes 'a' y 'b'. Fritz recomienda los valores a=0.35 y b=0.61. Valores medidos para distintos climas pueden ser revisados en Duffie (1974), tabla 3.4.2. pag. 42.

Para clarificar el uso de la Ecuación de Angstrom, resolvamos dos ejemplos.

EjemPlo 1: Estimar la radiación promedio por día sobre una superficie horizontal de un lugar situado en una latitud de L=+12 N, para el primero de enero. El número de horas de soleamiento diario promedio para el mes de enero en dicha localidad es de 8 y media horas.

DATOS:

H = ?
Hc = se deduce de la figura 6.1.
n = 8.5 horas.
N = se deduce de la ecuación (22) Longitud del Día.
a = 0.35
b = 0.61

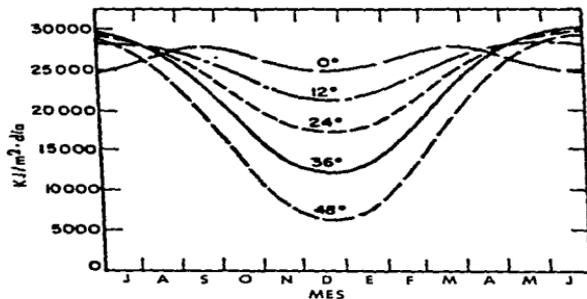


FIGURA 6.1: RADIACIÓN PARA DÍAS DESPEJADOS EN UN PLANO HORIZONTAL.

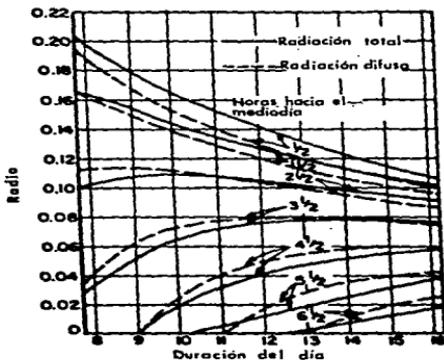


FIGURA 6.2 RELACION ENTRE RADIACIÓN SOLAR DIARIA Y HORARIA EN UNA SUPERFICIE HORIZONTAL. (Liu y Jordan, 1963).

SOLUCION: Primeramente obtengamos los valores para los parámetros que no son dados directamente, es decir Hc y N, los cuales pueden ser deducidos por gráficas o fórmulas:

De la figura 6.1. se puede estimar el valor de Hc para una latitud de +12 N. el día 1 de enero, y que es aproximadamente de 22.000 kJ/m².día.

Para el caso de N, es decir el número máximo de horas por día de soleamiento, éste valor se puede determinar por medio de la ecuación (22), que hace uso de la declinación solar como parámetro angular para determinar la fecha de cálculo. Es por ello que será necesario buscar la declinación solar para esa fecha en algún anuario astronómico, o más fácilmente, calcularla por medio de la Ecuación de Cooper (19):

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + n) / 365) \quad (..19)$$

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + 1) / 365)$$

$$D = 23.45 \text{ sen } (281.09)$$

$$D = -23.01$$

Teniendo la declinación solar, es fácil la aplicación de la ecuación que describe la longitud del día (es decir, el número máximo de horas de soleamiento de un lugar determinado):

$$T_d = 2/15 \text{ acs } (-\tan L \cdot \tan D) \quad (..22)$$

$$T_d = 2/15 \text{ acs } (-\tan 12 \cdot \tan -23.01)$$

$$T_d = 2/15 \text{ acs } (84.82)$$

$$T_d = 11.30 \text{ horas} = N$$

De esta manera tenemos todos los datos necesarios para poder aplicar la Ecuación de Angstrom (25):

$$H = H_c (a + b n/N) \quad (25)$$

$$H = H_c (a + (b * 8.5/11.3))$$

$$H = H_c (a + 0.4588)$$

$$H = 22.000 \text{ kJ/m}^2.\text{día} (0.8088)$$

$$H = 17.790 \text{ kJ/m}^2.\text{día}.$$

EJEMPLO 2: Estimar el número de horas de soleamiento diario promedio para una superficie horizontal para el mes de Octubre en un lugar situado en una latitud de 25 grados norte, donde se han obtenido mediciones de radiación total horizontal promedio de 18,500 kJ/m².día.

DATOS:

$$n = ?$$

$$H = 18.500 \text{ kJ/m}^2.\text{día}.$$

$$H_c = \text{se deduce de la figura 6.1.}$$

$$N = \text{se deduce de la ecuación (22) Longitud del día.}$$

$$a = 0.35$$

$$b = 0.61$$

SOLUCION: Deduzcamos primeramente los valores H_c y N . De la figura 6.1 obtendremos que H_c vale aproximadamente, para Octubre 15. 23.000 kJ/m².día.

El número máximo de horas de soleamiento se obtendrá, de manera similar que en el anterior ejemplo de la fórmula (22), que hace uso de la Ecuación de Cooper (19) para obtener la declinación solar:

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 * (284 + n) / 365) \quad (..19)$$

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 * (284 + 288) / 365)$$

$$D = - 9.6 \text{ grados}$$

Por lo que se puede aplicar la ecuación (22):

$$T_d = 2/15 \text{ acs } (-\tan L * \tan D) \quad (..22)$$

$$Td = 2/15 \text{ acs } (-\tan 25^\circ = \tan -9.6)$$

$$Td = 2/15 = 85.47$$

$$Td = 11.40 \text{ horas} = N$$

Ahora ya tenemos todos los datos necesarios para resolver la Ecuación de Angstrom (25):

$$H = H_c (a + b n/N) \quad (25)$$

donde despejando n, tenemos:

$$n = N/b * ((H/H_c) - a)$$

$$n = 11.40 / 0.61 = ((18500/23000) - 0.35)$$

$$n = 8.49 \text{ horas.}$$

Para la estimación mensual de radiación promedio a gran escala existen mapas para todo el mundo. En el Apéndice "I" se muestran los valores de radiación global diaria por mes y anual para la república mexicana.

6.4. ESTIMACION DE LA RADIACION SOLAR POR HORA.

Para efectos de evaluación de diseños, en ocasiones es conveniente la estimación de la cantidad de radiación que se recibe a cada hora del día, teniendo como base el dato de radiación promedio diaria. Este tipo de información es difícil de conseguir pues las estaciones de medición son escasas y en ocasiones sólo publican los datos de radiación diaria. La estimación de los valores por hora es, de esta manera, muy conveniente aunque se debe recordar que este es sólo una aproximación. No es posible, por ejemplo, saber a ciencia cierta los valores de días nublados contando sólo con los valores de radiación solar diaria. Para fines de diseño, sin embargo, la aproximación es suficiente y por lo tanto será conveniente para nuestros fines.

El estudio estadístico por varios autores de la distribución de la radiación solar en el tiempo ha llevado a obtener una idea más clara de la forma en que varía la radiación cada hora. La figura 6.2, basada en los estudios de Liu y Jordan (1967) y descrita en Duffie (1974) muestra una gráfica sencilla de donde podemos deducir los valores horarios para la radiación incidente en un lugar determinado. Para ello sólo necesitamos conocer la longitud del día (que, como sabemos, es función de la latitud y de la fecha, expresada angularmente como declinación solar) y la radiación total diaria.

Para la aplicación práctica de este proceso, veamos un ejemplo:

EJEMPLO : Consideremos el caso anterior en el que se estimó la longitud del día en una localidad situada en una latitud de 25 grados, con una declinación solar de $D = -9.6$ grados para Octubre 15. La radiación solar total promedio por día medida es de $H = 18,000$ kJ/m².día. Deseamos estimar los valores por hora que se darán de 10 a 11 de la mañana, y de 13 a 14 horas de la tarde, en una situación de cielo despejado.

DATOS: $T_d = 11.40$ horas.
 $H = 18.500$ kJ/m².día.

SOLUCION:

La gráfica 6.2 hace uso de dos parámetros: la radiación solar diaria y la diferencia en tiempo de la hora en cuestión contra el mediodía. Si deseamos estimar la radiación que se dará entre las 10 y las 11 de la mañana, así como aquella que se dará entre las 13 y 14 horas de la tarde, debemos primeramente considerar las diferencias que existen entre éstas horas y el mediodía. En ambos casos la diferencia sería de una y dos horas.

De la figura 6.2 deducimos que el valor del coeficiente radiación horaria/radiación diaria (ambos valores promedios) para una longitud de día de 11.40 horas y con una diferencia de 1.5 horas hacia el mediodía es de:

$$\text{Coef} = 0.130$$

Sabemos que el coeficiente es el cociente entre la radiación horaria y la radiación diaria, por lo que:

$$\text{Radiación horaria} / \text{radiación diaria} = 0.130$$

despejando tenemos:

$$\text{Radiación horaria} = 0.130 \cdot \text{radiación diaria}$$

$$\text{Radiación horaria} = 0.30 = 18,500 \text{ kJ/m}^2.\text{dfa}$$

$$\text{Radiación horaria} = 2405 \text{ kJ/m}^2.\text{dfa}$$

(entre las 10 y 11 horas, así como para el intervalo de 13 a 14 horas)

CAPITULO 7.

GRAFICAS SOLARES.



7.1. CASO INTRODUCTORIO.

TODO ES CUESTION DE TIEMPO...

"Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora."

Eclesiastés, 3:1.

Es famoso el comentario que San Agustín hizo hace cerca de 15 siglos acerca del tiempo: "Que es, entonces, el tiempo? Si nadie me pregunta, yo sé lo que es. Si deseo explicarlo al que me lo pregunta, no lo sé".

El hecho de que el tiempo sea uno de los conceptos más familiares y al mismo tiempo sea de los más elusivos, ha llevado a muchos investigadores a tratar de determinar su naturaleza y la forma de su medición. Es evidente que no se puede dar una definición que a la vez que sea simple, resulte ilustrativa. El tiempo, sin embargo, sigue siendo materia prima de estudios y creación literaria. La cuestión de tiempo también toca el ámbito de la Arquitectura.

Hasta el momento hemos asumido que la hora que tomamos para nuestros cálculos es la correcta para el momento que estamos considerando. Esto, aunque parece cierto, no lo es en un sentido estricto. Ello no quiere decir que exista algún defecto con nuestros instrumentos medidores de tiempo, sino que hay una diferencia entre la hora que marcan nuestros relojes con la hora real que se tiene cuando se mide por el Sol. Cuando, por ejemplo, deseamos realizar un cálculo muy preciso de la posición solar para cierta hora, es necesario considerar la hora REAL que rige ese momento, y que generalmente varía ligeramente de aquella que marca nuestro reloj.

Con objeto de unificar lo más posible el horario de los diversos países, se ha convenido dividir la superficie terrestre en "gajos" de 15 grados de ancho llamados HUSOS HORARIOS. El tiempo que rige cada huso horario es igual al de su meridiano central. El meridiano cero marca el origen del primer huso horario, y se encuentra determinado por la posición del meridiano que cruza por el Observatorio de Greenwich (Inglaterra).

La utilización de los husos horarios, y específicamente de las zonas horarias como medio de unificación para la medición del tiempo se remonta al siglo pasado. En 1869 Charles F. Dowd, director de una escuela en Nueva York, propuso el uso de las zonas horarias, dentro de las cuales todos mantendrían la misma hora. Otras gentes, entre ellas Sir Sandford Fleming, apoyaron esta idea de manera que fue oficialmente adoptada, por lo menos en el sistema de ferrocarriles de los E.U. y Canadá en 1883. Un año después se estableció el meridiano de Greenwich como el punto de origen de las zonas horarias. En una convención internacional se adoptaron el uso de 24 zonas horarias donde los límites definitorios entre ellas serían definidos por las autoridades locales, de manera que en muchos lugares las zonas horarias se desvían considerablemente de los 15 grados originalmente establecidos.

De acuerdo a la convención anterior, a México le corresponderían tres zonas horarias distintas, regidas por los meridianos de 90, 105, y 120 grados. Por conveniencia, sin embargo, se ha dispuesto que el país se rija por la hora correspondiente al meridiano de 90 grados W, a excepción de los estados de Baja California (Norte y Sur), Sonora, Sinaloa y Nayarit, los cuales toman la hora del meridiano de 105 grados.

Veamos pues las diferencias entre este tipo de horas. Por un lado tenemos la llamada HORA LEGAL (también "Hora Solar Media"). Esta hora es la que corresponde al meridiano central de cada huso horario. México, como ya se mencionó, tiene tres horas legales: las correspondientes a los meridianos 90, 105 y 120 grados W.

La HORA OFICIAL es la hora legal que por disposición gubernamental ha sido adoptada para el funcionamiento de una región específica, usualmente por conveniencia. Así tenemos que mientras nuestro país tiene tres horas legales, sólo tiene dos horas oficiales (la de los meridianos de 90 y 105 grados W). La hora oficial es la hora que marcará un reloj exacto en una zona horaria.

La hora real que se tiene cuando es marcada por el Sol es llamada la HORA SOLAR. Es obvio que las zonas horarias, aun teniendo la misma hora, deberán tener variaciones entre la hora legal y la hora solar real en un momento dado.

Será pues conveniente conocer la forma que difieren la hora solar de la hora oficial. Para ello es necesario conocer la posición geográfica del lugar en cuestión y seguir un procedimiento de cálculo muy simple. Para efectos de cálculo sólo tomaremos en cuenta la diferencia en LONGITUDES, pero no en latitudes entre el lugar de diseño y el meridiano central que determina la hora legal del huso horario. La razón es sencilla, lo que buscamos es la diferencia entre la hora oficial y la hora solar, misma que básicamente se debe a la divergencia en posición del observador en la superficie de la Tierra. Como la Tierra sólo tiene un movimiento rotatorio sobre su eje (en sentido general) altera el ángulo en el que el Sol incide sobre cierto lugar, y así tenemos que la única variable a considerar será la longitud del lugar considerado.

La figura 7.1 clarificará este hecho. Supongamos que en cierto momento es realmente el mediodía en el punto 'A', es decir, que el Sol alcanza su máxima altura sobre el horizonte en ese momento: es el mediodía solar, y los relojes marcarán las doce de día. Para un observador situado en el punto 'B', aún estando dentro de la misma zona horaria, su reloj también mostrará las doce del día, pero por la geometría del dibujo es obvio que el Sol tardará cierto tiempo más (generalmente unos cuantos minutos) para alcanzar su punto más alto en la bóveda celeste, es decir, para que llegue el mediodía solar. El punto 'C', situado en la misma longitud del punto A, pero con distinta latitud, verá el Sol alcanzar su máxima altura a la misma hora que el observador del punto A. De ahí que sólo es necesario considerar las diferencias en longitud y no en latitud para nuestros cálculos. A la diferencia entre la hora oficial la que marca nuestro reloj) y la hora solar (la que está determinada por la posición solar) se le llama DIFERENCIA EN LONGITUD.

Más no es sólo la diferencia en longitud lo que afecta la exactitud de nuestros cálculos. La Tierra, al moverse alrededor del Sol, no lo hace en una órbita circular sino elíptica, hecho que trae como consecuencia que las velocidades del planeta sobre su órbita varíen ligeramente. Como los relojes marcan el tiempo uniformemente y no toman en cuenta esta diferencia, tendremos algunas pequeñas variaciones a través del año. A estas diferencias se les conocen con el nombre de ECUACION DEL TIEMPO.

Aunque existen formulas para calcular exactamente la ecuación del tiempo, la figura 7.2 será suficiente para determinarla para nuestros fines. Las diferencias entre la hora solar real y la hora legal usualmente varía tomando valores entre cero y 16 minutos.

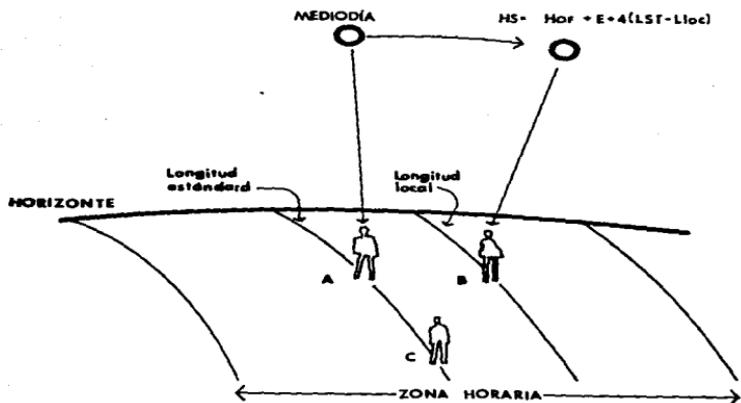


FIGURA 7.1: VARIACIÓN EN HORA SOLAR POR DIFERENCIA EN LONGITUDES.

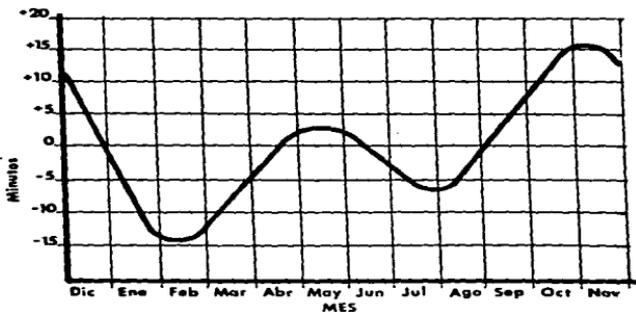


FIGURA 7.2: ECUACIÓN DEL TIEMPO.

La siguiente expresión nos permite relacionar los parámetros antes expresados, de la siguiente manera:

$$\text{Hora Solar} = \text{Hora oficial} + E + 4 * (\text{Lst} - \text{Lloc}) \quad (27)$$

donde: E : Ecuación del Tiempo.
Lst : Longitud estandard de la zona horaria.
Lloc: Longitud de la localidad en cuestión.

Tomemos un ejemplo.

Consideremos el caso de la comparación horaria entre la Ciudad de México (Lat: 19 20' N ; Long: 99 10' W) con la de Veracruz (Lat: 19 12' N ; Long: 96 08' W). Cuál será la diferencia en tiempo solar que existe entre estos dos lugares?

La diferencia en latitudes es mínima (8 minutos), pero en longitudes es mayor (3 grados 02'). Para efectos de simplicidad en cálculo, consideremos que la diferencia en longitudes (que es el parámetro que en éste momento nos interesa) es de 3 grados exactos.

Como sabemos que existe una diferencia en tiempo de cuatro minutos de tiempo por cada minuto de longitud que exista de diferencia entre dos lugares, la respuesta lógica será que entre la ciudad de México y la de Veracruz hay una diferencia real de tiempo solar de 12 minutos (4 * 3 grados: la hora se adelanta cuatro minutos por cada grado hacia el Este).



7.2. TIPOS DE GRAFICAS SOLARES.

Para lograr un diseño adecuado a nuestras necesidades, es conveniente conocer el comportamiento del Sol en las distintas latitudes, y a la hora en que se requiera. La posición aparente del Sol puede ser calculada analíticamente por las fórmulas que se han dado en los anteriores capítulos. Pero en ocasiones es necesario el tener una representación gráfica de las trayectorias del Sol, sobre todo para hacer estudios preliminares o para darse una idea general sobre el comportamiento de sombras, soleamientos, etc. de un lugar. Los diagramas solares, también llamados gráficas solares, sirven a este propósito.

Los diagramas solares constituyen códigos que nos permiten describir gráficamente las posiciones y trayectorias aparentes del Sol en la bóveda celeste sobre un plano. En general, existen dos tipos de gráficas solares:

1. Geométricas.
2. No geométricas.

Las gráficas solares GEOMETRICAS son aquellas en que las trayectorias aparentes del Sol se trazan mediante proyecciones bien determinadas en la esfera celeste.

Las gráficas solares NO GEOMETRICAS tienen como característica que la representación de las trayectorias solares obedecen a un criterio arbitrario, convencional.

La tabla VII.1 resume algunos de los tipos más utilizados de representación de graficas solares.

TABLA VII.1

TIPOLOGIA DE GRAFICAS SOLARES.
(Condensada)

DIAGRAMAS SOLARES.

<u>TIPOLOGIA</u>	<u>EJEMPLOS DE GRAFICAS</u>
1. GEOMETRICOS.	
A. Proyección Cilíndrica.	Sistema Ortográfico
B. Proyección Cónica.	Estereográfica Gnomónica
2. NO GEOMETRICOS.	Coord. Rectangulares

Estos no son los únicos tipos de gráficas solares. Existen muchos otros. Sin embargo, no tendría caso analizar cada tipo de estas otras gráficas solares en detalle, pues no se pretende lograr ese conocimiento a este nivel de estudio. El conocer los principales diagramas, sin embargo, es sumamente útil como ayuda en el proceso de diseño arquitectónico. Para ello describiremos aquí los siguientes sistemas de graficación solar:

1. Sistema Estereográfico.
2. Sistema de Coordenadas Rectangulares.
3. Sistema Gnomónico.

Un ejemplo de diseño de gráficas utilizando el sistema gnomónico se mostrará a detalle en el capítulo 11. Bajo el título de diseño de un Heliodón. A continuación veremos el uso de los dos tipos de gráficas restantes.

7.3. SISTEMA ESTEREOGRAFICO.

Basa su trazo en el movimiento aparente del Sol sobre la bóveda celeste de la visión hipotética de un observador situado en el nadir del sistema (ver figura 7.3). El horizonte de la bóveda celeste aparece, pues, como un círculo en cuyo centro se ve el zenit. Los ángulos azimutales generalmente se muestran a partir del punto cardinal sur, tanto hacia el este como hacia el oeste, de manera que abarcan valores del 0 (Sur) al 180 (Norte). Entre los punto intermedios importantes estarán el Este (90 E) y el Oeste (90 W).

Las líneas de altitud solar estarán marcadas por círculos concéntricos equidistantes, con centro en el zenit. Como el círculo exterior de la gráfica representa la línea de horizonte, ésta circunferencia marcará la altitud 0 grados. El centro de la gráfica, por ser el zenit, marcará la altitud 90 grados..

Al graficar las posiciones solares para un día en particular, los trazos del movimiento solar aparecen como circunferencias. Al graficar varios días en el año, veremos que ésta característica se aplica tanto en el sentido vertical (es decir, las líneas horarias), como horizontal (ver figura 7.4). Con ello la gráfica estereográfica está terminada.

Existen varias gráficas similares a éste tipo de diagrama. Una característica que sin embargo diferencia a este sistema de los otros (p.e. el Ortográfico) es que las líneas de movimiento solar diurno se comprimen hacia el centro y tienden a abrirse hacia los bordes de la gráfica. La figura 7.5 muestra la gráfica solar ortográfica (no explicada aquí), únicamente para fines de comparación.

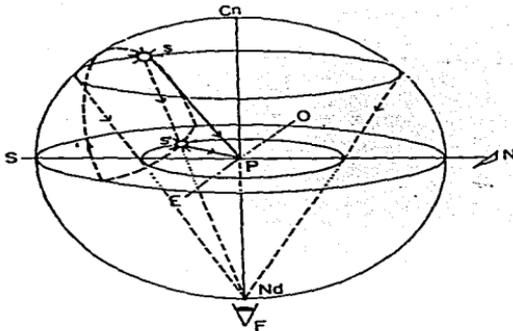


FIGURA 7.3: PROYECCIÓN ESTEREOGRÁFICA DE LAS TRAYECTORIAS SOLARES.

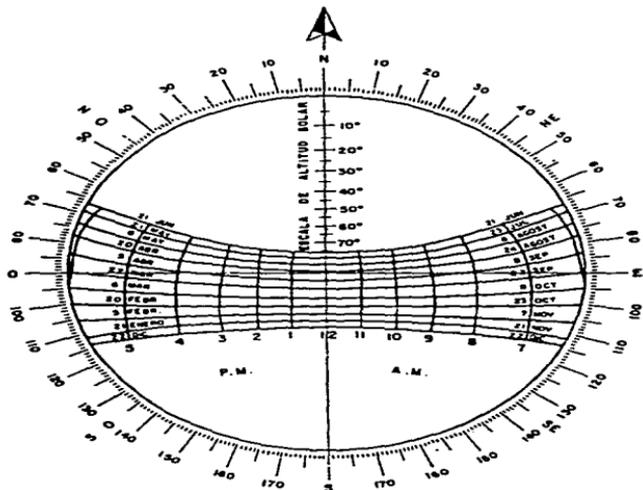


FIGURA 7.4: DIAGRAMA SOLAR ESTEREOGRÁFICO PARA 10° LATITUD NORTE.

7.4. SISTEMA DE COORDENADAS RECTANGULARES. (GRAFICA SOLAR CILINDRICA).

Conocida también por el nombre de Gráfica Solar Cilíndrica es un tipo de gráfica solar sumamente utilizado en México, así como en E.U. y el resto de los países de Latinoamérica. Aunque se cataloga dentro del grupo de diagramas no geométricos, estrictamente hablando se puede decir que su diseño se basa, cuando menos en parte, en una proyección cilíndrica de los movimientos solares.

Se basa en la sencilla opción de graficar las posiciones solares en un sistema ortogonal de coordenadas rectangulares. Se construye una retícula donde el eje vertical representa los valores tomados por la altitud solar durante el día. El eje horizontal ordena los valores tomados por el azimut solar.

La resultante de la graficación de estos movimientos será la visión de un observador situado en el centro del sistema, rodeado por la bóveda celeste, generalmente viendo hacia el sur, donde los trazos representaran los movimientos solares graficados en un sistema de coordenadas rectangulares (ver figura 7.6).

El sistema de coordenadas rectangulares tiene algunas características interesantes que podrán ser consideradas como ventajas o desventajas según las necesidades de trabajo. El uso de un sistema u otro de graficación para diagramas solares dependerá únicamente de la facilidad que el usuario tenga en el manejo y construcción de ellas. Por lo mismo, a continuación presentamos algunas de las características interesantes de la gráfica solar cilíndrica:

1. El sistema de coordenadas rectangulares es fácil de construir y de manejar. Puesto que las líneas de referencia son líneas rectas y equidistantes, la exactitud es mayor en la construcción del diagrama cuando se le compara con otros sistemas donde las líneas son curvas y no equidistantes (y por lo tanto más difíciles de medir).

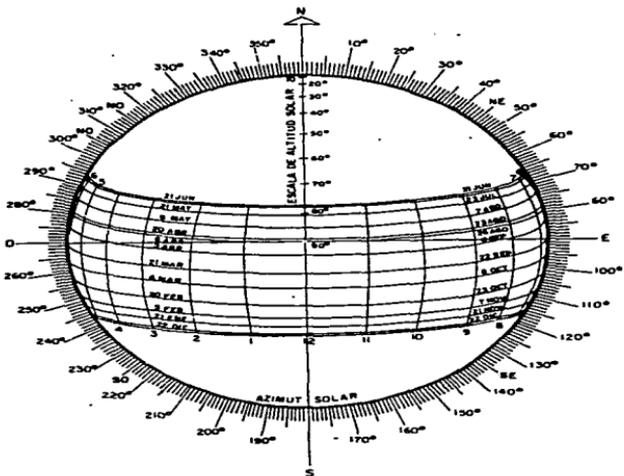


FIGURA 7.5: DIAGRAMA SOLAR ORTOGRÁFICO PARA LATITUD 10° NORTE.

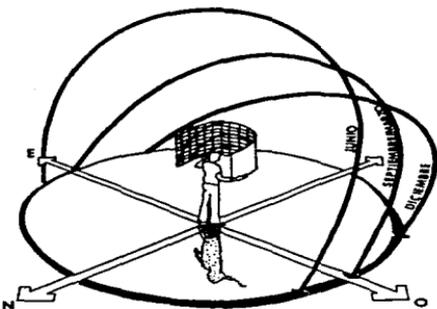


FIGURA 7.6: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA GEOMETRÍA DE LA GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA.

2. Puesto que los movimientos aparentes del Sol presentan trazos de curvatura variable, es necesario trazar las líneas punto por punto, lo cual hace que el diseño tome más tiempo que en otro tipo de gráficas donde las curvas son secciones de circunferencias (aunque lógicamente el trabajo se reduce por ser la gráfica simétrica al eje nort-sur).
3. Para los diagramas de latitudes intertropicales (es decir, aquellas que se encuentran entre las latitudes 23.5 norte y sur, el diseño y la lectura de la gráfica solar cilíndrica se vuelve más compleja pues el Sol cruza en ocasiones la línea de altitud de 90 grados (es decir, se encuentra en posiciones al norte del observador), por lo que en ciertos casos es necesario construir dos gráficos separados que incluyan la totalidad del hemisferio.
4. Debido a su facilidad de construcción, las obstrucciones de la bóveda celeste (edificios, montañas, árboles, etc.) pueden ser fácilmente graficadas, de manera que podemos observar en qué fechas y a qué horas tendremos interferencia en el soleamiento del punto específico considerado.

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones es conveniente conocer la construcción de este tipo de gráfica.

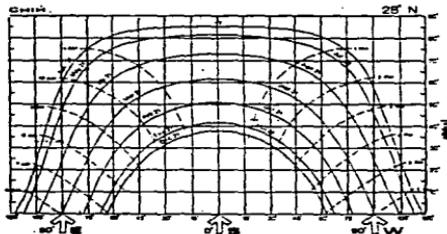
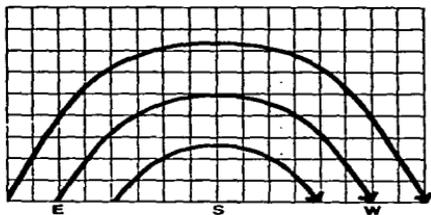
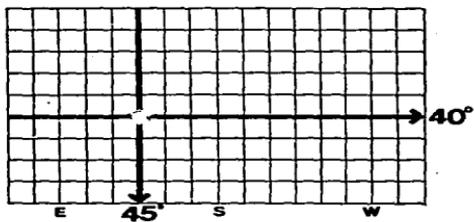
Su diseño es sumamente sencillo. Primeramente construyamos un sistema reticular ortogonal, donde el eje horizontal representará el horizonte (es decir el azimut) y el eje vertical la altitud solar. El centro de nuestra línea horizontal lo ocupará el punto cardinal hacia al cual miraremos. En este caso, por facilidad, tomaremos esta dirección como el Sur. De hecho, la gran mayoría de las gráficas solares cilíndricas están dirigidas hacia el sur, aunque esta dirección no es la única hacia la que se puede enfocar la gráfica. Ambos ejes se dividen en partes equidistantes, aunque no es necesario que la longitud de las divisiones del eje vertical y las del eje horizontal sean iguales. En este caso tomemos la distancia entre las divisiones como de 1.2 y 1.5 cm para el eje horizontal y el eje vertical, respectivamente.

Como el eje vertical representa las altitudes, sabremos que el punto donde cruza el eje horizontal (es decir, la línea de horizonte) equivaldrá a una altitud de cero grados. A partir de este punto, podremos establecer la escala vertical a cada división con incrementos de 10 grados, hasta llegar a 90 grados de altitud. En el eje horizontal, la nomenclatura se establecerá en grados a partir del sur (hacia el este y hacia el oeste), y generalmente las divisiones se marcan a cada 15 grados de azimut. Es obvio que los azimuts 90 grados E y 90 grados W corresponderán a los puntos cardinales Este y Oeste. Suponiendo que en un momento dado la posición solar es de 40 grados de altitud y 45 grados Este de azimut, podemos graficar este punto tal y como se muestra en la figura 7.7.

El sistema reticular va está construido. Lo único que resta es graficar las posiciones solares para algunos meses relevantes en nuestros cálculos, considerando una latitud determinada. Como antes se mencionó, las gráficas de latitudes intertropicales son algo más complejas de diseñar, por lo que en este caso empezaremos con el diseño de un diagrama con una latitud mayor a 23.5 grados. Para efectos del ejercicio consideremos que deseamos diseñar la gráfica solar ciliñdrica para la ciudad de Chihuahua (Lat = 28.5 N). Nuestra latitud de diseño será entonces de 28 grados.

Mediante el cálculo analítico por las fórmulas presentadas en anteriores capítulos, o por efemérides que se pueden encontrar en anuarios, es fácil conocer la posición solar en coordenadas polares (es decir, en azimut y en altitud solar) para cualquier mes del año. No podemos, sin embargo, tomar todos los días del año y graficarlos en el diagrama: sería demasiado trabajo inútil y complejo. Si tomamos algunos meses relevantes, la situación se antoja más sencilla. Entre las fechas que consideramos interesantes se encuentran los equinoccios (Marzo 21 y Septiembre 23) y los solsticios (Junio 21 y Dic 21), como se muestra en la figura 7.8. Como existe una ligera variación de día de mes entre algunas de estas fechas, para efectos de comodidad tomaremos el día 21 de cada mes como norma para cálculo de nuestras trayectorias.

Como para calcular la posición solar en coordenadas polares es necesaria la declinación solar, y en ocasiones ésta es muy similar (aunque estrictamente hablando no igual) para dos meses, sin perder gran exactitud, podemos graficar sólo las siguientes posiciones del sol en nuestras gráficas, tal como lo muestra la tabla VII.2:



FIGURAS 7.7 A 7.9: PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DE LA GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA.

TABLA VII.2
FECHAS A GRAFICAR PARA LAS GRAFICAS SOLARES.
 (Declinacion Solar al día 21 del mes.)

MES	EQUIVALE A:	DECLINACION:	
Diciembre		-23.5	Solsticio
Enero	Noviembre	-20.0	
Febrero	Octubre	-10.8	
Marzo	Septiembre	0.0	Equinoccio
Abril	Agosto	+10.8	
Mayo	Julio	+20.0	
Junio		+23.5	Solsticio

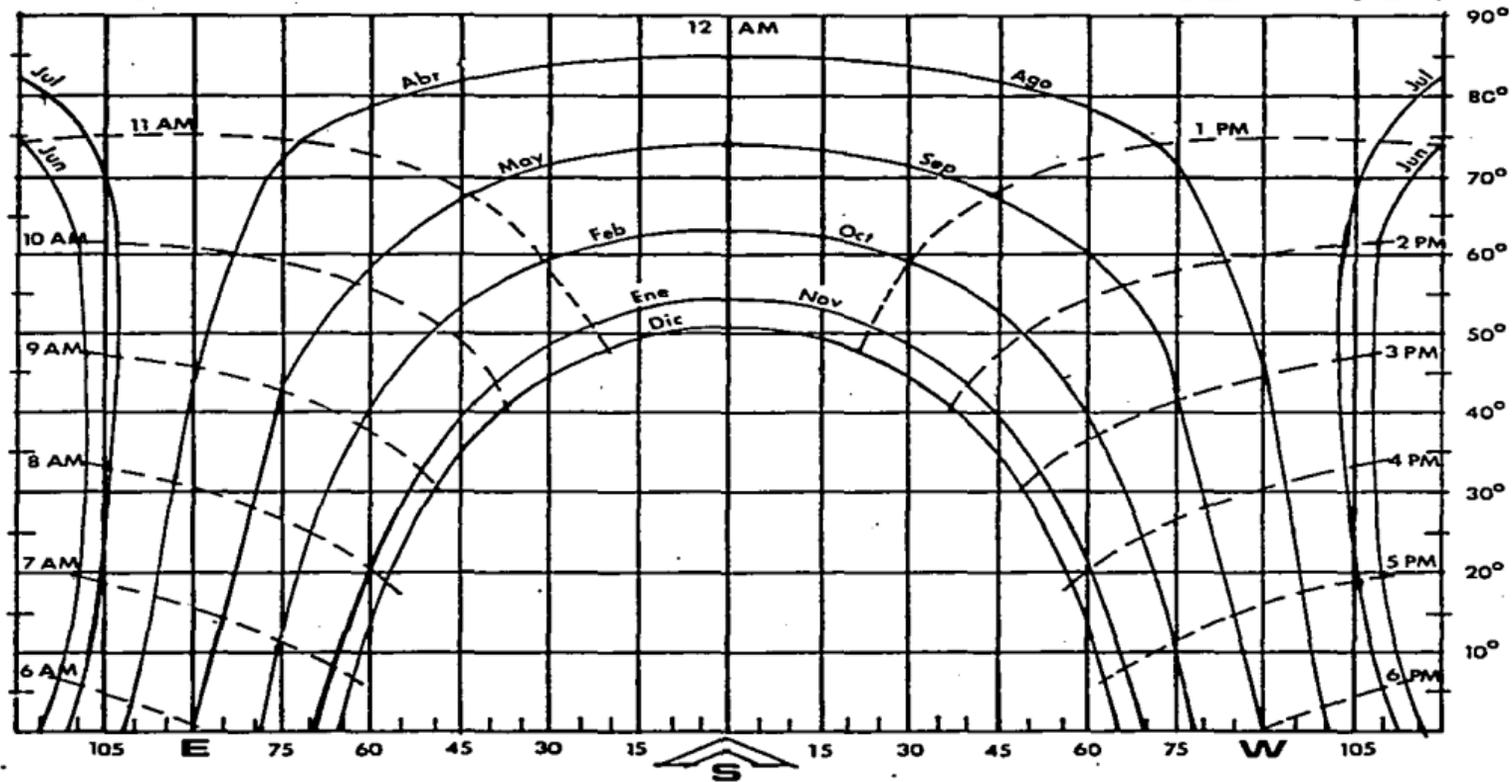
El diseño final de nuestro diagrama solar cilíndrico, una vez que se han graficado los valores obtenidos para cada una de éstas fechas a las horas pertinentes, se muestra en la figura 7.9.

Como anteriormente se ha comentado, las gráficas solares cilíndricas se hacen más complejas cuando se trata con latitudes situadas entre las latitudes intertropicales. Es precisamente en lugares situados entre las latitudes +23.5 y -23.5 donde el Sol alcanza altitudes mayores a 90 grados. Una opción para eliminar este problema es no considerar la altitud de 90 grados como la máxima, sino tener altitudes solares mayores: por ejemplo, una altitud de 100 grados equivaldría a 80 grados Norte.

Como guía a continuación se presentan gráficas solares cilíndricas para latitudes entre 16 y 32 grados Norte, que abarcan casi la totalidad del rango de latitudes de la república mexicana.

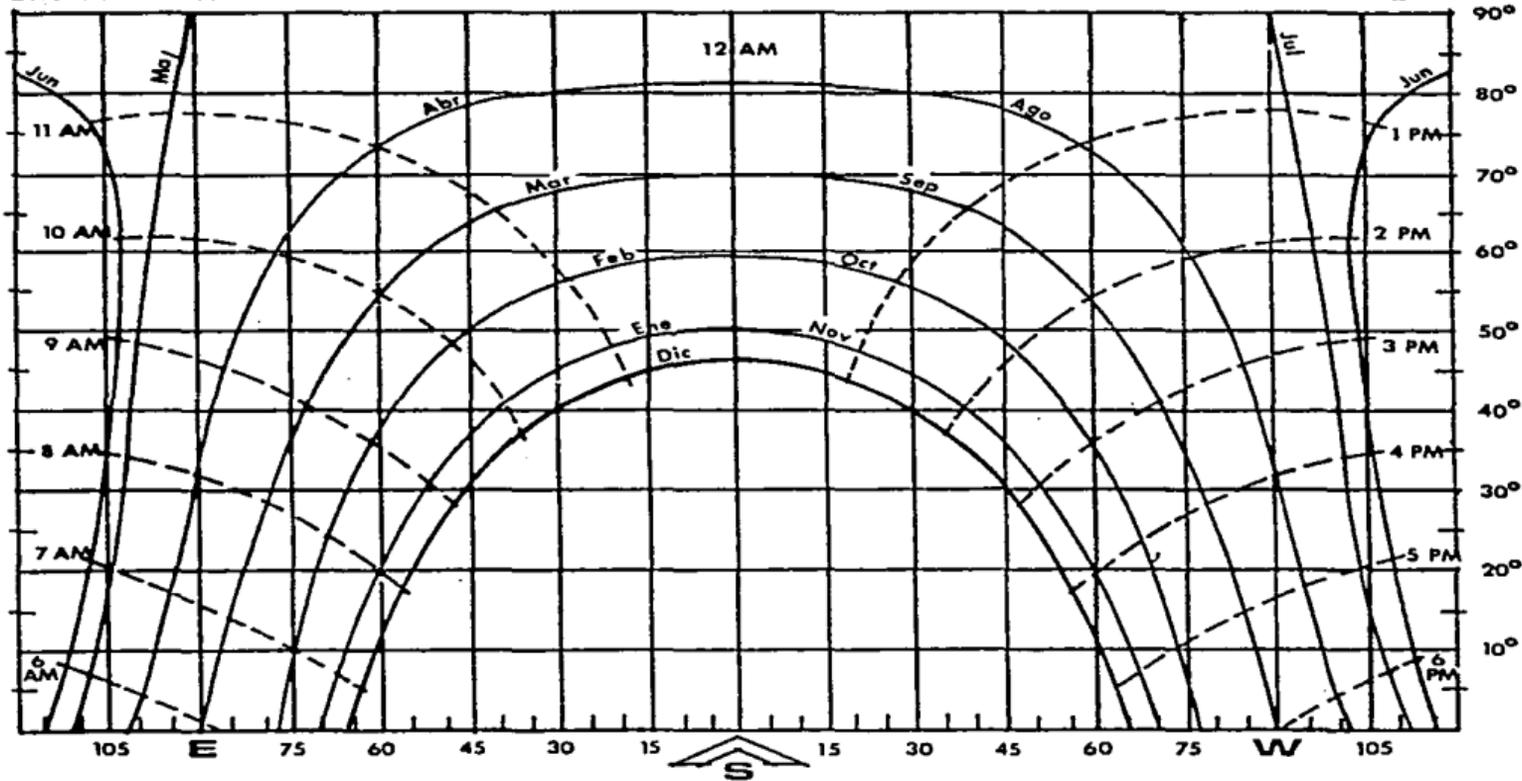
Días 21 de mes

16° N



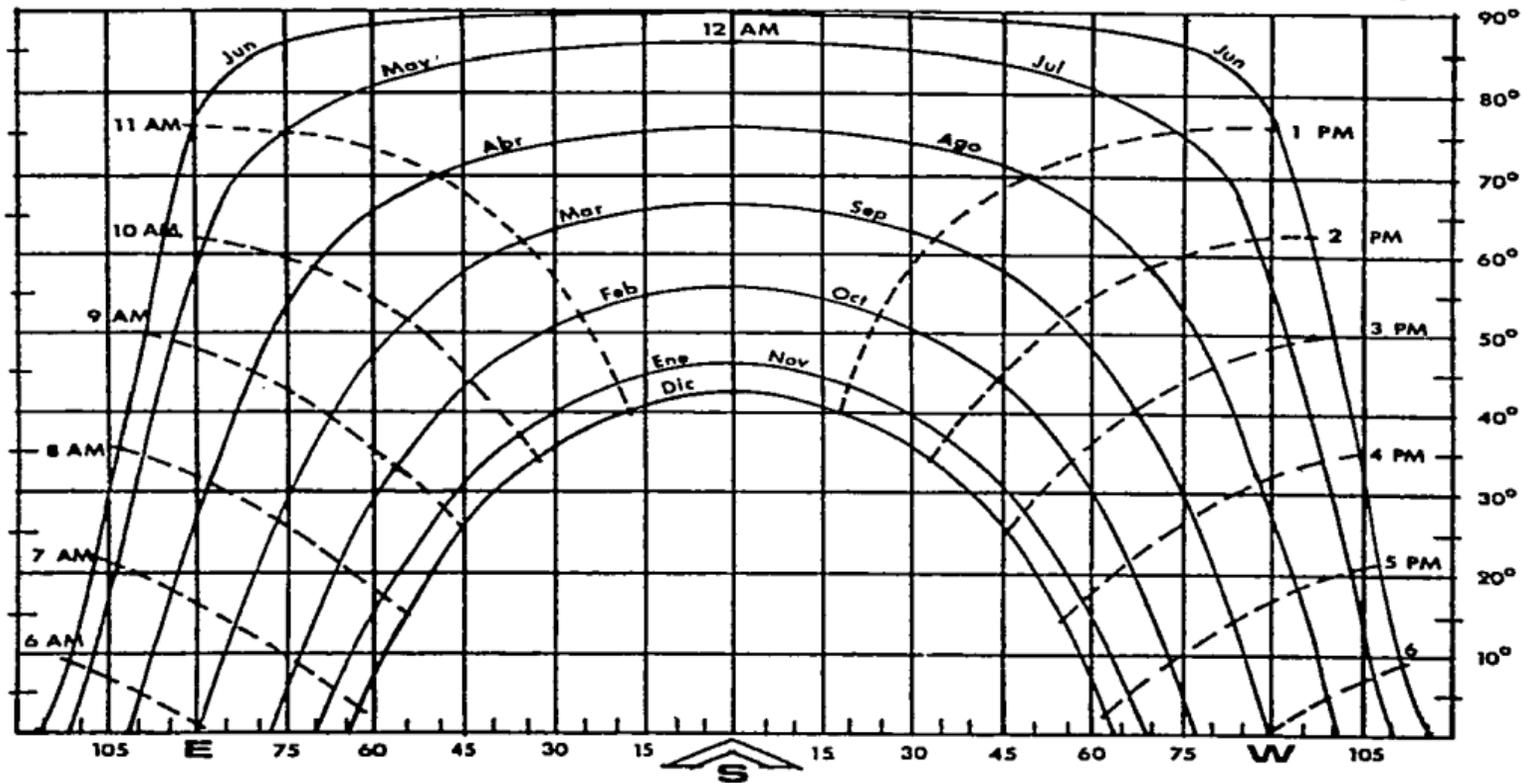
Días 21 de mes

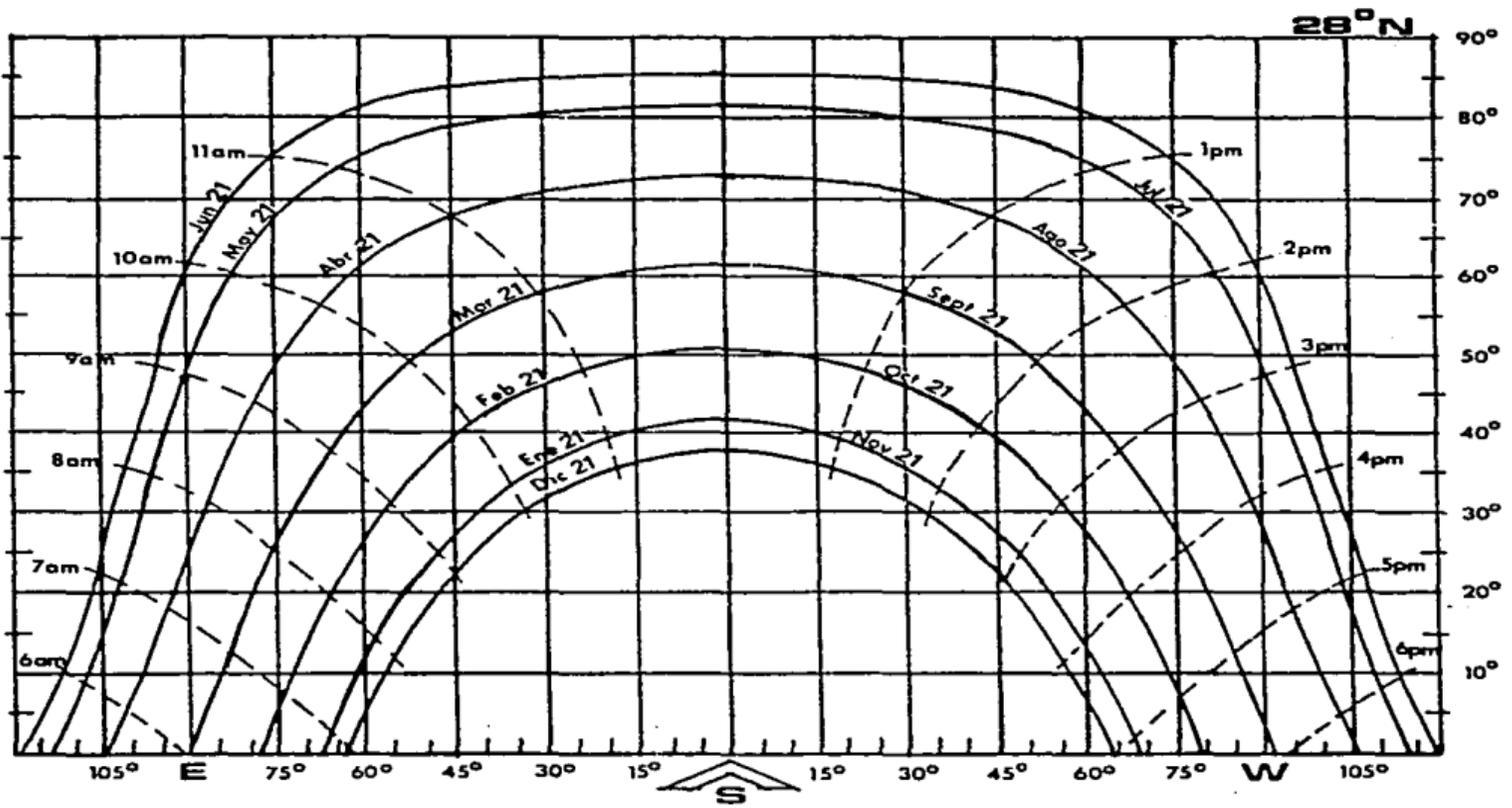
20° N

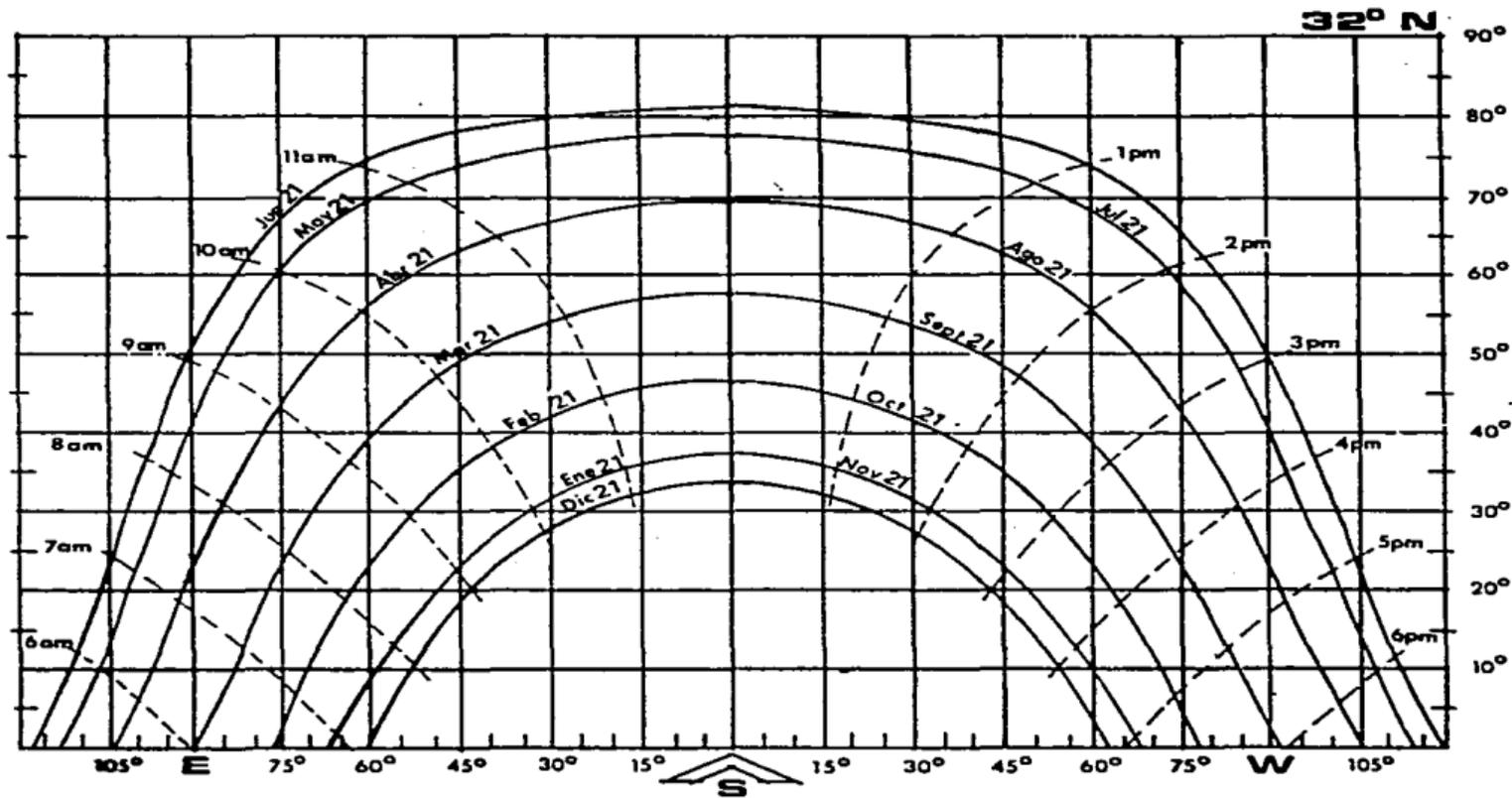


Dias 21 de m's

24° N







CAPITULO 8.

USO DE LA SOMBRA.



8.1. CASO INTRODUCTORIO.

MITOLOGIA: EL RAPTO DE PROSERPINA

Ceres, la diosa romana de los cereales y las cosechas (equivalente a Deméter griega) tenía una hija llamada Proserpina, que gustaba pasar el tiempo con sus compañeras, retirada en Sicilia. Un día que Proserpina se encontraba en el campo, Plutón, rey de los infiernos, se dió a la tarea de raptar a la hija de Ceres: tomó a Proserpina en sus brazos, echó a correr a todo galope en sus caballos negros, y con un solo golpe de su cetro abrió un pasaje hacia los avernos.

Al conocer Ceres la noticia, emprendió rápidamente la tarea de encontrarla. La diosa buscaba a su hija afanosamente por bosques y montañas, de día y de noche, pero su querida Proserpina no aparecía. Finalmente, en un paraje cercano al Lago de Siracusa encontró el velo de su hija y se dió cuenta de que el raptor había pasado por ese lugar. Al indagar por los alrededores, Ceres confirma su sospecha de que el culpable del secuestro de Proserpina ha sido Plutón.

Al no poder combatir por sí sola a tan poderoso señor de las tinieblas, el único recurso que la madre tiene es el de recurrir a la justicia del rey de los dioses, es decir, a Júpiter, para implorar con el rostro bañado en llanto que se le devuelva a su hija. Júpiter intenta convencerla de que es un gran honor para ella el tener a Plutón como yerno, pero al ver que Ceres no cesa en su petición, le dice: "Si no obstante, vuestro deseo es que Proserpina os sea devuelta, no me opongo a ello, con tal que no haya comido nada desde que entró en los infiernos: tal es el fallo del destino."

Ceres, con rapidez increíble, trata de recuperar a su hija. Envía a Mercurio, el mensajero, acompañado por la Primavera a demandar la libertad de la cautiva. Pero Proserpina ha comido ya algunos granos de una granada, por lo que su retorno a la Tierra es prácticamente imposible. Ruegos y lágrimas pudieron sólo mejorar en parte la situación: se acordó que Proserpina debía de pasar la mitad del tiempo con su madre, y el resto del tiempo con el que sería su esposo, Plutón. La mitad del año, pues, viviría sobre la Tierra trayendo luz y calor, y el resto, bajo de ella reinando con el frío y la obscuridad.

La mitología griega es apasionante en parte por el hecho de que explica los fenómenos naturales de una manera sutil y poética, inclusive un poco ingenua si se quiere.

No cabe duda de que esta historia de Ceres y Proserpina es una alegoría. Proserpina significa la vida, la semilla que cuando se envía al interior de la Tierra, permanece ahí escondida, cuando es raptada por el Señor de las Tinieblas. Posteriormente reaparece, cuando es entregada a su madre, dando el fruto y la vida sólo en una parte del año.

A este respecto comenta Haggerty (1979):

"Parte de un conocimiento rudimentario del comportamiento del Sol y su comportamiento estacional se ha perdido en nuestra conquista de la Naturaleza. Desde los comienzos de la civilización en los valles del Tigris y del Eufrates hemos gradualmente traslapado nuestra conciencia tecnológica con aquella de la Tierra. En nuestras raíces sumerio-occidentales, el dios Marduk triunfa sobre la Madre Naturaleza. Beowulf y Grendel, San Jorge y el Dragón, no son más que nuevas versiones de una misma victoria de la humanidad sobre el medio.

La capa que se traslapa de nuestra cultura, voces tenues que se oyen en los días festivos y en los símbolos de nuestras religiones, conectan con ese tiempo en el que se sobrevivía mediante una producción directa de la Tierra y el Sol. El nacimiento, el comportamiento, y aún la muerte de los dioses se observaba en metáforas relacionadas con el Año Solar. El estudio del Sol y su influencia se transformaron en una actividad importante en una sociedad que emergía.

...El crecimiento, la temperatura, y la posición solar no son necesariamente mensurables en una base contable de día por día.

Una consideración importante era la línea del tiempo que definía los puntos del equinoccio. La mitad del año donde el día es más largo que la noche fue considerada como el período de Apolo, mientras que la parte del año que tenía los días más cortos se le identificó con Dionisios. El mito de Proserpina pasando medio año en el Hades (el Infierno) y medio año en la superficie de la Tierra fue una historia mnemónica para mantener la conciencia del comportamiento de la Tierra."

El mismo autor cita, refiriéndose a éste tipo de historias:

"El advenimiento del interés por la Energía Solar se verá reforzada por una visión clara del comportamiento del Sol. El conocer la forma del comportamiento solar a través de juegos de memoria, relacionados con la temperatura, el crecimiento, el comportamiento animal, las celebraciones, y la identificación simbólica con la Naturaleza es una ciencia a la que todos podemos jugar. Nuestra dependencia del Sol sería una parte viviente de nuestra conciencia si se nos enseñara algo que nos recuerde el Año Solar.

Para orquestrar la armonía de la Naturaleza con los instrumentos de la tecnología, debemos, todos nosotros, aprender la letra que se canta."

BIBLIOGRAFIA:

- Bulfinch, T. Bulfinch's Mythology.
Avenel Books, New York, 1979.
- Haggerty, M. "Mnemonic Devices for Charting Passive Solar Energy".
Proceedings of the 4th National Passive Solar Conference, Kansas City, Mo., 1979.
- Humbert, J. Mitología Griega y Romana.
Ediciones Gustavo Gili, S.A., México D.F. 1981.

8.2. PROYECCION DE SOMBRAS.

El conocimiento de los parámetros de posición del sol en determinada circunstancia son interesantes. Pero, cuál es la aplicación práctica de estos cálculos? Cómo podemos usar este conocimiento para mejorar nuestros diseños?

La determinación de la proyección de las sombras puede ser una aplicación práctica del conocimiento de los elementos posicionales del sol. Su aplicación es sencilla, y no requiere más que el realizar algunos trazos extras para el caso de querer conocer la proyección de sombras en un caso determinado.

La manera más fácil de entender la aplicación de los conocimientos que ya tenemos para conocer altura y el azimut del Sol, es mediante la resolución de ejemplos de aplicación práctica. Primeramente consideraremos el caso de las formas en que se proyectan las sombras de elementos tridimensionales en planta. Posteriormente, veremos su comportamiento en alzado.

A. PROYECCION EN PLANTA.

Para conocer la proyección de sombras podemos utilizar dos métodos:

1. Método Analítico.
2. Método Geométrico.

El METODO ANALITICO se basa en un proceso para calcular las dimensiones de las sombras por medio de relaciones trigonométricas. Se conocen el ángulo de incidencia y cuando menos una dimensión de el cubo, por lo que es posible calcular la longitud que proyectaría la sombra para una circunstancia especial.

El METODO GEOMETRICO no utiliza calculos aritméticos o relaciones de trigonometría, y sólo se guía por medio de la intersección gráfica de las líneas que tracemos en un dibujo a escala. La aplicación de uno u otro método se hará según convenga a la circunstancias. Es probable que, en general, el método analítico sea más fácil de utilizar para calcular la proyección de la sombra en planta, mientras que el método geométrico sea conveniente de utilizar en los alzados. La aplicación final, sin embargo, deberá hacerse a la conveniencia del diseñador, pues es probable que se tenga predilección por alguno de los métodos en especial.

EJEMPLO 1.

Consideremos el caso de un edificio de forma cúbica, cuyas dimensiones son una longitud H por lado. Una de sus caras está orientada directamente hacia el sur. La altitud del Sol es de 45 grados, mientras que su azimut es de 30 grados al Este. Se desea conocer la proyección de sus sombras.

SOLUCION:

Pasemos a la resolución del problema utilizando el METODO ANALITICO, es decir, usando números. Sabemos que la dirección de donde provienen los rayos solares en planta es de 30 grados al Este de la cara que mira hacia el Sur (puesto que el azimut solar es 30 E.). El problema parecería resuelto si trazamos líneas tangentes a los vértices del cubo (en planta), pero no sabemos hasta donde llegará la sombra. El siguiente paso es, pues, determinar la longitud de la sombra (LS) en planta.

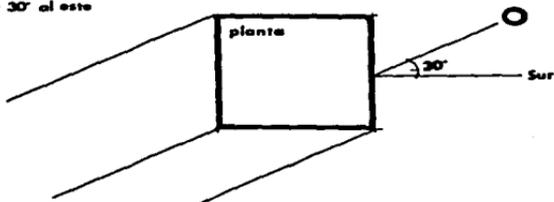
Contamos además con otro dato interesante: la altitud solar para el presente ejemplo es de 45 grados. Si sabemos la altura a la que se encuentra el Sol, y conocemos la altura del cubo será fácil, por medio de la figura 8.1, deducir que:

$$\tan(\text{altitud solar}) = \text{altura} / \text{longitud de sombra}$$

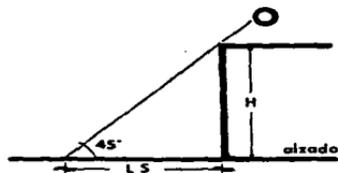
$$\tan A = H / LS \quad (28)$$

$$\tan 45 = H / LS$$

EJEMPLO 1
 Altitud solar- 45°
 Azimut solar- 30° al este



$\text{Tan } 45^\circ = H/LS$
 $LS = H/\text{Tan } 45^\circ$



La longitud de sombra
 se grafica en la planta

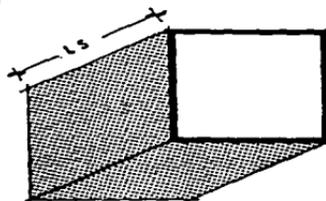


FIGURA 8.1: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 1 POR MEDIO DEL MÉTODO TRIGONOMÉTRICO.

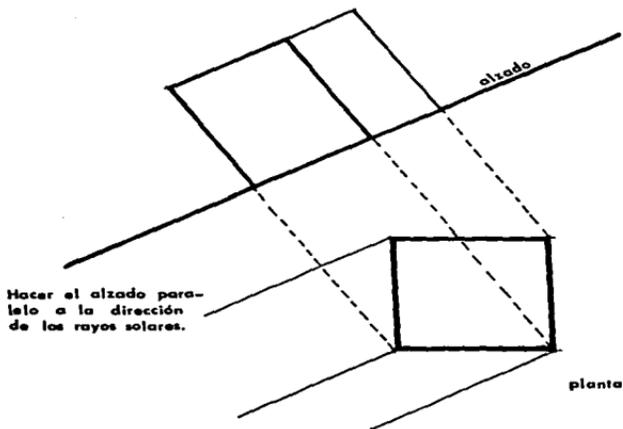
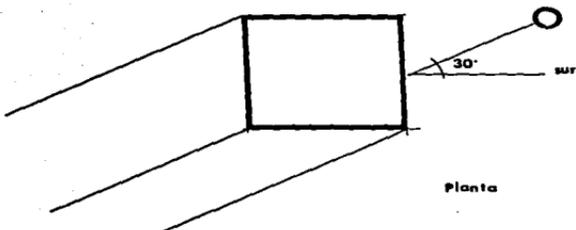
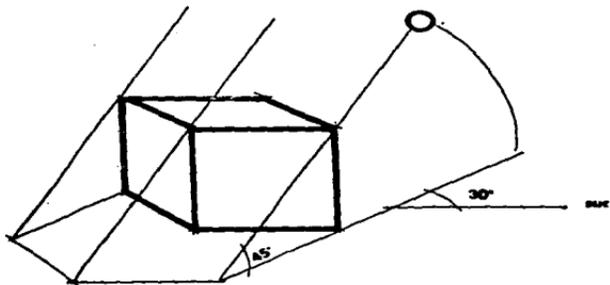
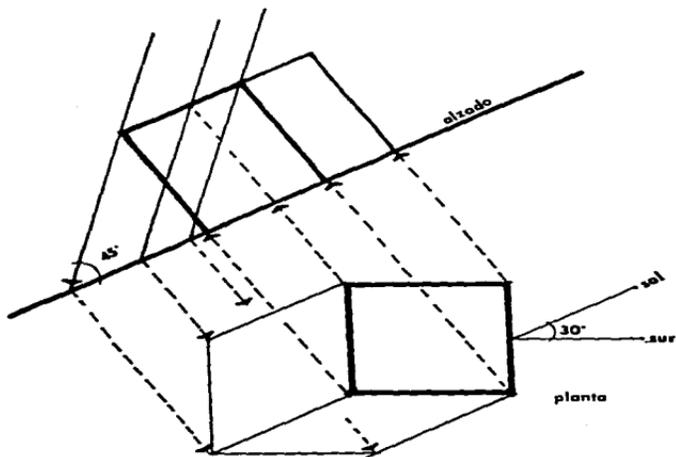


FIGURA 8.2: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 1 POR MEDIO DEL MÉTODO GEOMÉTRICO.



3



4

continuación de la figura 8.2

donde: A : es la Altitud solar,
 H : es la altura del cubo, y
 LS: es la longitud de la sombra en planta.

de donde podemos despejar LS y tendríamos:

$$LS = H / \tan A \quad (29)$$

por lo que:

$$LS = H / \tan 45$$

es decir, que podemos calcular la longitud de sombra en planta por medio del cociente de la altura de nuestro cubo (o edificio) entre la tangente del ángulo de altitud solar.

El paso siguiente será transportar a la planta la longitud de sombra que se obtuvo, teniendo cuidado de medirla sobre la línea de sombra que antes se había trazado. Con ello tendremos completa la proyección de sombras que tendría el citado cubo en condiciones dadas.

El problema también se puede resolver por medio del METODO GEOMETRICO, tal como se muestra en la figura 8.2. El primer paso es similar al utilizado en el método analítico: se trazan líneas tangentes a los vértices del edificio, con la inclinación que nos señala el azimut solar. La determinación de la longitud de sombra, sin embargo, no se logra por medio de funciones trigonométricas, sino por medios netamente gráficos.

El proximo paso a seguir será el hacer un alzado (o un corte, según resulte más conveniente), esquemático si se gusta, de nuestro edificio, pero con la circunstancia que debe de ser PARALELO A LA DIRECCION DE DONDE PROVIENEN LOS RAYOS SOLARES. El fin último que se persigue con esto resulta obvio: el obtener, en sus dimensiones reales (y no distorsionadas por la perspectiva) la longitud de sombra de nuestro edificio.

Una vez que se tiene el alzado (o corte), se traza, mediante un transportador, una línea con el ángulo al cual los rayos solares están incidiendo sobre nuestro edificio. En el presente ejercicio éste ángulo sería de 45 grados. Hasta dónde llegará la sombra? Como lo que vemos nosotros es el límite que se proyecta sobre el piso, consideramos que la longitud de sombra es aquella que llega hasta el nivel de piso del corte. El paso siguiente sería únicamente transportar la distancia de cada una de las longitudes de sombra hacia la planta, lo cual se puede hacer directamente con líneas perpendiculares al alzado. Las intersecciones con las líneas de los rayos solares marcarán los puntos límites de nuestra sombra.

Como vemos los resultados obtenidos por ambos métodos son idénticos. El método que deba utilizarse en determinado caso depende de la circunstancia. Para clarificar conceptos, veamos un caso similar, pero con una orientación ligeramente distinta.

EJEMPLO 2.

Tenemos un edificio de forma cúbica, ubicado en un lugar con una latitud de 28 grados norte. Una cara mira hacia el SE y otra al SW, es decir, la línea que une sus vértices está orientada hacia el sur. Por razones de diseño, nos es necesario conocer la sombra que proyectará sobre un piso horizontal el día 21 de septiembre a las 12:30 horas.

SOLUCION:

Como no se nos dan los valores de altitud y azimut solar para este ejemplo, será necesario calcularlos. Ello puede ser hecho mediante las fórmulas dadas en los anteriores capítulos, o por medio de una gráfica solar. No es necesario obtener datos de una gran precisión; en la mayoría de los casos con una pequeña aproximación se tendrán resultados bastante próximos a la realidad.

Ejercicio No 2
Altitud solar 60°
Azimut solar 15° al oeste

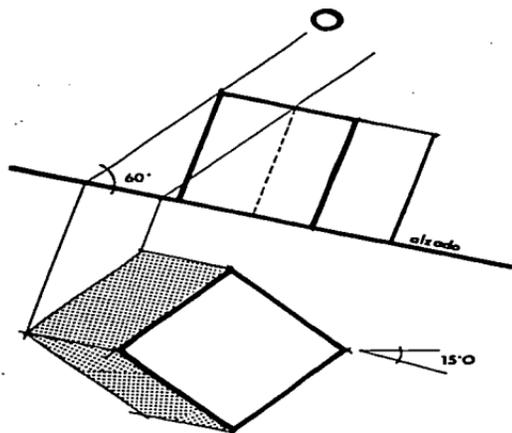
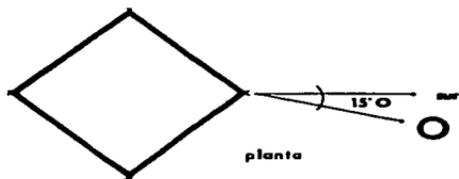


FIGURA 8.3: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 2.

Mediante los métodos para encontrar los parámetros posicionales del sol, obtenemos que para Sept. 21, a las 12:30 horas, los parámetros son (aproximadamente):

Altitud solar : 60 grados.
Azimut solar : 15 grados al W.

Ahora, teniendo esos datos, podemos resolver el ejercicio de una forma similar al anterior. La figura 8.3 muestra una forma de solución utilizando el método geométrico. Es importante hacer notar que como las caras del edificio no están orientadas directamente hacia el sur, será necesario trazar la dirección de los rayos solares con un ángulo medido desde el sur (no desde la perpendicular a los muros exteriores del edificio). El resto del proceso es similar al del ejercicio anterior. Antes de proseguir con el siguiente ejemplo, sería conveniente que se trataran de resolver los anteriores ejercicios y se compararan los resultados finales con los que se presentan aquí.

EJERCICIO 3.

En un lugar que se localiza a 28 grados de latitud norte se pretende construir un edificio como el que se muestra en la figura 8.4. El dueño del predio vecino está seriamente preocupado porque considera que la nueva construcción obstaculizará la entrada del Sol a su predio, durante la mañana, y por ello se nos encomienda el estudio de sombras que proyectará el citado edificio para ciertas circunstancias: el día 21 de marzo, a las 11 de la mañana.

SOLUCION:

La resolución del ejercicio se realiza por medio del proceso que ya hemos visto con anterioridad, pero sin embargo hay que hacer algunos comentarios que pueden facilitar la solución del problema. Veamos, antes que nada, que el edificio se encuentra orientado a direcciones distintas que las N-E-S-W. Ello nos recuerda que al momento de trazar las líneas que representan la dirección de los rayos solares en planta, el ángulo que se debe de tomar, será medido desde el sur, y no se relacionará con la orientación de alguna de las caras del edificio.

Ejercicio No 3
 Determinar las sombras el día 21 de Marzo para un edificio localizado en una latitud de 28°N, a las 11 de la mañana.

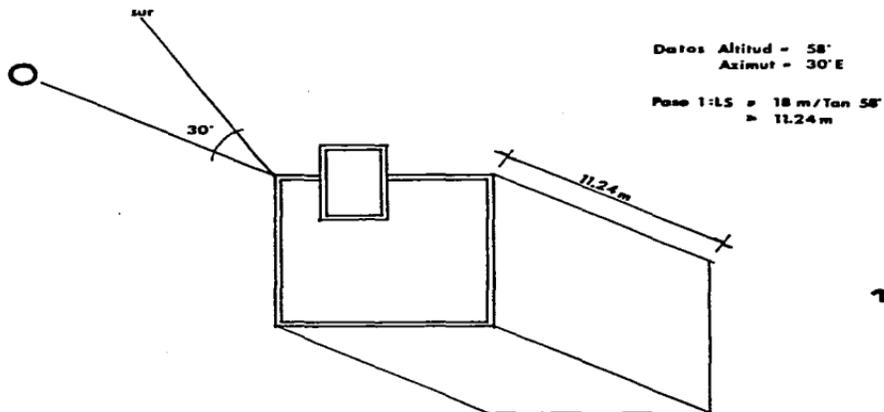
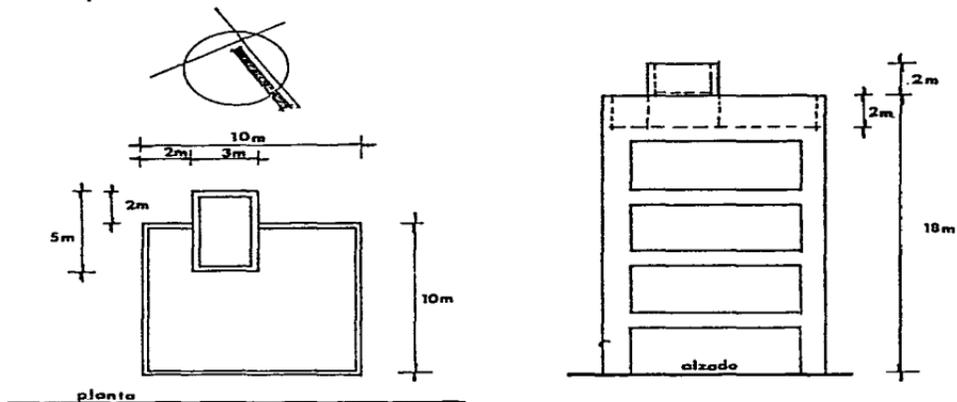
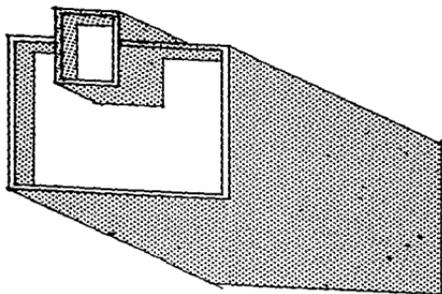
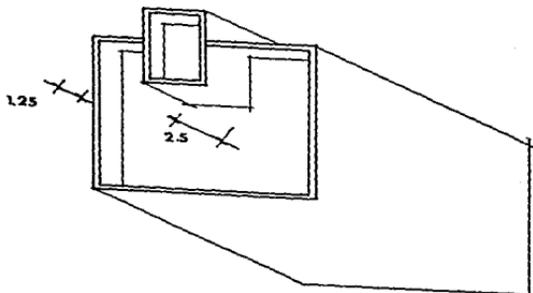


FIGURA 8.4: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 3

Paso 2. $LS = 4m / \tan 58^\circ$ altura 4m
 $= 2.5m$
 $= 2m / \tan 58^\circ$ altura 2m
 $= 1.25m$



Continuación de la figura 8.4

Otro comentario pertinente es que hasta ahora en los ejemplos anteriores habíamos estado trabajando con edificios con vértices de una misma altura, donde, por consecuencia, producirán longitudes de sombra de una misma dimensión. En el presente ejemplo existen varias alturas: considérese, por ejemplo, la altura de la envolvente exterior del edificio (18 metros), la del cubo de elevadores sobre el nivel de la calle (20 metros) o la del mismo cubo de elevadores sobre el nivel de losa de azotea (4 metros). Como las sombras se proyectarán sobre distintos niveles de altura, será conveniente calcular cada una por separado, sobreponiendo las proyecciones de cada elemento al final del estudio.

B. PROYECCION EN ALZADO.

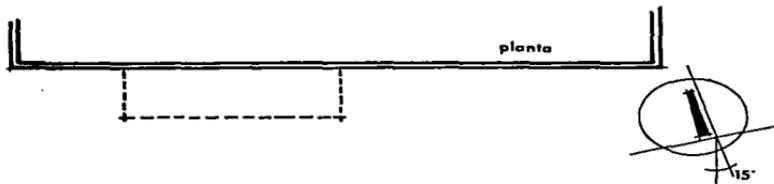
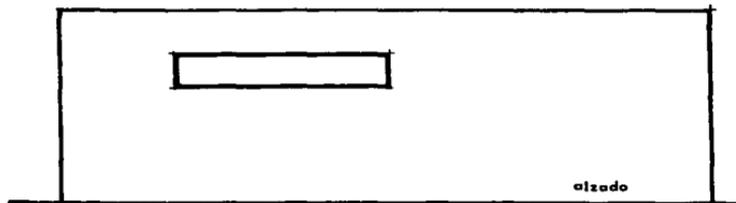
Hemos ya visto las bases para la determinación de la proyección de sombras en planta. No será difícil imaginar las aplicaciones que puede tener este proceso: aprovechar la sombra de ciertos elementos cuando así sea conveniente, diseñar ventanas que tomen la radiación directa cuando se necesite, y aún ser parte integral del proceso de selección de sitios en un determinado momento.

Pero también existe otro aspecto que resulta fundamental para la determinación de la proyección de sombras y que es aquel que las determina en alzado y no sólo en planta. El proceso, como ya se imaginará, será muy similar al que se sigue para la definición de límites de sombra en planta. Existen, sin embargo, algunas diferencias menores que es conveniente considerar. Para ello recurriremos a un sencillo ejemplo.

EJEMPLO 4.

Un muro, cuya orientación es de 15 grados al W, tiene un volado en una de sus caras, según se muestra en la figura 8.5. Por razones escultóricas, se requiere saber qué sombra se proyectará el día 21 de marzo a las 13:30 horas, sabiendo que el muro está localizado en un lugar que se encuentra a 24 grados de latitud norte.

Ejemplo 4. Determinar la sombra que proyecta un volado que sobresale de un muro cuya orientación es de 15° al Oeste, el 21 de Marzo a las 13:30 horas, estando localizado a 24 grados latitud Norte.



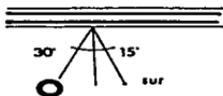
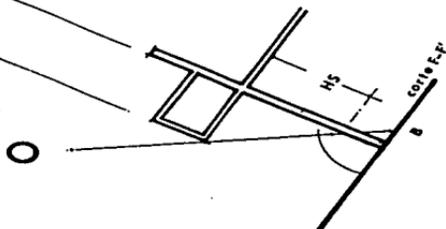
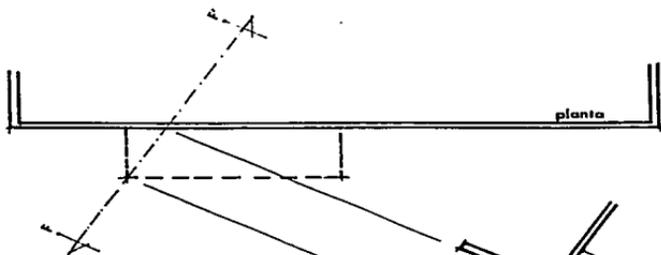
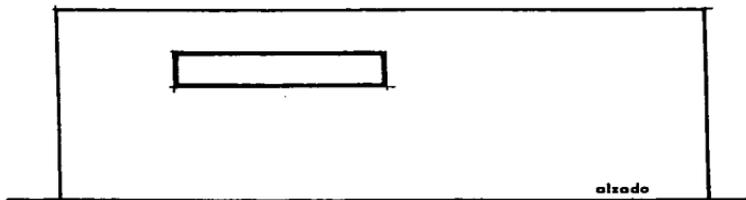
Paso 1. Por medio de un diagrama solar determinamos la altitud y azimut solar para las circunstancias antes mencionadas, y obtenemos:

Altitud solar: 58°

Azimut solar: 45° al Oeste

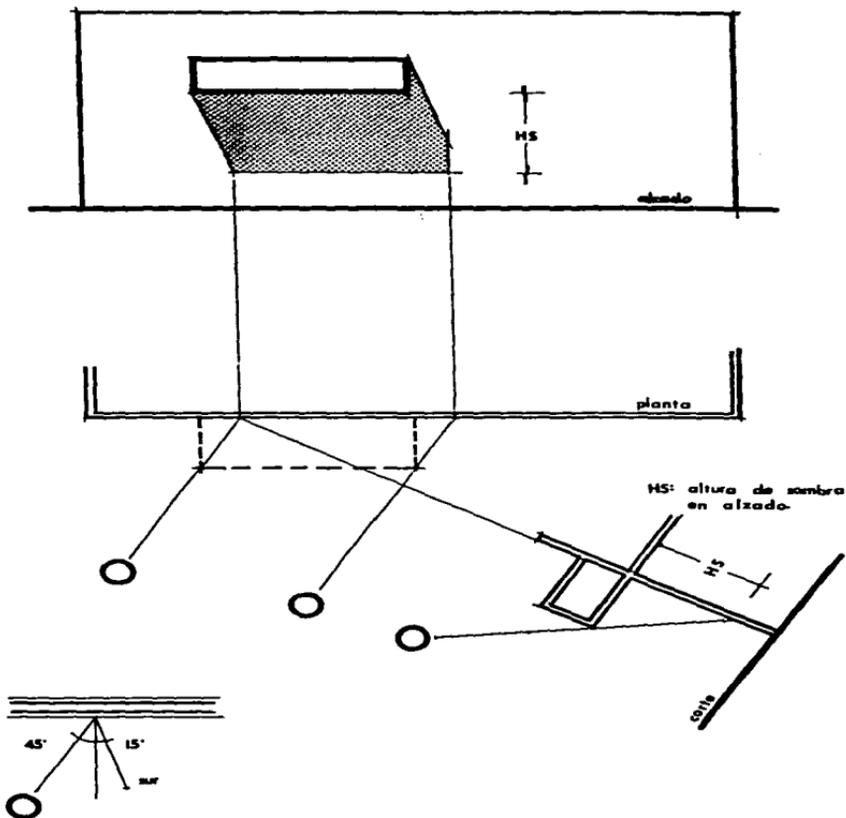
FIGURA 8.5: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 4.

Paso 2. Trazar la trayectoria de los rayos solares en planta, por lo que deben de provenir de una dirección de 45° Oeste del Sur.
 Hacer un corte paralelo a la trayectoria de los rayos solares.
 Mediante este corte determinar la altura de la sombra en el alzado.



Continuación de la figura 8.5

Paso 3. Referirse al alzado para completar la proyección de la sombra, utilizando el valor antes obtenido de la altura de sombra.



Continuación de la figura 8.5

SOLUCION:

El paso primero a seguir será exactamente el mismo que se utiliza para calcular la proyección en planta, es decir, la determinación de los parámetros posicionales del sol en las circunstancias que se piden. Esto, naturalmente, se logra por medio de las conocidas gráficas solares o por medio de las fórmulas analíticas ya antes descritas, de manera que obtenemos:

Altitud solar : 58 grados.
Azimut solar : 45 grados al W.

(Marzo 21, 13:30 Hrs)

De manera similar, el paso siguiente será trazar las líneas que determinan la trayectoria de los rayos solares en planta, para lo cual utilizamos el dato de azimut que encontramos previamente (45 grados W), siempre recordando que este ángulo se mide a partir del sur, y que la orientación del edificio no interviene en esta parte del proceso de diseño. Al trazar las líneas de la dirección de la radiación solar en planta, vemos que intersectan el muro en determinado punto. El problema es que no sabemos en alzado hasta qué parte llega la sombra. Para resolver este problema procedemos a hacer un corte (o alzado) paralelo a la dirección de procedencia de los rayos solares. Generalmente un corte da una mejor idea de la situación que se está manejando.

Teniendo el corte PARALELO A LA DIRECCION DE LOS RAYOS SOLARES sabemos que las dimensiones no se encuentran distorsionadas por la perspectiva, de manera que podemos trazar una línea que sea tangente al límite inferior del volado, y con una inclinación de 58 grados, que es precisamente el valor que tenemos para la altitud solar. Al encontrar el punto donde corta esta línea a el muro, sabemos con precisión cuál es la altura de la sombra (HS), valor que transportaremos al alzado para determinar los puntos limitantes de la sombra en alzado.

Nótese que en caso de que no existiera muro debajo del volado (habiendo una ventana, por ejemplo), la sombra penetraría hasta el piso, y la longitud de la sombra en planta se podría calcular de la manera expuesta en el inicio de estos ejercicios. También, en la mayoría de los casos de proyección de sombras en alzado, será más fácil utilizar el método geométrico que el analítico si no se desea una gran precisión. Ello no quiere decir que el método analítico no pueda ser utilizado, sino que en ocasiones un método puede ser más fácil de manejar que otro.

EJEMPLO 5.

Este ejemplo es similar al anterior, con la variación de tener una ventana a un costado. Se pide determinar la zona de iluminación que proyecta esta ventana hacia el interior. Los datos de diseño son los mismos: altitud solar: 58 grados, azimut solar : 45 grados W.

SOLUCION:

Para la resolución del ejercicio seguiremos prácticamente el mismo proceso del ejercicio anterior. No debemos de inquietarnos por la petición de la proyección interior de la radiación solar: sabemos que los límites de sombra son al tiempo los límites de radiación solar directa. De ésta manera, procedemos a la resolución de la manera antes mencionada, según el gráfico que se muestra en la figura 8.6.

Ejemplo 5. Similar al ejemplo 4, pero con la diferencia que aumenta una ventana. Determinar la proyección de la radiación solar dentro del espacio interior. Datos posicionales del sol: Altitud=58° grados y Azimut= 45° grados Oeste.

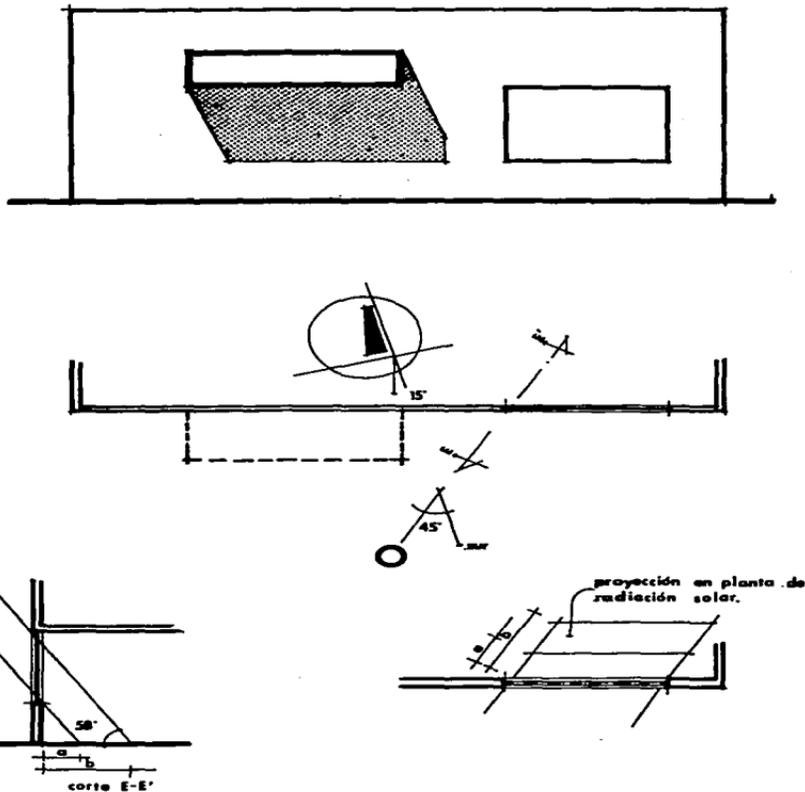
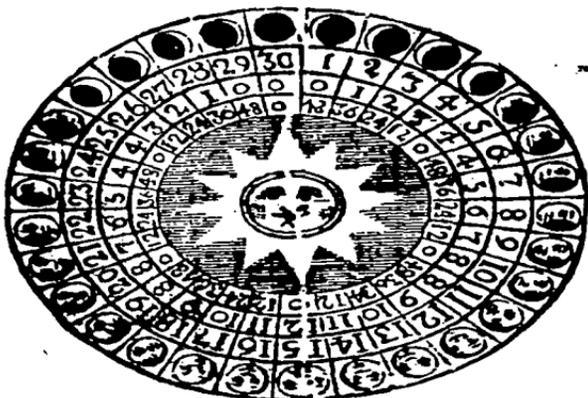


FIGURA 8.6: SOLUCIÓN DEL EJEMPLO No 5.

CAPITULO 9.

INDICADOR GRAFICO DE SOMBRAS



9.1. EL INDICADOR GRAFICO DE SOMBRAS.

Una de las ventajas de mostrar el movimiento solar en una gráfica es que, por medio de plantillas diseñadas para cada tipo de gráfica, es posible determinar el comportamiento de los límites de sombra para cada circunstancia de diseño. A estas plantillas se les conoce indistintamente con el nombre de INDICADORES GRAFICOS DE SOMBRA, o MASCARILLAS DE SOMBRA. Una característica interesante de los indicadores gráficos de sombra es que no es necesario diseñar uno para cada latitud que se trabaje, sino que son de uso general; una misma mascarilla de sombras diseñada para una gráfica solar específica sirve a todos los casos de todas las latitudes y sólo deberá ser modificada por las circunstancias especiales de cada elemento arquitectónico. En este caso manejaremos la mascarilla de sombras para la gráfica solar cilíndrica.

Cómo funciona una mascarilla de sombras?

Al mirar a través de una ventana con un volado, éste bloqueará una parte de la bóveda celeste que de otra manera podríamos ver si no existiera. Otra forma de decir lo mismo sería explicar que la ventana estará cubierta por la sombra cuando el Sol se mueva por la parte obstruida de la bóveda celeste. Este último concepto será importante para el entendimiento del funcionamiento de los indicadores de sombra.

Nuestro objetivo será construir una mascarilla de sombra modificada según nuestras circunstancias para que represente gráficamente un elemento arquitectónico dado, por ejemplo, una ventana con un volado al frente. Después, al sobreponer la mascarilla de sombra sobre la gráfica solar cilíndrica, ello nos permitirá determinar prácticamente y con exactitud las fechas y las horas en que la luz solar directa es obstruida y no llega a la ventana (es decir, está en sombra).

Un aspecto interesante del método es que, como las mascarillas de sombra son descripciones geométricas de las características de sombra de un elemento arquitectónico en particular (cada ventana distinta tendrá una mascarilla de sombra individual, modificada por sus circunstancias) no dependen de

factores tales como la latitud, la orientación o el tiempo. Una mascarilla de sombra de una determinada ventana puede ser utilizada en cualquier gráfica solar cilíndrica, independientemente de la latitud y orientación del elemento arquitectónico, siempre y cuando se cumplan las condiciones de que las dos gráficas estén a la misma escala (tanto vertical como horizontal).

Otra característica importante de las mascarillas de sombra es que son independientes del tamaño del elemento arquitectónico que representan, y sólo dependen de sus proporciones generales. Es por ello que generalmente trabajamos con ángulos (que son proporciones, en cierta forma) en lugar de trabajar con dimensiones en una unidad de medición determinada.

9.2. USO DEL INDICADOR GRAFICO DE SOMBRAS.

La figura 9.1 muestra un indicador gráfico de sombras para utilizarse sobre las gráficas solares cilíndricas mostradas en este escrito. Su uso es sumamente sencillo, y lo mostraremos a continuación.

La mascarilla de sombra tiene, como una gráfica solar cilíndrica, un punto de orientación central, un señalador dirigido usualmente al Sur, y que en las figuras que aquí se proporcionan está mostrado con una flecha. Esta orientación se encuentra coincidente al eje de simetría de las gráficas (tanto la solar como la de sombras). En el caso del indicador gráfico de sombras, la flecha será nuestro punto de referencia sobre la orientación que tiene, por ejemplo, una ventana o un volado que se desee calcular. Como la mascarilla de sombra deberá superponerse a la gráfica solar cilíndrica, será conveniente en última instancia la duplicación de éste sobre un material transparente (p.e. acetato, o papel translúcido delgado).

Para trabajar con la mascarilla de sombra es necesario conocer ciertos datos, mismos que determinarán el proceso a seguir. Lo que debemos conocer es lo siguiente:

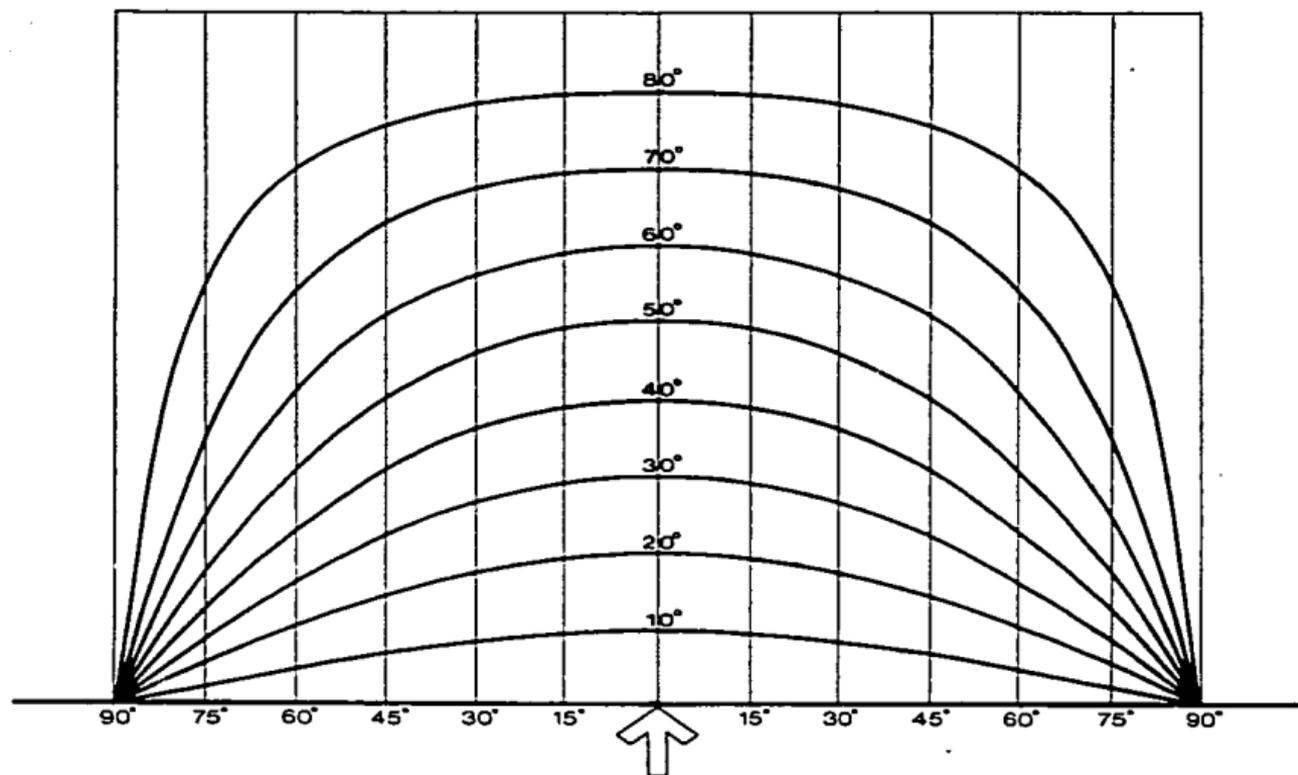


FIGURA 9.1: MASCARILLAS DE SOMBRAS PARA LA GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA.

- a. Angulos limitantes de elementos horizontales.
- b. Angulos limitantes de elementos verticales.
- c. Orientación del elemento arquitectónico.

Los primeros dos datos, los ángulos limitantes de la mascarilla de sombra definirán nuestras líneas marcadoras en la mascarilla. Estos dos datos nos permitirán modificar nuestra mascarilla de sombras de tal manera que pueda ser superpuesta sobre una gráfica solar cilíndrica (recordando que deben de ser del mismo tamaño, a la misma escala, sin distorsiones). Veamos pues, la manera de conocer los primeros datos de diseño para el indicador solar de sombras.

Las limitantes de la sombra en cierto elemento arquitectónico estarán dadas por los elementos que lo rodeen, tanto vertical como horizontalmente (y generalmente son combinaciones de ambos). La forma en que las limitantes se grafican en una mascarilla de sombras se muestra en la figura 9.2.

Una consideración importante para el manejo del método de determinación de límites de sombras es NO CONFUNDIR EL CONCEPTO DE SOMBRA REAL QUE CREA EL ELEMENTO ARQUITECTONICO CON LA RESULTANTE GRAFICA SOBRE LA MASCARILLA. Son dos cosas diferentes y no deben equipararse.

La cobertura de elementos horizontales (p.e. volados) estará dada por el ángulo que forme el límite de perfil de la sombra en el elemento arquitectónico en cuestión, visto en corte. Es evidente que podemos calcular los límites de nuestra sombra para distintas situaciones: cuando la ventana está totalmente sombreada (sombra al 100%), así como para cuando esta solo parcialmente sombreada (cualquier porcentaje del 0 al 100%). Es evidente que la situación de cálculo más común es cuando el objeto de diseño está sombreado al 100%, más eso no descarta la posibilidad de cálculo para otros porcentajes. Generalmente, para el caso de sombras parciales en elementos arquitectónicos se toman el 50 y el 75 por ciento como referencias básicas.

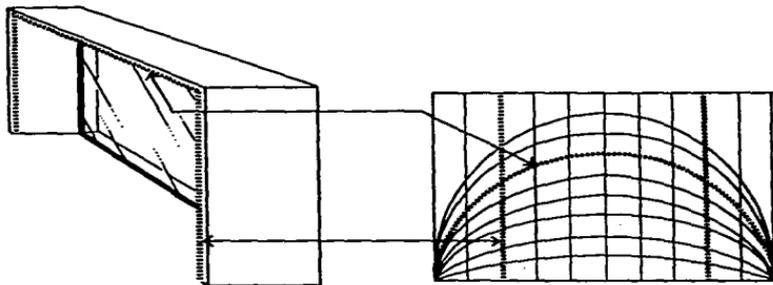


FIGURA 9.2: LIMITANTES VERTICALES Y HORIZONTALES DE LA MASCARILLA DE SOMBRAS. (tomado de Mazria, 1979).

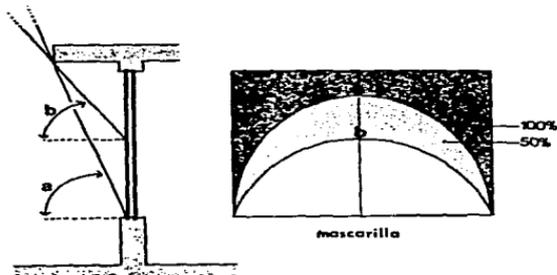


FIGURA 9.3: SOMBREADO AL 100% Y AL 50% EN LA MASCARILLA DE SOMBRAS. (tomado de Mazria, 1979).

El paso siguiente pues, será el de conocer en un corte el ángulo de sombreado máximo de nuestro elemento arquitectónico de diseño, así como los ángulos parciales de sombra, si se desea. Conociendo estos ángulos, quedará definida las coberturas máxima y parciales de nuestro estudio, puesto que estos ángulos definirán sobre nuestra plantilla indicadora de sombras los límites de soleamiento para una época dada, de la manera que se muestra en la figura 9.3. Recordemos que no debemos de equiparar el concepto de sombra real con la resultante del límite de sombra de la mascarilla. Veamos por ejemplo, como el volado horizontal de la figura anterior crea una sombra real sobre una ventana en forma de línea recta: ésta es la sombra que se proyecta, misma que varía de acuerdo con la hora del día, y su determinación va ha sido tratada en un capítulo anterior. La misma ventana con su volado crean una limitante la mascarilla de sombra cuya forma es una línea curva, un arco que define los límites de recorrido de la sombra en el tiempo (y por lo tanto no varía con la hora del día). No es ésta la sombra que se proyectará sobre la ventana. Es la integración gráfica de todas las sombras que se proyectarán durante el día y de cómo el volado ocultará o no el Sol de la ventana.

De manera análoga, deberemos conocer los ángulos límites para los elementos verticales, ángulo que deberá ser medido en planta, con las mismas condicionantes expresadas anteriormente para los porcentajes de sombreado. Es importante el trazo gráfico de las líneas limitantes de sombra, puesto que en ocasiones las plantas no están construidas con ejes ortogonales o ángulos rectos, por lo cual será necesario medir el ángulo directamente de la planta, de una manera similar a la que se muestra en la figura 9.4.

Nuestro indicador de sombras podrá ser ya marcado con los ángulos límites de las protecciones verticales y horizontales. El resultado final deberá ser algo muy similar al gráfico que se muestra en la figura 9.5. Todo aquello que quede fuera de los márgenes marcados por las líneas de delimitación, estará en sombra, mientras que todo lo que quede dentro de estas líneas recibirá radiación. Para conocer cuando ocurrirán estos fenómenos, será necesario sobreponer el indicador de sombras sobre una gráfica solar cilíndrica.

Finalmente el último dato que es necesario conocer para la utilización de la mascarilla de sombra será determinar la orientación del elemento arquitectónico que se piensa diseñar. Será conveniente, pues, conocer la orientación de los elementos mediante la medición directa de las orientaciones en un plano de planta normal.

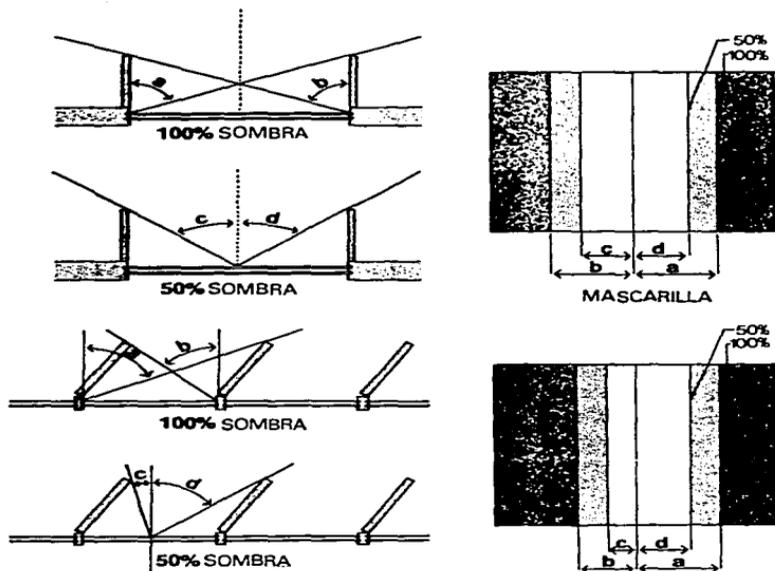


FIGURA 9.4: MASCARILLA DE SOMBRA PARA ELEMENTOS VERTICALES.
 (tomado de Mazria, 1979).

En seguida proseguiremos a colocar la mascarilla de sombras sobre una gráfica solar cilíndrica, que obviamente corresponda a nuestra latitud de diseño, con el señalador de centro de nuestro indicador gráfico de sombras en superposición a la orientación del elemento arquitectónico de diseño de la escala de la gráfica solar (ver figura 9.6). Con ambas gráficas superpuestas, será posible leer directamente hasta donde cubrirán nuestros elementos arquitectónicos, tanto verticales como horizontales (o combinaciones de ambos).

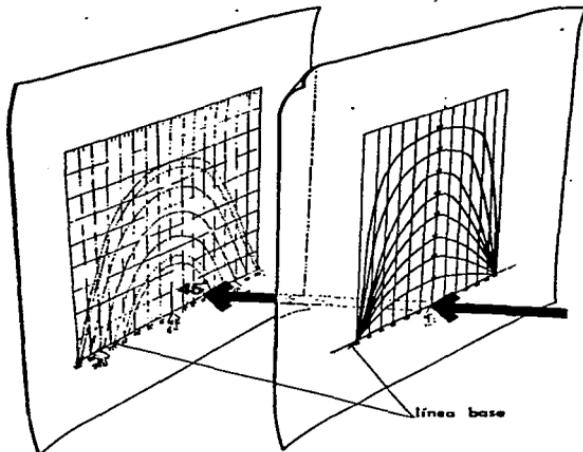


FIGURA 9.5: SOBREPONCIÓN DE LA MASCARILLA DE SOMBRAS A LA GRÁFICA SOLAR CILÍNDRICA. (Mazria, 1979).

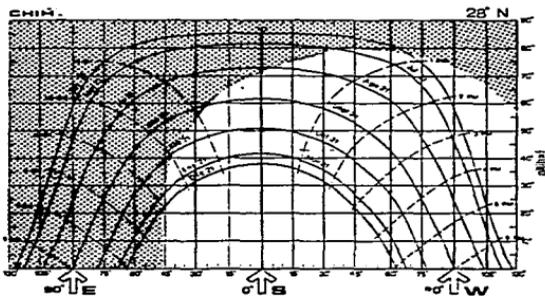


FIGURA 9.6: ESQUEMA FINAL DE SOMBRAS. (EJEMPLO)

CAPITULO 10.

ANALISIS DE TERRENOS.



ARTICULO 147.- Las edificaciones de 5 niveles o más sobre el nivel de banqueta deberán acompañar a la solicitud de licencia de construcción el estudio de proyección de sombras, en el que se muestre la proyección de sombras que la construcción nueva ocasionaría sobre los predios y construcciones vecinas, a lo largo del día y del año. En el caso de verse afectadas edificaciones vecinas de habitación por dichas sombras el Departamento podrá establecer restricciones adicionales de ubicación en el predio o altura de la nueva edificación.

ARTICULO 148.- Se permitirá el uso de vidrios y materiales reflejantes en las fachadas de las edificaciones siempre y cuando se demuestre, mediante los estudios de asoleamiento y reflexión especular, que el reflejo de los rayos solares no provocará en ninguna época del año ni hora del día, deslumbramientos peligrosos o molestos en edificaciones vecinas o vía pública ni aumentará la carga térmica en el interior de las edificaciones vecinas.

(Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1987).

10.1. INTRODUCCION AL ANALISIS DE TERRENOS.

"La Arquitectura ocurre en el encuentro de fuerzas interiores y exteriores de uso del espacio. Estas fuerzas interiores y del medio ambiente son tanto generales como particulares, genéricas y circunstanciales. La Arquitectura como el muro entre el interior y el exterior se vuelve un documento espacial de su solución y su drama."

Robert Venturi.
Complexity and Contradiction in Architecture.

El punto de partida de muchos proyectos es el análisis del contexto del problema arquitectónico. Ello conlleva la identificación de las distintas ventajas y desventajas que se tienen en el lugar, para luego pasar a un esquema inicial de zonificación.

Las principales herramientas de diagnóstico solar se han esbozado ya en los capítulos anteriores. Es hora entonces de la aplicación de algunas de estas técnicas para el análisis a los sitios desde el punto de vista de su influencia solar. Básicamente se tratará de mostrar una aplicación práctica de los conocimientos adquiridos previamente.

Un método que por experiencia ha probado ser práctico es el enfoque gráfico, es decir, el mostrar de una manera figurativa las distintas sombras y obstrucciones que proyectan los elementos vecinos sobre el terreno. Los beneficios de su aplicación pueden ser fácilmente comprendidos. Quizás la mayor ventaja del método es que las características de soleamiento del terreno se muestran claramente. Algunas de ellas serán poco importantes e inclusive quizás otras sean totalmente irrelevantes. Por otro lado es probable que existan elementos vecinos al predio que tengan una gran importancia por el impacto de sus efectos solares y el diseñador no se hubiera enterado de ello sin el uso del método gráfico.

10.2. ANALISIS GENERAL.

El diagnóstico solar exterior de un sitio no representa mayor complicación que la definición de algunos parámetros importantes desde el punto de vista de climatización solar pasiva. Muchos elementos entran en juego para el análisis completo de un terreno en especial. Algunos de ellos son aplicables desde el punto de vista del diseñador sin considerarlos estrictamente como "solares". Entre éstos pueden estar los accesos, las circulaciones principales, la legislación vigente en el lugar, las redes de alcantarillado y el suministro de agua y energía eléctrica, los estilos de diseño, etc. Pero existen otros elementos que en el presente caso consideraremos como relevantes desde el punto de vista de la energía solar pasiva. Esto no quiere decir que los elementos solares son los más importantes o los únicos a considerar. La valoración de cada uno de ellos es, a final de cuentas, responsabilidad última de cada uno de los diseñadores.

Cuáles son los factores más importantes a cuidar desde el punto de vista de diseño "natural"?

Entre los elementos de diseño natural más importantes a considerar están los que modifican los ambientes arquitectónicos desde los puntos de vista de:

- a. Ganancia y pérdida de calor.
- b. Iluminación Natural.
- c. Acústicos.
- d. Desarrollo de Ecotécnicas diversas.
(Aprovechamiento de aguas, por ejemplo).

Es evidente que la complejidad en la solución de estos problemas aumentará en proporción al nivel de detalle que se trate. Un enfoque sistemático resulta efectivo si se toman en cuenta las relaciones de la Arquitectura en sus distintas escalas: tomando como punto inicial la escala más grande, el

factor regional del sitio (elementos climáticos, por ejemplo) ejercerá una influencia definitiva. Después se pueden considerar los elementos característicos del terreno en particular, para posteriormente tomar en cuenta los elementos constitutivos del edificio (primero tomado como unidad y finalmente por cada uno de sus materiales constitutivos). La estructura conceptual en el enfoque general de estos problemas se muestra en la figura 10.1.

También es importante tomar en cuenta que de los cuatro problemas de diseño natural a resolver antes expuestos, todos están indirectamente relacionados con los elementos climáticos, pero sólo dos de ellos están DIRECTAMENTE relacionados con el clima y sus aspectos solares. Ellos son los siguientes:

1. Ganancia y Pérdida de Calor.
2. Iluminación Natural.

Por su gran importancia e influencia dentro del diseño solar, serán tratados a profundidad en las dos secciones restantes de este escrito.

Sobre el análisis climático, la mayoría de los autores coinciden en la conveniencia de contestar previamente a algunas de las preguntas relacionadas con los dos factores básicos de diseño solar (Ganancia y Pérdida de Calor e Iluminación Natural). La lista es interminable, sin embargo entre los más importantes se podrían mencionar los siguientes (basados en Brown et al., 1982):

1. Ganancia y Pérdida de Calor.

- * En el clima propio del lugar de diseño, la mayoría de los usuarios estarán (confortables, con demasiado calor, frío, con demasiada humedad o muy poco contenido de agua en el ambiente)?.
- * En qué épocas del año (o en qué meses) parece ser significante la diferencia entre las temperaturas mayores o menores? Estas diferencias pueden utilizarse a la ventaja de nuestros diseños por medio de almacenamiento de calor o frío para los períodos en que se necesiten.

- **Cuál es la generación térmica del sistema arquitectónico?**
- **En qué épocas del año sería conveniente utilizar la ventilación natural para enfriar los ambientes? En qué períodos se necesitará utilizar la fuerza del aire únicamente si se le agrega humedad por algún medio natural?**
- **En qué períodos será conveniente bloquear el viento que sople hacia nuestro edificio?**
- **En qué épocas del año será necesario bloquear la entrada de energía solar térmica hacia nuestra construcción? En qué otras épocas se podrá utilizar para calentar nuestros espacios?**
- **Cuál es el lugar óptimo para localizar nuestro edificio en vista de los anteriores factores?**

2. Iluminación Natural.

- **Cuales son los requerimientos mínimos de iluminación para las tareas que se realizan en nuestro edificio?**
- **Qué porcentaje de la iluminación exterior se podrá aprovechar para iluminar naturalmente nuestros espacios? En qué época del año? Bajo qué condiciones?**
- **Qué porcentaje de la iluminación exterior se tratará de proveer hacia el interior para lograr cumplir con los requerimientos de iluminación mínimos para realizar las tareas normales de uso del edificio?**
- **Concuerd a la elección del lugar óptimo desde el punto de vista térmico con el lugar óptimo desde el punto de vista lumínico?**

Por su extensión, los temas relacionados con el análisis general del sitio (efectos de topografía, microclima, etc.) no caen bajo los objetivos de discusión del presente escrito y deberán ser tratados en un texto específico. Para efectos de análisis en este escrito, los reduciremos a unos cuantos, entre los que se pueden considerar los siguientes:

- a. Proyección de sombras de los elementos vecinos (árboles, edificios, bardas, etc.)
- b. Topografía del terreno y su influencia para el diseño.
- c. Vientos predominantes.
- d. Zonas arboladas y de vegetación.

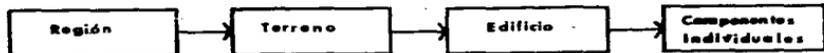
La siguiente discusión de tópicos se centrará en la proyección de sombras y obstrucciones solares al predio. El diagnóstico gráfico de los efectos solares en un lugar se puede hacer desde dos puntos de vista:

1. Desde el EXTERIOR, es decir, mostrando las proyecciones de sombras sobre el terreno, generalmente realizado en PLANTA. Este método trabaja con SOMBRAS. El uso de este sistema es muy práctico para el diagnóstico general del sitio y para la definición de elementos a tomar en cuenta como influencias zonificadores de acuerdo a las consideraciones climáticas del lugar de diseño.
2. Desde el INTERIOR, donde se supone un observador en una parte específica del terreno, mismo que verá las influencias solares de los elementos vecinos únicamente hacia el punto donde se encuentra situado. Generalmente el análisis se desarrolla en ALZADO, y es útil para la definición del comportamiento solar para elementos arquitectónicos definidos. Generalmente el método no trabaja con sombras sino con OBSTRUCCIONES.



Ganancia y
pérdida de
calor

Iluminación
Natural



Factores
acústicos

Ecotécnicas
diversas



FIGURA 10.1: ESTRUCTURA CONCEPTUAL DE ANÁLISIS DE TERRENOS.

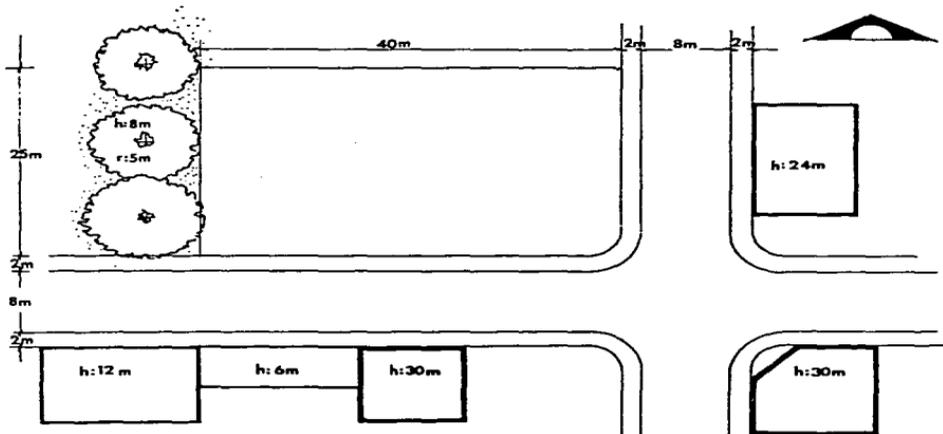


FIGURA 10.2: PREDIO DEL EJEMPLO PARA MOSTRAR ANÁLISIS DE TERRENOS.

10.3. ANALISIS SOLAR EXTERIOR.

El proceso básico de análisis exterior del sitio se fundamenta en la proyección de sombras a la manera ya tratada con anterioridad (Capítulo referente a "Uso de la Sombra"). Recordemos que para conocer la proyección de una sombra en un momento dado es necesario conocer la posición solar por medio de coordenadas polares (Altitud y Azimut). Las fórmulas para efectuar estos cálculos son ya conocidas y por ello no serán tratadas de nuevo aquí.

Más conveniente, sin embargo, será el resolver un problema práctico de análisis solar exterior de proyecciones de sombra. Tomemos como ejemplo el predio mostrado en la figura 10.2. Las dimensiones del predio son 25 por 40 metros, situado en Chihuahua (latitud de 28 grados norte). El lugar se encuentra rodeado de varios edificios (12 m, 30 m, y 24 m de altura) y de algunos árboles al oeste (3 árboles de 10 m de radio y 8 m de altura). Por el lado norte no se encuentra ninguna obstrucción relevante.

A primera vista parecería que los impactos mayores que se tienen en este caso son aquellos elementos obstaculizantes localizados hacia el sur del predio. Veamos que papel juegan estos elementos.

Consideremos el caso del soleamiento que recibirá el predio en una situación extremosa, digamos la parte fría de la temporada, en la mañana. Es en la primera parte del día cuando es necesario calentar la edificación, después que ha perdido toda la energía calorífica durante la noche. Tomando como datos de cálculo una latitud de 28 grados Norte, a las diez de la mañana de Diciembre 21, determinamos fácilmente que la altitud y el azimut solar son 30 y 32 grados, respectivamente. Al proyectar en planta las sombras que resultarían en un ejemplo como el que se está considerando, vemos que las edificaciones más impactantes en este caso son aquellas situadas al este. Los elementos que se encuentran al sur no tienen mayor relevancia desde el punto de vista de proyección de sombras. En caso de que deseáramos que nuestro diseño recibiera toda la energía calorífica solar en la época fría del año, podríamos situarlo en el área que queda libre de sombreado de la figura 10.3.

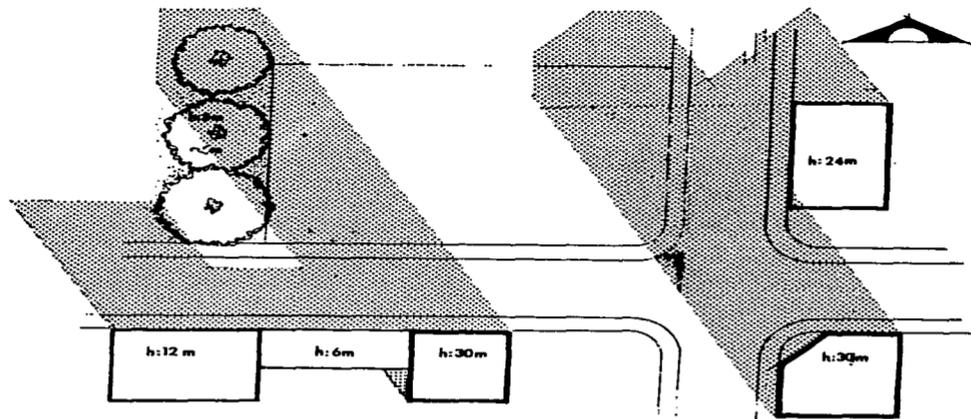


FIGURA 10.3: PROYECCIÓN DE SOMBRAS PARA DICIEMBRE 21 A LAS 10:00 AM.

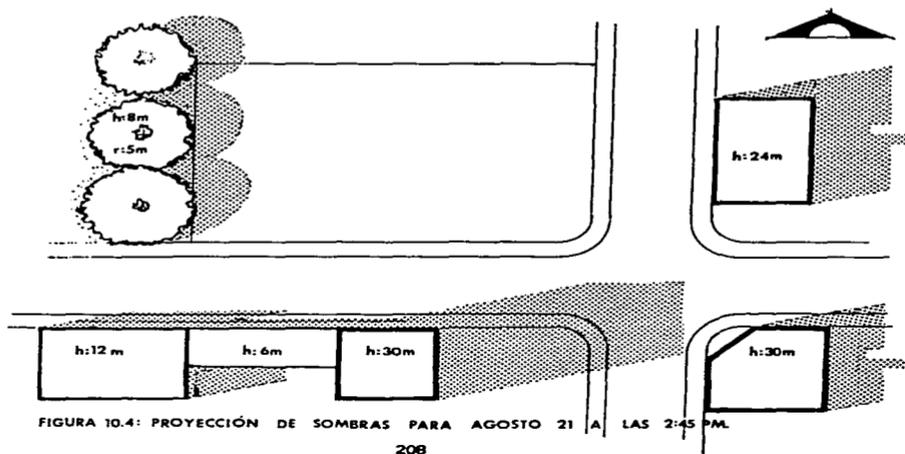


FIGURA 10.4: PROYECCIÓN DE SOMBRAS PARA AGOSTO 21 A LAS 2:45 PM.

Pero en época de verano la situación cambia. Lo que deseamos es precisamente que exista bloqueo de los rayos solares directos por algún elemento propio del terreno, sobre todo en la tarde, cuando la temperatura ha subido debido al calor absorbido por la edificación durante todo el día. Una buena estimación de los lugares que recibirán sombra en nuestro terreno la obtendríamos graficando las proyecciones para Agosto 21, a eso de las 2:45 de la tarde. Mediante el uso de fórmulas o gráficas solares, vemos que la altitud solar para esa hora es de 50 grados, mientras que su azimut es de 75 grados W.

En este caso los únicos elementos relevantes desde el punto de vista de bloqueo de los rayos solares directos son los tres árboles que se encuentran situados en la colindancia oeste del terreno. Si graficamos la proyección de sus sombras (figura 10.4) será evidente que existe una zona limitante con la colindancia oeste que se encuentra protegida del sol por las tardes de verano. Si deseáramos que alguna parte de nuestro proyecto estuviera protegida de la ganancia térmica solar directa, ésta sería una buena área para localizarla.

Una ventaja del método de análisis exterior del terreno radica en que es relativamente simple de utilizar y permite visualizar el movimiento de las sombras durante el día sin mayor problema. El hecho de utilizar proyecciones reales de sombras da la posibilidad de graficar el comportamiento de uno o varios elementos cada determinado tiempo (p.e. cada hora), con lo que se logra obtener una idea más realista del impacto que tendría tener cierto elemento circundante del terreno.

Las proyecciones de sombras no sólo se pueden realizar considerando una sola hora para cierta fecha del año. La idea general de la situación en un caso dado puede graficarse sobreponiendo las sombras generadas por un elemento arquitectónico en un solo gráfico, de una manera similar a la que se muestra en la figura 10.5.

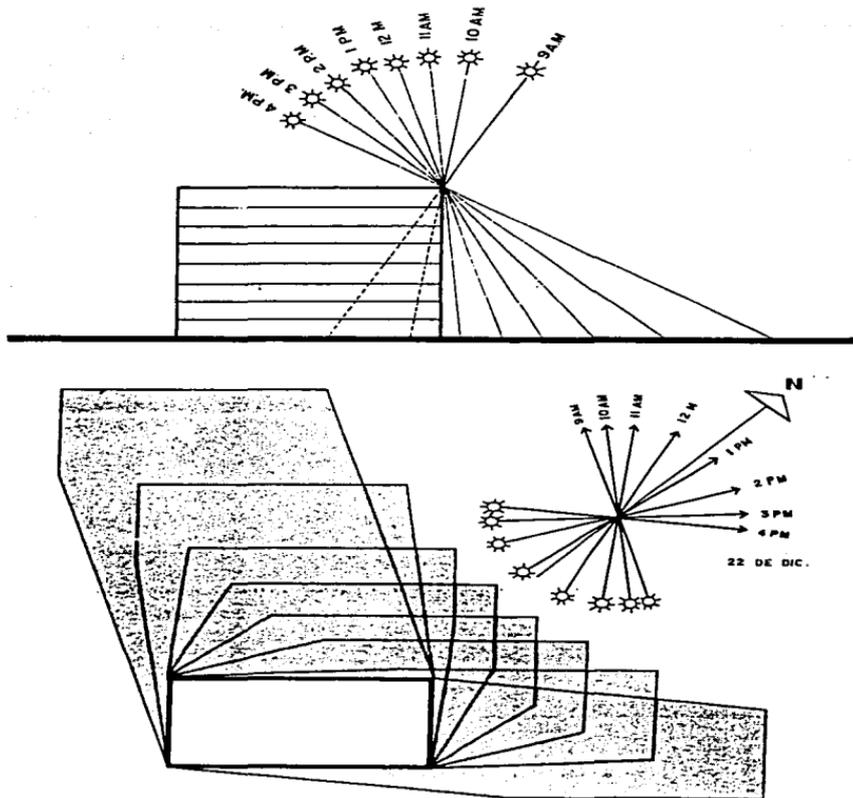


FIGURA 10.5: EJEMPLO DE SOBREPOSICIÓN DE SOMBRAS DE UNA EDIFICACIÓN PARA DISTINTAS HORAS DEL DÍA.

10.4. ANALISIS SOLAR INTERIOR.

La otra posibilidad para determinar el impacto solar sobre nuestro terreno es por medio del análisis desde el interior. A diferencia del método anterior que puede abarcar todo el terreno, el análisis interior se aplica con mayor frecuencia para determinar el comportamiento del movimiento solar en un lugar fijo del terreno. En este sentido el método exterior analiza el terreno como un todo, mientras que el análisis interior permite visualizar los obstáculos que encuentra la luz solar para llegar a un lugar determinado (p.e. a una ventana).

La base del análisis solar desde el interior del terreno es sumamente sencilla: sólo se trata de graficar en una carta solar los obstáculos que encuentre un observador situado en determinado lugar de nuestro terreno. Se puede lograr esto pues se van determinando puntos de orientación mediante las coordenadas polares de las limitantes de los elementos circundantes. Un ejemplo clarificará este método.

Supongamos que, por programa, planeamos ubicar un invernadero en la parte central del terreno que se mostró anteriormente. Queremos saber si existen obstáculos que eviten la entrada de luz solar al invernadero, y si los hay, en qué época del año y a qué horas actúan. Como arquitectos debemos saber si la parte central cumple con los requisitos de soleamiento para el cultivo controlado de ciertas plantas.

A primera vista sería difícil decir, a priori, si este lugar sería conveniente o no. Visualizar los movimientos paulatinos de las sombras de los elementos adyacentes representa un reto para cualquier diseñador. El método de análisis solar interior, sin embargo, nos da una idea clara e inmediata de los horarios de luz y sombra, hora por hora, en toda la época del año.

El paso único es representar gráficamente el perfil de nuestros elementos colindantes en una gráfica solar. Puesto que hemos estado trabajando con la gráfica solar cilíndrica, utilicemos ésta para el presente análisis. Tomemos la gráfica

para 28 grados norte de latitud. El punto que deseamos analizar es precisamente el centro del terreno. Imaginemos que nos transportamos a este punto. Si recorriéramos con la vista el horizonte, podríamos ver que hacia el oeste se encuentran tres árboles, hacia el sur un tanque de almacenamiento, etc. Solo resta determinar el azimut y la altitud que tienen cada uno de estos elementos. En planta es más fácil determinar los azimuts de las obstrucciones: en alzado, las altitudes. Una forma de resolver el problema se muestra en la figura 10.6, donde se observa la determinación de coordenadas polares para los edificios colindantes, visto desde el punto "A".

Existen dos consideraciones que es importante hacer notar. La primera es que es necesario considerar la variación magnética del lugar al momento de considerar las orientaciones del terreno y del observador. Debido al campo magnético de la Tierra, generalmente es necesario corregir las lecturas unos cuantos grados al este o al oeste, para obtener en norte verdadero (que difiere ligeramente del norte magnético). Cuando el norte verdadero y el norte magnético se encuentran hacia la misma dirección, la variación es cero.

La segunda consideración es la conveniencia de representar a los árboles en la gráfica de dos formas distintas: aquellos que representen un obstáculo para el paso de la radiación solar durante todo el año debido a su follaje constante se podrán dibujar en la gráfica con línea continua. Por otro lado, los que debido a cambios estacionales pierdan sus hojas, podrán representarse con línea punteada. Durante el invierno éstos árboles podrán dejar pasar la luz solar siempre y cuando no sean demasiados, o representen un obstáculo físico considerable.

La figura 10.7 grafica cada uno de estos puntos y nos muestra la delineación de nuestro horizonte real para el punto en cuestión. Es conveniente recordar que si cambiáramos de lugar a nuestro observador, el horizonte de obstáculos también cambiaría.

El análisis solar se puede ya realizar. La gráfica solar nos muestra el movimiento del sol en distintas épocas del año para la bóveda celeste de latitud 28 N. Toda aquella línea de

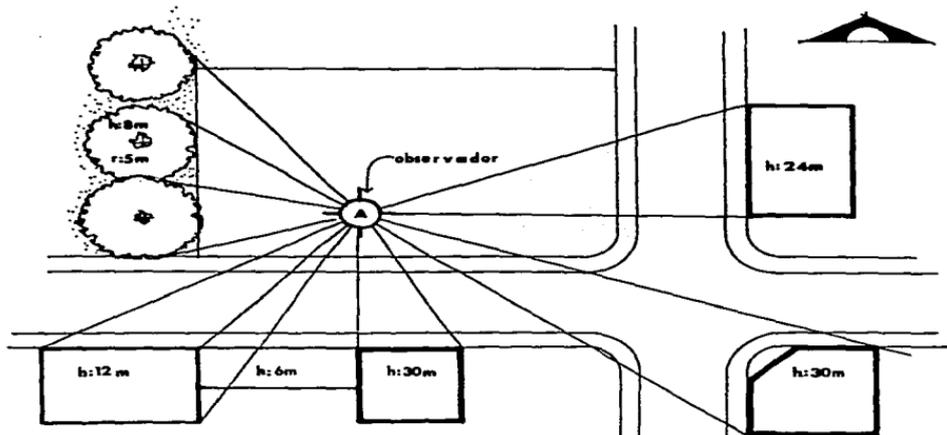


FIGURA 10.6: DETERMINACIÓN DEL AZIMUT DE LAS EDIFICACIONES CIRCUNDANTES EN PLANTA.

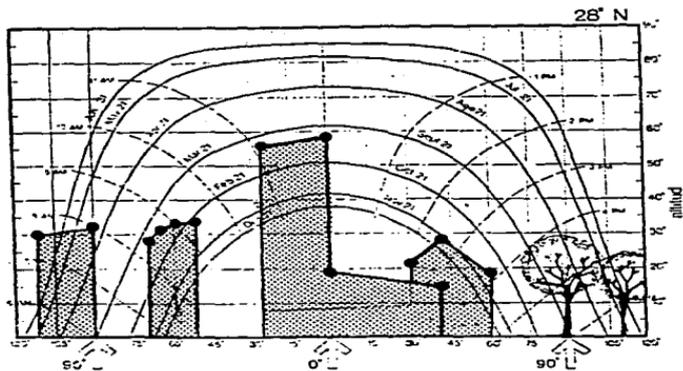


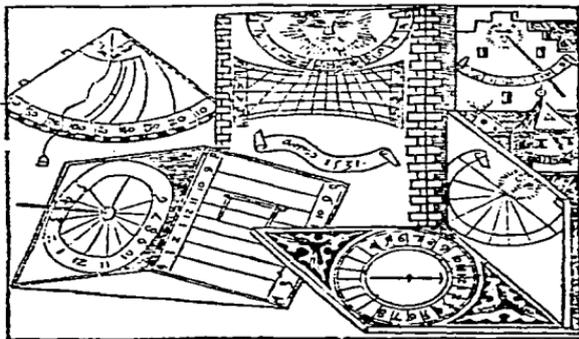
FIGURA 10.7: ANÁLISIS SOLAR INTERIOR DEL TERRENO.

movimiento solar que quede debajo de nuestro horizonte real será obstaculizada por algún elemento, es decir, que habrá sombra sobre el punto de estudio. De manera contraria, cuando las líneas de movimiento solar estén sobre la línea de horizonte, querrá decir que la luz solar directa podrá llegar sin problemas al punto de estudio. Será apropiada la ubicación del invernadero, según la información que se proporciona en la figura 10.7. si éste se sitúa con centro en el punto "A"?

Si bien el método de análisis interno del terreno tiene como característica su poca flexibilidad en movimiento del observador (hay que hacer una gráfica nueva para cada posición), presenta la ventaja, sin embargo, de mostrar de forma continua las horas de soleamiento y de sombra para cierta circunstancia. Como se observa, cada uno de los métodos es conveniente para analizar el terreno desde el punto de vista solar, y de hecho, generalmente se utilizan ambos para el análisis de soleamiento de terrenos.

CAPITULO 11.

DISEÑO SOLAR CON MODELOS.



11.1. PRUEBA CON MODELOS.

Una de las estrategias más exitosas para el análisis solar de una edificación es precisamente la prueba de un modelo a escala del proyecto. Este es un sistema ampliamente utilizado en estudios de ventilación, movimientos de aire, iluminación natural, etc. En este caso el método se aplicará para determinar las condiciones de soleamiento de un determinado elemento arquitectónico. El simular las condiciones en que incide la radiación solar sobre nuestra edificación nos permitirá visualizar con mayor claridad su comportamiento particularmente desde el punto de vista de intercambio de calor y de iluminación natural.

El desarrollo de la idea es sumamente sencillo: basta construir un modelo a escala de nuestro edificio, situado de tal manera que se represente fielmente el terreno, incluidos todos los obstáculos relevantes a su alrededor. El resto del proceso contempla el reproducir el movimiento solar sobre la maqueta, para las distintas horas y épocas del año, cosa que se logra frecuentemente por medio de una fuente luminosa, ya sea artificial o natural.

La reproducción de los movimientos solares sería un trabajo penoso si fuera necesario calcular las coordenadas polares del sol en cada instancia, para después colocar una fuente luminosa en cada una de las posiciones solares que se deseen. Si bien ésta puede ser una solución para la simulación de soleamientos, afortunadamente existe un método más sencillo: el uso del heliodón horizontal.

El uso de este instrumento sobre el modelo a escala de nuestro edificio es sumamente sencillo. Sólo es necesario seguir ciertos lineamientos para que funcione correctamente. Los pasos son los siguientes:

1. Colocar el heliodón sobre una superficie horizontal sobre la maqueta. El nivel horizontal deberá ser aquel que corresponda al del modelo, y que no necesariamente corresponde al del lugar de prueba.

2. Orientar el heliodón hacia el punto cardinal correcto del modelo (que puede o no corresponder con el punto cardinal real del lugar de prueba). La orientación con la que usualmente se trabajan los heliodones horizontales es la norte, aunque puede variar según el diseño.
3. Hacer que una fuente luminosa proyecte su luz sobre el modelo de manera que la sombra que produzca el marcador de sombras del heliodón coincida con la lectura que define el mes y la hora. Esto se logra fácilmente moviendo la fuente luminosa o el modelo. Cuando se utiliza una fuente natural como fuente luminosa (p.e. sacando un modelo al aire libre y probándolo con el sol), es evidente que lo que deberá moverse será el modelo. En el caso de utilizar fuentes artificiales tales como luminarias, la opción de movimiento se puede dar tanto en el modelo como en la misma fuente.
4. La reproducción de los ángulos con que la luz solar incide sobre el edificio podrá hacerse paulatinamente, moviendo el modelo poco a poco de manera que los indicadores de hora y de fecha coincidan. El análisis de soleamiento del edificio puede hacerse ya directamente sobre la maqueta. El proceso de uso del heliodón sobre modelos podrá ser clarificada si se observa la figura 11.1.

Dada la importancia del uso de este tipo de instrumentos para el diseño de edificios, será conveniente profundizar en el diseño y construcción del heliodón horizontal.

11.2. DISEÑO DE UN HELIODON HORIZONTAL.

A. INTRODUCCION.

La palabra 'heliodón' generalmente se aplica a un aparato específico que nos permite reproducir las circunstanancias de posición del Sol en determinado momento. Existen muchos tipos de heliodones, tal y como se muestran en las figuras 11.2 a 11.4. Todos ellos son útiles para nuestros fines: simular las condiciones de soleamiento en un momento dado. Nosotros podemos utilizar un tipo de heliodón similar a los mostrados, que sin tener que construir aparato alguno, nos podrá servir de igual forma.

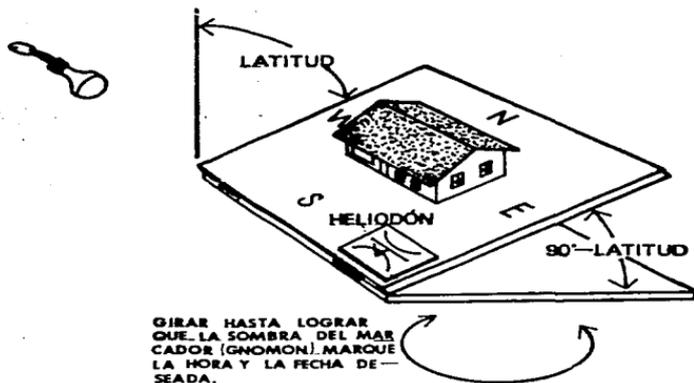


FIGURA 11.1: UTILIZACIÓN DE UN HELIODÓN PARA SIMULAR EL SOLEAMIENTO DE UN MODELO.

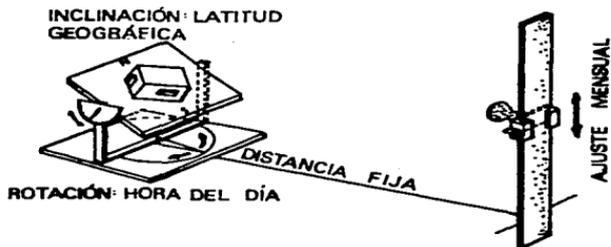


FIGURA 11.2: HELIODÓN HORIZONTAL

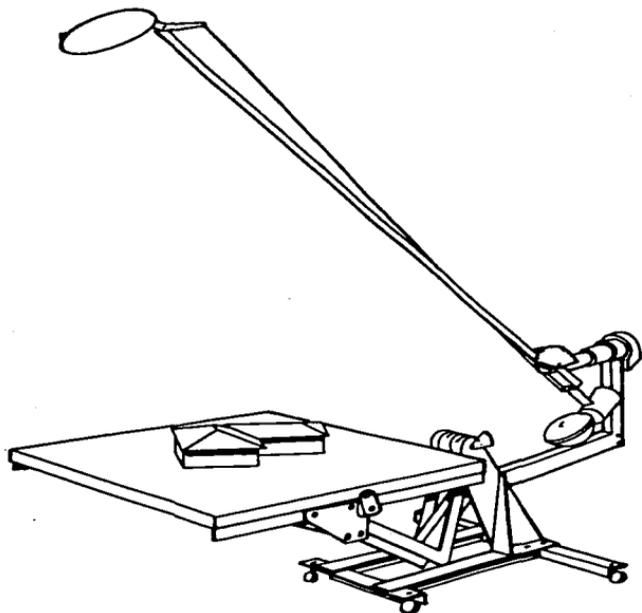


FIGURA 11.3: HELIOSCOMIO (A) DESARROLLADO POR LA COMMONWEALTH EXPERIMENTAL BUILDING STATION, SYDNEY, AUSTRALIA.

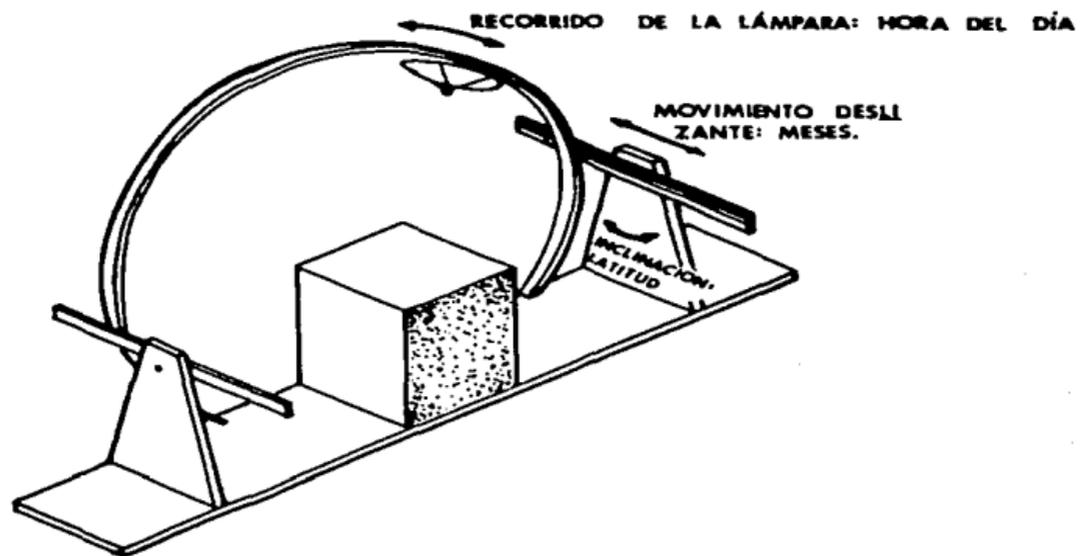


FIGURA 11.4: DIAGRAMA DE DISPOSICIÓN GENERAL, HELIOSCOPIO «B» DESARROLLADO POR S.V. SZOKOLAY EN EL PLYTECNIC OF CENTRAL LONDON.

En este escrito utilizaremos la palabra 'heliódón' para denominar a este instrumento de diseño aunque en la literatura especializada también es conocido con el nombre de reloj de sol horizontal. En la bibliografía de diseño de relojes solares se explica con detalle los pasos y principios a seguir para la construcción de relojes de sol (Waugh, 1973). Para el diseño de un sencillo heliódón mostraremos a continuación algunos conceptos para diseñar el que consideramos como el más accesible y fácil de manejar: el heliódón horizontal.

Estrictamente hablando el diseño que aquí se propone para su trazo no es solamente un heliódón, sino que también podría funcionar como reloj de sol para la latitud que fue considerada, con sólo colocarlo en posición horizontal y orientarlo de manera correcta. Nosotros, sin embargo, enfocaremos su uso a la reproducción de las circunstancias de soleamiento para una fecha y una hora determinada.

Como se comentó anteriormente, entre las aplicaciones básicas de un heliódón está el utilizarlo sobre un modelo, orientarlo correctamente y colocarlo de manera que su plano quede paralelo al plano horizontal de la maqueta en cuestión. Adjunto se encuentran los trazos para heliódones horizontales para latitudes 16, 20, 24, 28 y 32 grados norte (figuras 11.5 a 11.9), que es el rango de latitudes que abarca la república mexicana.

Para utilizarlos, sólo es necesario elegir aquel que esté más cercano a la latitud en que se vaya a trabajar. Deberá estar orientado hacia el norte de la maqueta, en posición horizontal. Cuando el extremo de la sombra que proyecte el marcador toque un punto determinado de la gráfica, en ese momento la maqueta representará precisamente la forma en que las sombras y el soleamiento actuarán sobre nuestro edificio.

Es posible también que las necesidades de diseño nos lleven a considerar construir un heliódón para una latitud específica, y la manera para lograrlo se explica a continuación.

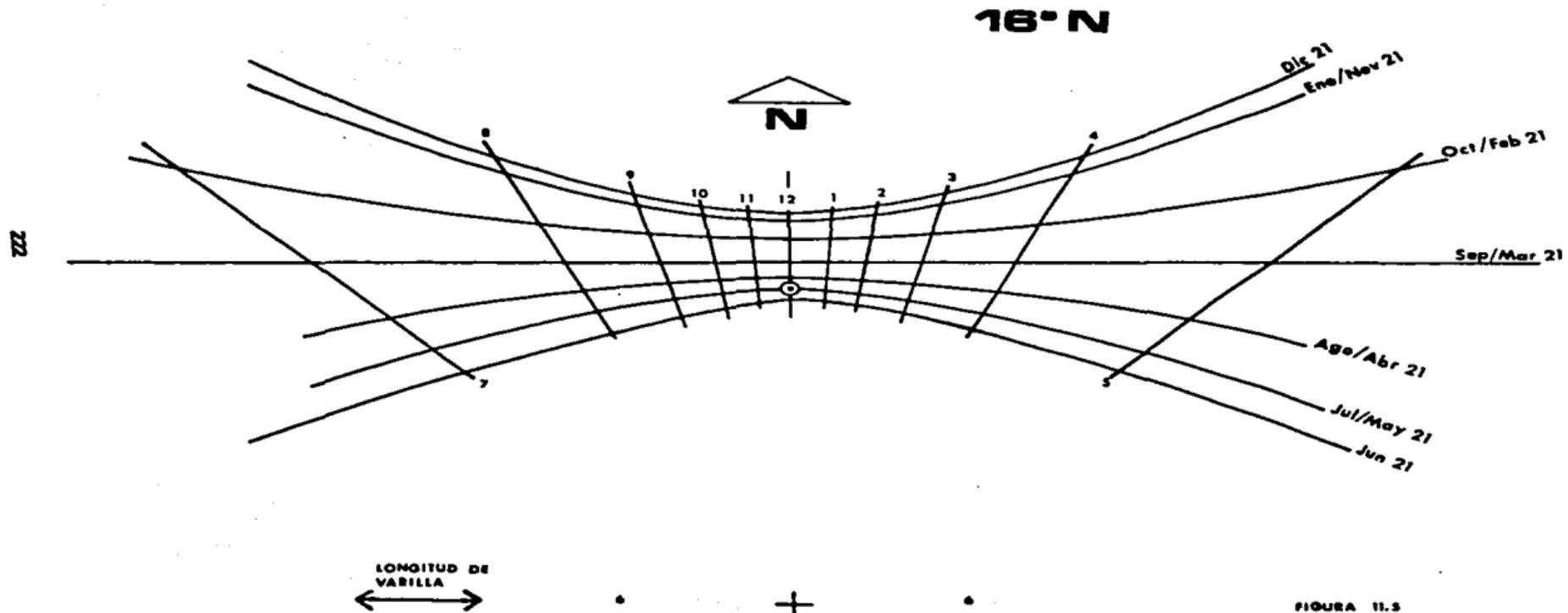


FIGURA 11.5

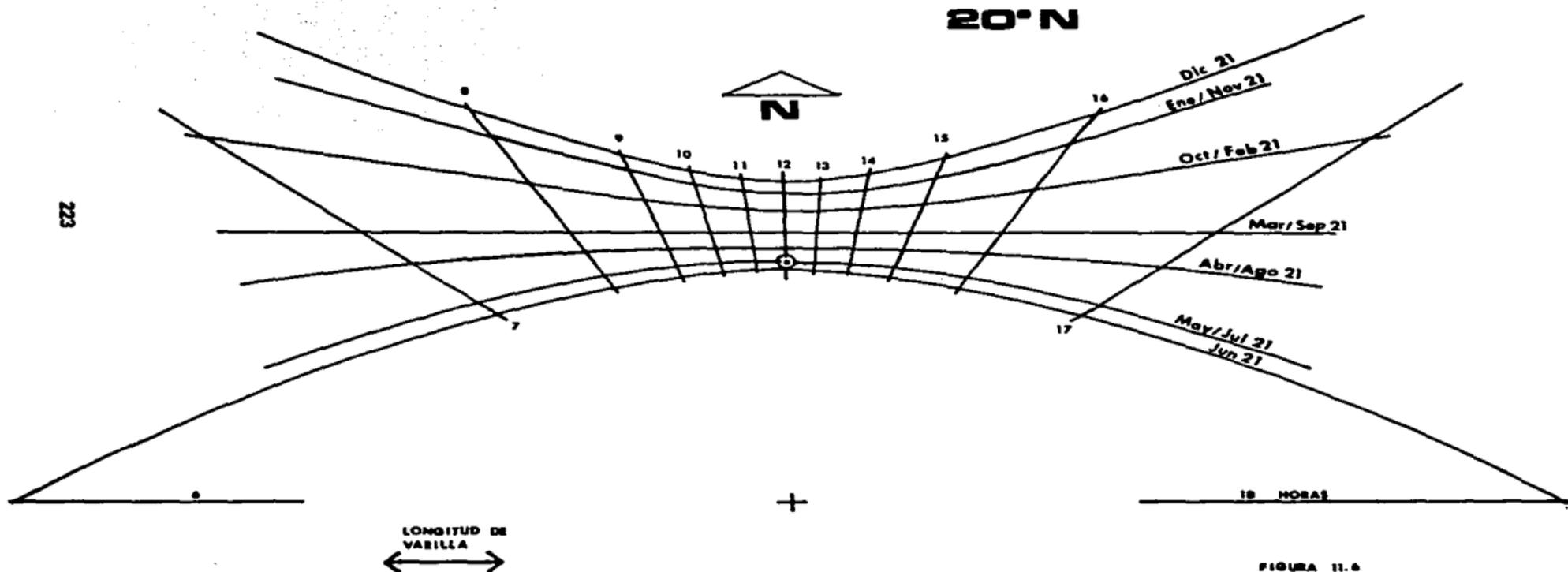


FIGURA 11.6

24°N



Dic 21

Ene/Nov 21

Oct/Feb 21

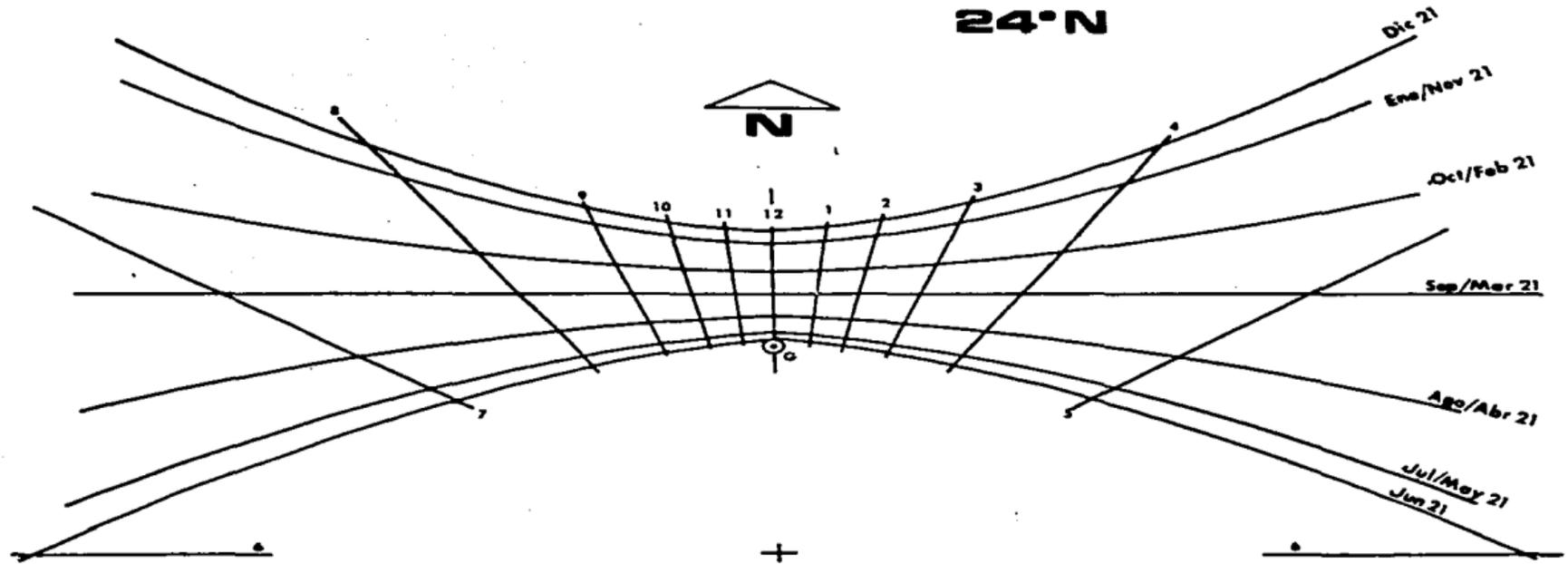
Sep/Mar 21

Ago/Abr 21

Jul/May 21
Jun 21

10 11 12 1 2 3

224



LONGITUD DE
VARILLA
↔

FIGURA 11.7

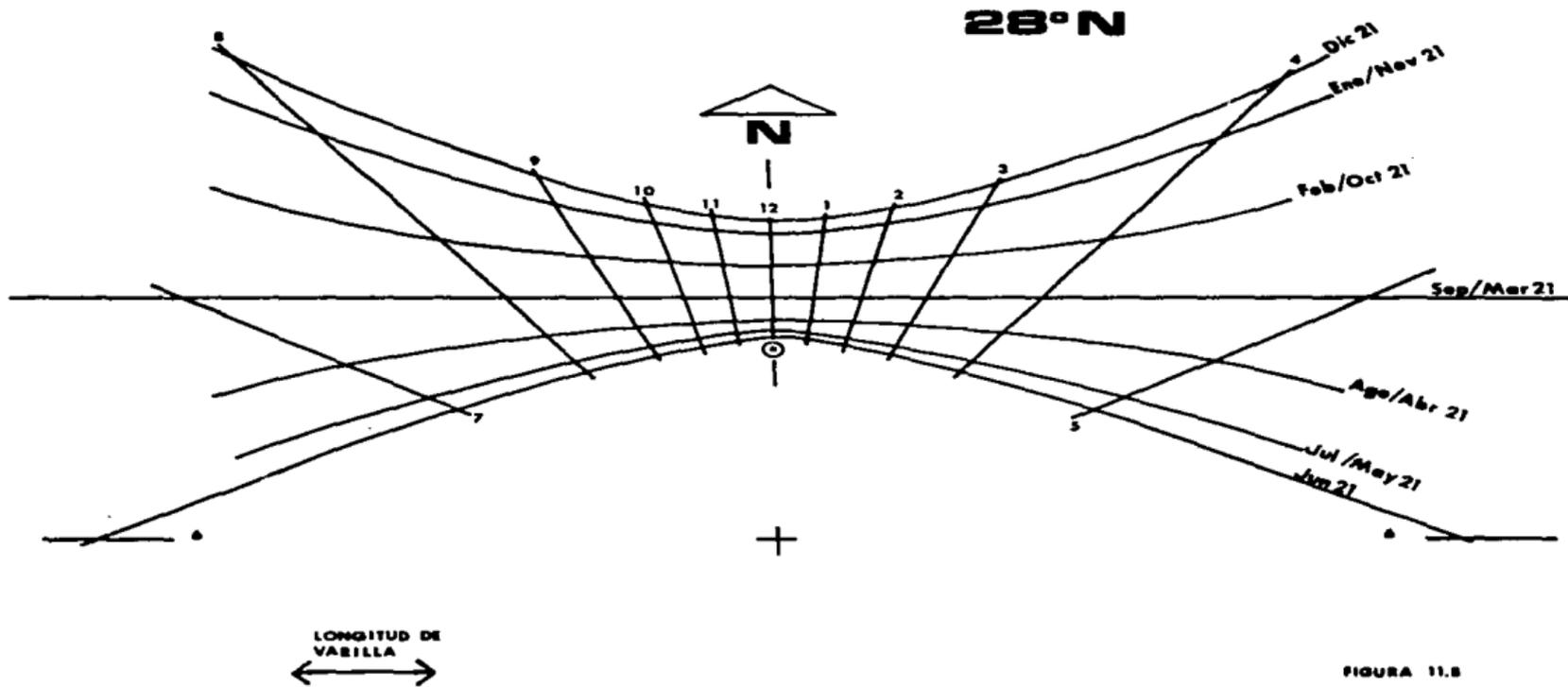
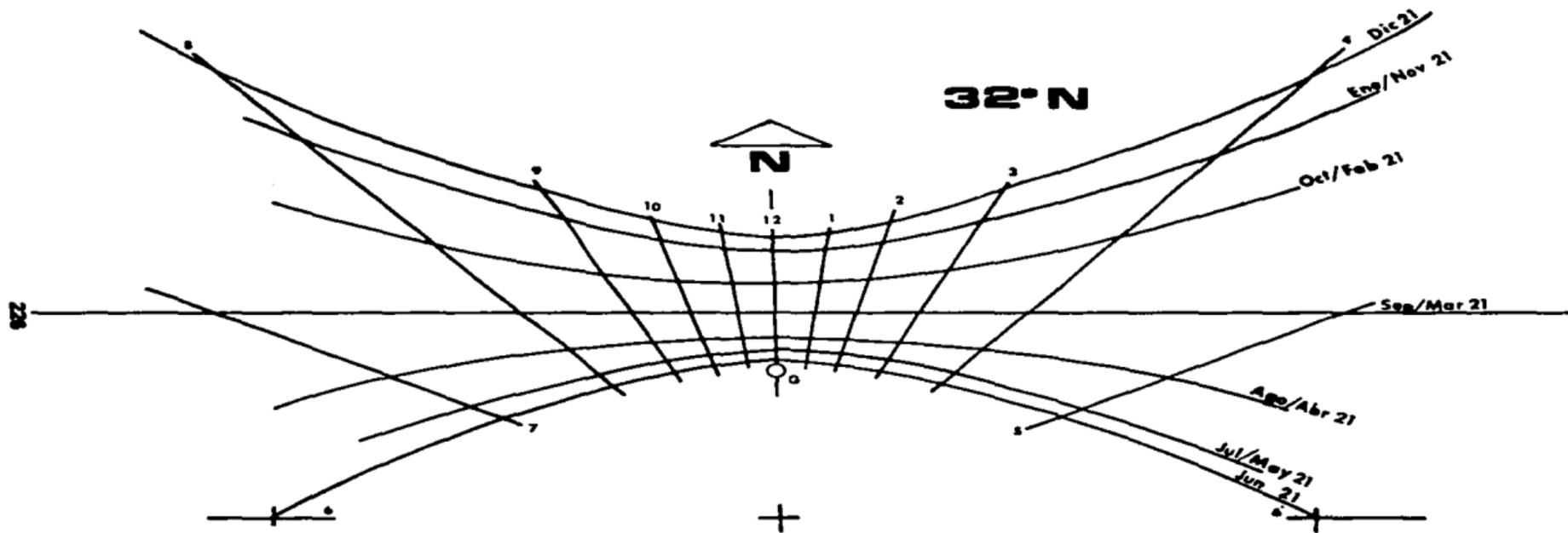


FIGURA 11.8



LONGITUD DE
VARILLA

← →

FIGURA 11.9

B. CONSIDERACIONES INICIALES

1. Valores de cálculo.

Para diseñar cualquier gráfica solar, como para construir un heliodón, será básico conocer la posición aparente del Sol sobre el horizonte de un observador. En este caso, sin embargo, el proceso de diseño será ligeramente distinto al caso de los diagramas solares cilíndricos (donde también necesitábamos conocer las coordenadas polares del Sol). De hecho un heliodón horizontal no es más que un diagrama solar del tipo cónico, específicamente el llamado GNOMONICO, palabra que proviene de 'Gnómon', el marcador vertical para proyectar la sombra sobre el diagrama. Los cálculos sin embargo se pueden considerar prácticamente idénticos al caso referido en el capítulo 5 (RELACIONES GEOMETRICAS: ANGULOS SOLARES) donde se trató el cálculo analítico de las posiciones solares, o de la transformación de coordenadas para la construcción de una gráfica solar cilíndrica.

Aún a costa de ser repetitivos, recordaremos los puntos principales de cálculo de coordenadas: los datos necesarios, las fórmulas que se aplican y los resultados que se obtienen. Para diseñar un heliodón horizontal necesitamos saber:

1. La posición del observador (en que punto geográfico se encuentra).
2. Que fecha se desea para el cálculo.
3. La hora del día que se desea.

De esta manera podríamos preguntar la posición aparente del Sol, por ejemplo, para la ciudad de Hermosillo, Sonora, cuya localización geográfica es Lat = 29 grados 4.5. Long = 110 grados 57'. el día 21 de marzo a las 10 de la mañana.

Para efectos de cálculo. sin embargo. los anteriores datos se traducen en otros parámetros. todos muy simples: La posición del observador se da únicamente por medio de su LATITUD geográfica (la longitud geográfica no es necesaria, ya que de alguna manera está considerada en la hora del día que se desea para el cálculo).

La fecha para la que deseamos calcular se puede dar por medio de la DECLINACION SOLAR, un parámetro que determina la posición solar mes con mes. Este parámetro podrá calcularse analíticamente por medio de la Ecuación de Cooper, ya analizada anteriormente (Capitulo. 5):

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \text{ }^\circ \text{ (284 + n) / 365} \quad (19)$$

donde: D : es la Declinación solar.
n : es el número progresivo de día del año.

La hora a la que deseamos referirnos se expresa mediante el ANGULO HORARIO, que no es sino el tiempo que le falta al Sol para llegar al mediodía, o el tiempo que ha transcurrido desde el mediodía, expresado en grados. A las 10 de la mañana, por ejemplo, al Sol le faltarían dos horas para llegar al mediodía: el ángulo horario sería en este caso de dos horas (mismas que habrá que transformar en grados: cada hora equivale a 15 grados). Los valores que toma el ángulo horario son positivos por la mañana y negativos por la tarde.

Así los datos que manejaremos tanto para el cálculo de la posición aparente del Sol sobre el horizonte del observador como para el diseño del heliodón horizontal serán:

1. Su LATITUD.
2. La DECLINACION SOLAR a una fecha determinada.
3. El ANGULO HORARIO para determinada hora.

Para el cálculo de la trayectoria del Sol, tomaremos los valores aproximados de los ángulos horarios considerándolos en grados positivos o negativos a partir del mediodía. Cada hora representa 15 grados (es decir, el número de minutos multiplicado por 0.25), donde los valores negativos se dan hacia la mañana y los positivos hacia la tarde. En nuestro ejemplo anterior, el ángulo horario de las 10 de la mañana era de 2 horas, que multiplicado por 15 grados nos da un total de 30 grados (que es lo mismo que multiplicar 2 por 60 minutos por 0.25 = 30 grados). Como el ángulo horario se está midiendo para una determinada hora en la mañana, deberá ser negativo, por lo tanto el resultado final será : $\text{Angulo Horario (AH)} = -30 \text{ grados}$.

Basados en estas consideraciones podemos hacer esta tabla:

TABLA X.1
ANGULOS HORARIOS (GRADOS)

<u>HORA</u>	<u>GRADOS</u>
6 Am	-90
7 Am	-75
8 Am	-60
9 Am	-45
10 Am	-30
11 Am	-15
12 Am	0
1 Pm	+15
2 Pm	+30
3 Pm	+45
4 Pm	+60
5 Pm	+75
6 Pm	+90

De la misma manera, consideraremos los siguientes valores de la declinación solar para nuestros cálculos:

TABLA X.2.

VALORES DE DECLINACION SOLAR POR MES.
(DIAS 21 DE MES)

<u>MES</u>	<u>DECLINACION</u>
DIC	-23.43 grados
ENE / NOV	-20
FEB / OCT	-10.8
MAR / SEP	0
ABR / AGO	+10.8
MAY / JUL	+20
JUN	+23.43

En un sentido estricto estos valores no son exactos: primero porque la declinación solar varía año con año, y segundo porque tampoco es idéntica en los meses que se tipifican dentro de un mismo grupo (p.e. enero y noviembre). Existen variaciones pequeñas que no es preciso considerar para nuestros fines. Para nosotros, los valores considerados en esta tabla serán suficientemente cercanos a la exactitud que deseamos.

2. Consideraciones de diseño.

Existen algunos principios básicos en el diseño del heliodón horizontal que facilitarán nuestra tarea para su trazo. Para efectos de la siguiente explicación, referirse a las figuras 11.10 y 11.11.

Veamos las partes principales que constituyen un heliodón horizontal. Primeramente notemos que el heliodón es simétrico sobre su eje central vertical, es decir, la línea norte-sur, que denominaremos EJE VERTICAL. Es precisamente esta línea la que define la línea del mediodía (es decir de las 12 Am). Las demás líneas que marcan las horas (llamadas LINEAS HORARIAS) son también simétricas. La característica de simetría en el eje vertical nos indica que con sólo calcular una parte del heliodón (izquierda o derecha), bastará para definirlo totalmente; el lado contrario será totalmente simétrico. En nuestro caso, por ejemplo, con tal de que calculemos los valores para los ángulos horarios positivos (es decir, +15, +30, +45, +60, +75 y +90 grados), sería suficiente para definirlo totalmente.

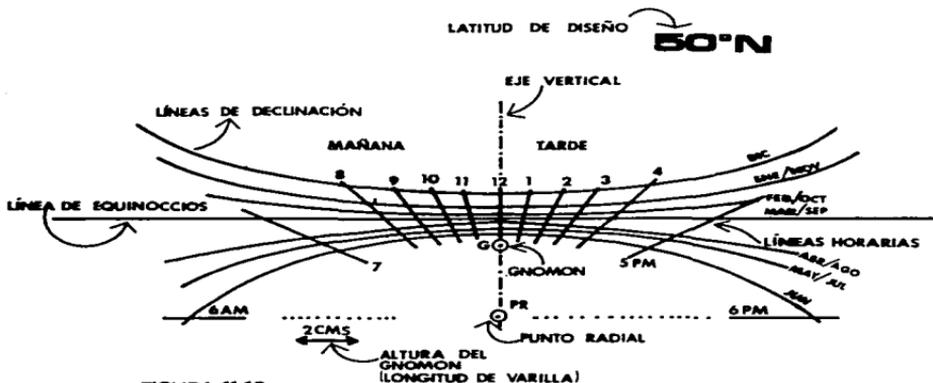


FIGURA 11.10
PARTES PRINCIPALES DE UN HELIODÓN HORIZONTAL

* SIMÉTRICO SOBRE SU EJE VERTICAL

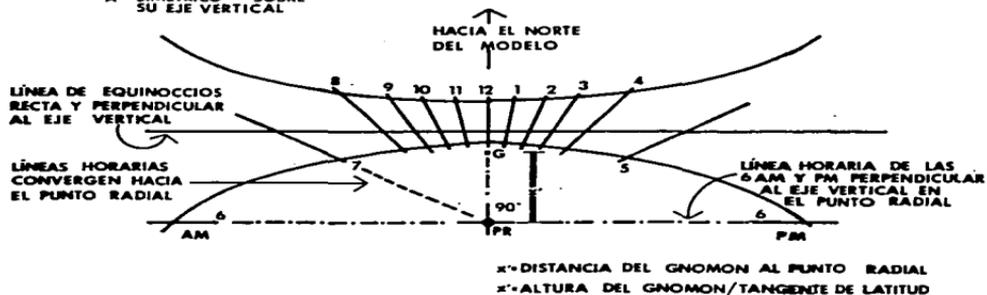


FIGURA 11.11
CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL HELIODÓN HORIZONTAL

Las líneas horarias tienen otra característica: SON RECTAS. por lo cual con tener dos puntos de referencia bastará para definir las. Notemos que además tienen otra característica: todas convergen hacia un punto que denominaremos PUNTO RADIAL (PR).

Las líneas que definen los meses del año son llamadas LINEAS DE DECLINACION (porque a su vez son definidas por la declinación solar). Todas son curvas y son parte de un segmento de hipérbola, a excepción de una. Notemos que la línea que define el mes de Marzo y Septiembre, para el día 21 de esos meses y llamada LINEA DE LOS EQUINOCCIOS, es recta y perpendicular a el eje vertical. Por ello no necesitamos calcular los valores de esta línea, sino sólo trazarla sobre el punto que corte el eje vertical del heliodón.

Otra característica interesante que nos ahorrará tiempo en el trazo de nuestro heliodón es que si trazáramos una línea perpendicular al eje vertical (o paralela al la línea de declinación de los equinoccios (Marzo y Septiembre 21), y que al tiempo corte el eje vertical en el punto radial (PR), ello nos podrá determinar la línea horaria para las 6 de la mañana y las 6 de la tarde.

Para determinar un punto cualquiera como función de una línea de declinación o una línea horaria en el heliodón, es preciso conocer dos parámetros: primero, su azimut, y segundo, la longitud de la sombra que el Sol proyectaría en ese momento si se tuviera una hora y una latitud definida. Tanto el azimut como la longitud de la sombra podrán ser calculados por medio de fórmulas que se describirán más adelante. La forma de graficar un punto dados estos dos parámetros es bastante sencilla y se basa en un sistema de graficación de coordenadas polares (nótese que también en el caso de construcción de heliodones horizontales los ángulos azimutales no están medidos desde el norte sino desde el sur).

Para ilustrar la manera de localizar un punto de nuestra gráfica de trayectoria solar sobre el heliodón tomemos el siguiente ejemplo:

Graficar los siguientes puntos:

<u>PUNTO</u>	<u>AZIMUT (AZ)</u>	<u>LONGITUD DE SOMBRA</u>
A :	Azimut (AZ) = 56.2 grados.	Longitud (S) = 6.4 cm
B :	Azimut (AZ) = 47.4 grados.	Longitud (S) = 3.7 cm

La figura 11.12 muestra gráficamente la forma de referir estos puntos. A partir del punto inicial de trazo (G), y tomando como referencia el eje vertical (o sea la línea horaria del mediodía), se traza una línea. A una distancia (S) del punto inicial (G) se corta la línea trazada, siendo este punto de intersección el punto deseado de nuestra gráfica de la trayectoria solar.

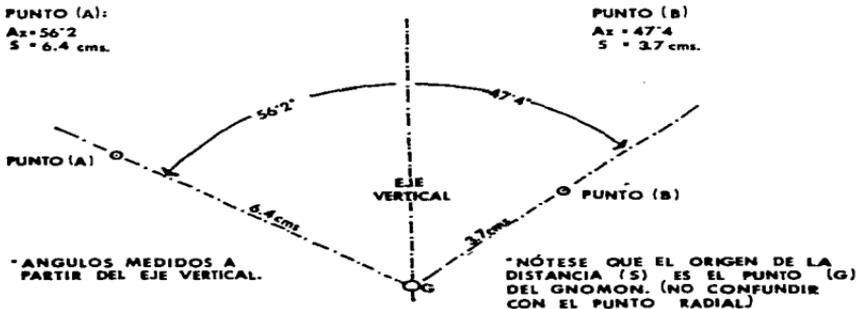


FIGURA 11.12: GRAFICACIÓN DE UN PUNTO MEDIANTE SU AZIMUT Y SU LONGITUD DE SOMBRA (S).

3. Cálculo de coordenadas.

Si bien los cálculos a realizar son relativamente sencillos, el uso de una calculadora programable o de una computadora de bolsillo grandemente facilitará la tarea del manejo de operaciones aritméticas.

Las ecuaciones que utilizaremos serán las mismas tratadas a detalle en el capítulo 5 (ANGULOS SOLARES), tomadas de (ASHRAE, 1985) y que se presentan a continuación:

$$\text{Sen } A = \cos L * \cos D * \cos AH + \text{sen } L * \text{sen } D \quad (20)$$

$$\text{Sen } AZ = \cos D * \text{sen } AH / \cos A \quad (21)$$

donde: A = Altitud solar sobre la horizontal,
L = Latitud geográfica del lugar,
D = Declinación solar (ver tabla X.2),
AH = Angulo Horario (número de minutos contados a partir de las 12 a.m. * 0.25; ver tabla X.1)

Nótese que estas ecuaciones son las mismas que utilizamos para construir la Gráfica Solar Cilíndrica.

Sabemos que, para localizar un punto en la gráfica de la trayectoria solar del heliodón, además de conocer el ángulo de azimut solar, necesitamos la longitud de la sombra (S) que se produciría por un objeto vertical de altura determinada, para lo cual podemos utilizar cualquiera de las siguientes ecuaciones:

$$S = \text{altura del marcador} / \tan A \quad (28)$$

$$S = \text{altura del marcador} * \cotan A \quad (29)$$

donde: S = longitud de la sombra proyectada.
A = altitud solar sobre la horizontal.

11.3. EJEMPLO DE DISEÑO DE UN HELIODÓN HORIZONTAL.

Para ilustrar la construcción de un heliodón horizontal, definamos primeramente la latitud deseada. Para el presente ejemplo consideraremos una latitud de 20° grados Norte (aproximadamente la latitud de la Ciudad de México, que es de 19 grados 20' Norte).

Para el trazo del heliodón simplemente tendremos que seguir los siguientes pasos (ver figura 11.13):

PASO 1. Definir la altura deseada del marcador vertical de sombras (a veces llamado 'gnomon'). Mientras más alto sea al gnomon, más grande resultará el trazo del heliodón. Una altura de alrededor de 2.0 cm creará un heliodón que cabe dentro del formato de una hoja tamaño carta (21.6 x 28 cm). Para efectos de nuestro ejemplo, tomaremos la longitud del marcador vertical como de 2.0 centímetros. Marcar en un costado del trazo la altura elegida.

PASO 2. Ubicar el punto donde se colocará verticalmente el gnomon (punto G). Este será nuestro punto inicial de trazo.

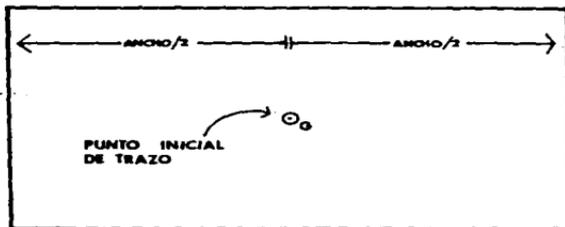
Ya que el heliodón horizontal es simétrico sobre su eje vertical, es conveniente situar el punto de inicio aproximadamente en el centro de la hoja.

PASO 3. Trazar una línea vertical que pase por el punto G. Esta línea definirá el eje vertical (de simetría) a partir del cual se medirán los ángulos de azimut (negativos al este, positivos al oeste). Esta línea también define la línea horaria del mediodía (12 a.m.), así como la línea de orientación Norte-Sur del heliodón.

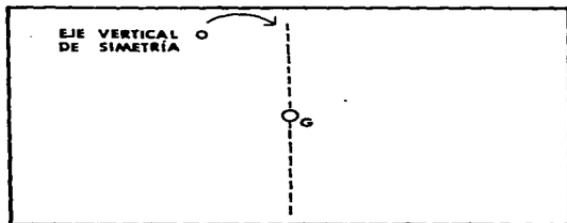
FIGURA 11.13 Procedimiento de diseño de un heliodón horizontal: Latitud 20° N

PASO 1 DEFINIR LA ALTURA DEL MARCADOR: DOS cms.

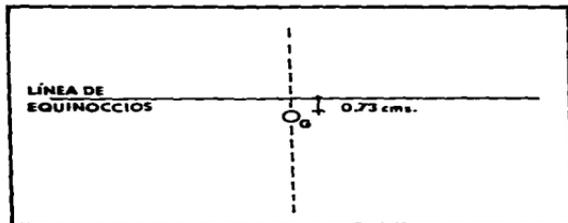
PASO 2 :



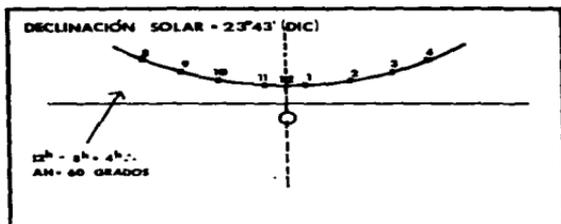
PASO 3 :



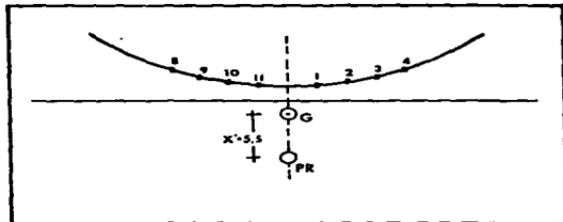
PASO 4 :



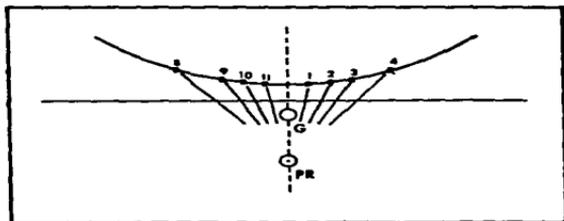
PASO 5.



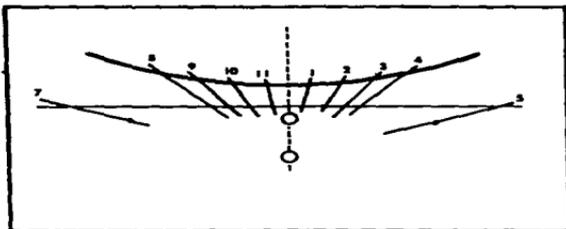
PASO 6.



PASO 7.

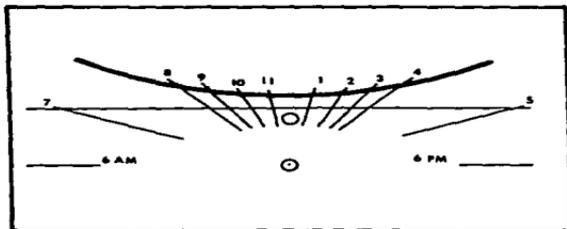


PASO 8:



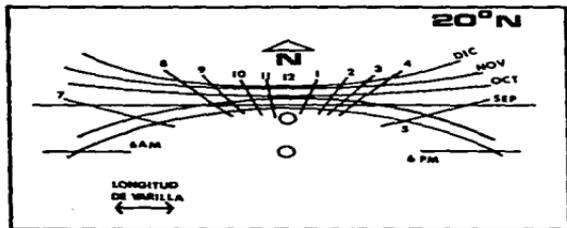
8

PASO 9:



9

PASO 10 Y 11:



10
11

- PASO 4. Calcular y graficar la trayectoria solar para los equinoccios (Mar 21, Sept 21). Sabemos que esta línea es recta y perpendicular al eje vertical de simetría, cortando este eje en el punto donde la declinación solar sea cero. Para calcular este punto tomamos los siguientes datos:

AH = 0 (Angulo horario es cero para las 12 a.m.)
D = 0 (Declinación solar es cero en los equinoccios)

por lo tanto mediante las fórmulas (20) y (21):

Altitud (h) = 70 grados.
Longitud (S) = $2 / \tan(70) = 0.73$ cm.

- PASO 5. Grafique los puntos para una declinación solar de (-) 23.43 grados, para los ángulos horarios de 15, 30, 45, y 60 grados. Ello nos permitirá trazar la línea de declinación de Diciembre 21, al tiempo que nos ayudará a definir las líneas horarias para las horas restantes en el siguiente paso.

- PASO 6. Calcule y grafique el punto radial (PR). La distancia entre el punto (G) y el punto radial (PR) se puede calcular por dos métodos.

El primero es utilizando un valor de cualquier ángulo horario y haciendo la declinación igual a 90 grados. P.e.: AH=60, D=90, obtenemos: Azimut = 180 grados, largo = 5.49 = 5.5 cm. (Si tomáramos otro ángulo horario, haciendo la declinación igual a 90, el resultado sería el mismo).

El segundo método es usando la fórmula:

$$x' = \text{altura del gnomon} / \tan(L) \quad (30)$$

donde: x' : es la longitud del punto radial, tomada a partir del punto inicial de trazo del heliodon (G).
L : Latitud geográfica considerada.

En el presente caso tendríamos:

$$x' = 2 \text{ cm} / \tan (20 \text{ grados})$$

$$x' = 5.49 \text{ cm.}$$

que es el mismo resultado que obtuvimos mediante el primer método.

El punto radial (PR) siempre coincide con el eje vertical.

PASO 7. Como para definir las líneas horarias sólo es necesario tener dos puntos, con sólo unir los puntos graficados anteriormente para la declinación -23.43 , determinaremos las líneas horarias para las 8, 9, 10, y 11 a.m., y siendo también simétricas, para la 1, 2, 3, 4 p.m. Si bien las líneas horarias se pudieron haber deducido de cualquier otra declinación solar, lo más conveniente es seleccionar la que se encuentre más lejos del punto radial para obtener una mayor precisión. En ocasiones alguna línea horaria no intersectará la línea de declinación deseada, por lo que será necesario calcular para una línea que sí lo cruce. En el presente caso, el ángulo horario de 75 grados (es decir, de las 7 a.m. y de las 5 p.m. no intersecta la línea de declinación de -23.43 , por lo tanto continuaremos con el siguiente paso.

PASO 8. Determinar la(s) línea(s) horarias que no sea posible obtener por medio de la declinación -23.43 , utilizando para ello alguna otra declinación que sí los intersecte (p.e. declinación = $+23.43$). Si utilizamos los siguientes datos, podremos determinar la línea horaria de las 7 a.m. y de las 5 p.m.:

$$AH = 75, \quad D = +23.43,$$

$$\text{tendremos : } \quad AZ = 108.2, \quad S = 5.2 \text{ cm}$$

PASO 9. Determinar la línea horaria de las 6 de la tarde y de las 6 de la mañana: ésta línea es perpendicular al eje central vertical, cruzando el punto radial (PR).

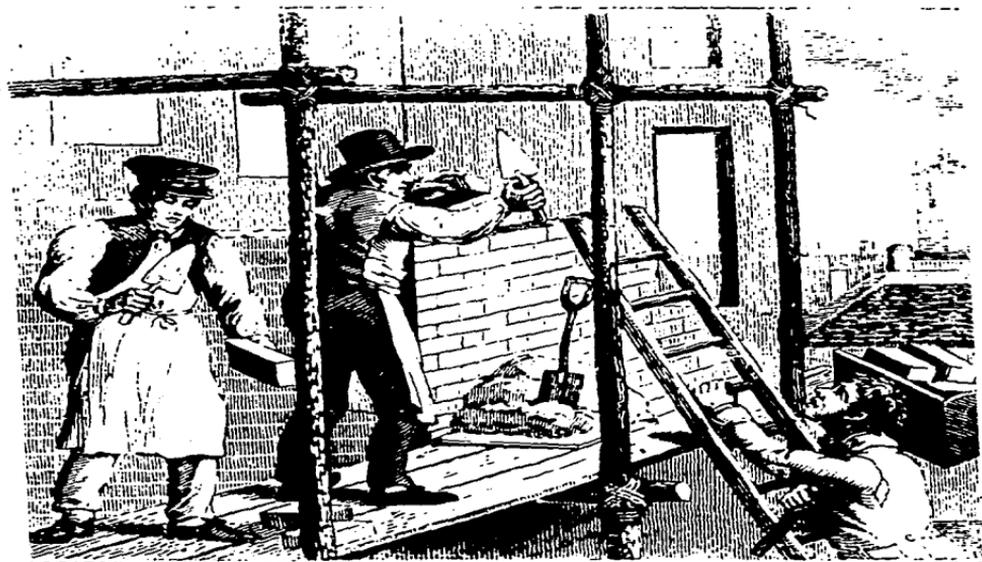
Con ello las líneas horarias quedan determinadas. Solamente falta completar las líneas de declinación deseadas.

PASO 10. Completar graficando las líneas de declinación. Para ello en nuestro cálculo con sólo determinar un parámetro será suficiente para definir un punto, puesto que los puntos calculados deben de coincidir con las líneas horarias. Completamos las líneas de declinación para las declinaciones -20 , -10.8 , $+10.8$, $+20$, y $+23.43$.

PASO 11. Completar la información del heliodón: latitud, ciudad o localidad para la que fue diseñada (en su caso), días de mes considerados (en este caso tomamos el día 21 de cada mes), orientación, etc. El heliodón está concluido.

CAPITULO 12.

INTERCAMBIO DE CALOR EN LAS EDIFICACIONES



12.1. CASO INTRODUCTORIO.

ANALOGIAS EN EL CONFORT TERMICO.

Es conveniente hacer una analogía entre las respuestas de los organismos a su ambiente térmico y con comportamiento de los edificios. Existen tres formas básicas con las cuales los organismos responden a su ambiente térmico: migración, forma, y metabolismo. En el caso de la migración, ellos cambian de lugar de un ambiente que es demasiado frío o demasiado caliente a uno que sea más conveniente. Esto puede pasar estacionalmente (p.e. en los pájaros) o diariamente.

Los animales tienen áreas de piel grandes o pequeñas (forma) en relación a su volumen, para incrementar o reducir su tasa de pérdida calorífica al ambiente. Por ejemplo, la forma de las orejas de un elefante se puede describir principalmente por la gran área que ayuda a esa disipación térmica.

El metabolismo se refiere a los procesos de conversión química interna de los animales. Estos procesos requieren energía de los alimentos y resultan en una producción de calor. Consecuentemente, aquellos animales con una gran pérdida térmica comen grandes cantidades de comida, que luego es convertida en calor dentro de sus cuerpos para balancear su pérdida calorífica.

Estas tres formas de respuesta térmica tienen sus analogías en las edificaciones. La migración- el cambiar de un lugar del edificio a otro, o el cambiar el usuario de posición dentro del edificio para aprovechar áreas diferentes desde el punto de vista térmico -- tiene en Arquitectura numerosos ejemplos, especialmente en la arquitectura indígena de baja tecnología. Un ejemplo en la arquitectura residencial es la costumbre de dormir en el porche para sobrellevar las calurosas noches de verano.

La forma, que incluye factores tales como tamaño, forma, área de cubierta, orientación, proporción, volumen, articulación, etc. es también dependiente de muchas consideraciones distintas a la respuesta térmica.

El metabolismo, los procesos sostenidos por el uso de energéticos en el edificio, se refiere principalmente al hecho de mantener equilibrio térmico. La práctica corriente en el campo del diseño generalmente separa forma y metabolismo para simplificar el desarrollo del diseño preliminar y nó los vuelve a combinar en el proceso hasta después, cuando la forma de la edificación debe ser usada como base para determinar la tasa metabólica. Aunque forma y metabolismo dependen de distintos grupos de variables, están unidos intrínsecamente. La forma es función de actitudes estéticas, valores de terreno, materiales, patrones de uso, rutas de circulación, etc. La tasa metabólica es una función que mide qué tan bien la forma usa las energías con que se cuenta para modificar el ambiente.

Tomado de: Brown, Reynolds & Ubbelohde. Insideout. John Wiley and Sons, New York, 1982.

12.2. FACTORES DE EVALUACION TERMICA.

Ya se comentaron con anterioridad los factores que intervienen en el equilibrio térmico humano. En el caso de las personas, existen factores que hacen que se mantenga un equilibrio térmico entre la energía que entra contra aquella que sale del cuerpo. El caso de las edificaciones es similar en lo que respecta a los factores que intervienen en los procesos de intercambio térmico, aunque no cuentan con el maravilloso sistema de control de nuestro cuerpo. Desafortunadamente el equilibrio térmico perfecto en las edificaciones raramente se logra. Si las pérdidas son mayores a las ganancias térmicas, el edificio se enfriará. Si por otro lado las ganancias son considerables, ocurrirá lo contrario.

Los factores que intervienen en el proceso de intercambio térmico del cuerpo humano también se aplican a los edificios. Consideremos los más importantes:

- * La conducción se presenta en las edificaciones en elementos arquitectónicos tales como muros y techos donde el calor fluye a través de ellos. Integrando a la conducción la parte correspondiente a convección y radiación, se puede describir

el comportamiento de flujo de calor en los materiales constructivos por medio del parámetro llamado transmitancia (U).

- * La infiltración y ventilación intencionada de los espacios, como factores que favorecen el intercambio térmico tanto en ambientes interiores como exteriores. Este punto representa el intercambio de calor por convección.
- * Ganancia térmica externa del edificio, debida a la radiación solar, que reciben principalmente las superficies transparentes (p.e. ventanas).
- * La ganancia térmica interna del edificio, debida principalmente al calor generado por lámparas, equipo mecánico y el mismo cuerpo humano de los usuarios.

Si bien el análisis de intercambio térmico parece difícil en un principio, su resolución práctica depende sólo de trabajar cada uno de los aspectos relevantes por separado. Estos factores los podremos dividir en las siguientes categorías:

FACTORES DE INTERCAMBIO TERMICO.

- a. Intercambio por Conducción (Envolvente).
- b. Intercambio por Convección (Infiltración y Ventilación).
- c. Ganancias por Radiación Solar.
- d. Ganancias Térmicas Internas (Luces, personas, equipo).

Finalmente haremos un balance de cada uno de estos aspectos, para determinar las ganancias o pérdidas caloríficas a distintas horas del día en nuestro edificio. Si analizamos cada uno de estos factores por separado será muy sencillo el cálculo del intercambio térmico de un edificio.

12.3. RESOLUCION DE UN EJEMPLO.

El papel que juegan cada uno de estos factores se irá analizando paulatinamente, por medio de la evaluación térmica de un edificio. La resolución de un sencillo ejemplo mostrará el proceso y clarificará las ideas (basado en publicaciones del MGI. y ASHRAE. 1985).

Supongamos que hemos diseñado un edificio de oficinas en un lugar cuya latitud es 28 grados norte. La planta y el alzado de la edificación se muestran esquemáticamente en la figura 12.1. Para simplificar el problema, se ha escogido un proyecto de una sola planta, cuya disposición de los espacios interiores y exteriores es sumamente sencilla. La planta general es rectangular y mide 50 x 25 metros por lado, teniendo su parte más larga orientada hacia el sur. El techo del edificio tiene, a todo lo largo, 3 metros libres.

El terreno tiene una fuerte pendiente, por lo que se consideró conveniente que una parte del edificio de oficinas estuviera parcialmente construida bajo tierra. Su lado norte sólo sobresale un metro de la tierra, y tiene ventanas para iluminación y ventilación. El lado sur está totalmente cubierto por ventanas, a excepción de un murete de un metro de altura. Para simplificar el cálculo, asumamos que los lados este y oeste están completamente cerrados.

El edificio de oficinas tiene entonces dos zonas térmicas importantes: la primera, aquella que se encuentra cerca del ventanal que da hacia el sur, con grandes ganancias y pérdidas térmicas a través de los vidrios, y que podría ser denominada zona 1. La segunda sería aquella que se localiza en el norte del edificio, con menor área de ventanas, parcialmente construida bajo tierra, y que se le llamará zona 2. La evaluación térmica del edificio se podrá hacer tanto para una como para otra zonas.

A continuación procederemos a calcular los valores de los parámetros relevantes que son necesarios para completar la tabla de comportamiento térmico que se encuentra al final del capítulo.

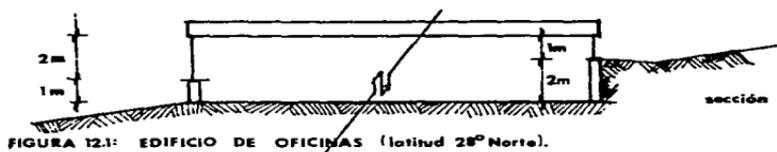
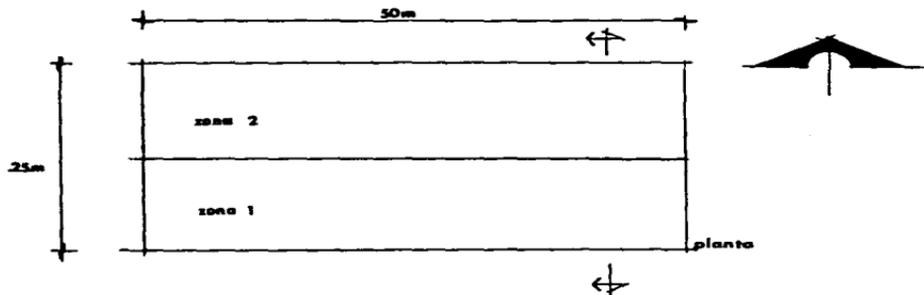


FIGURA 12.1: EDIFICIO DE OFICINAS (latitud 28° Norte).

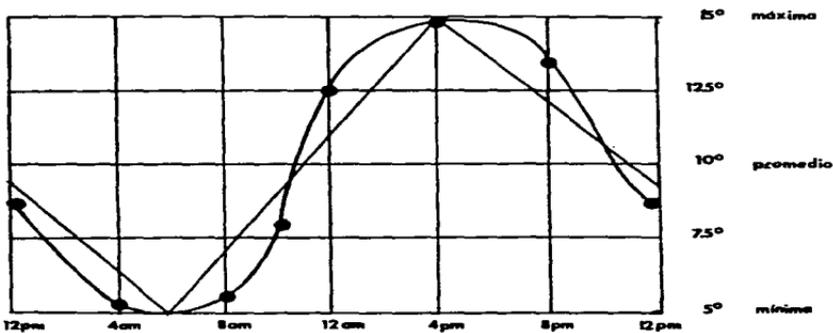


FIGURA 12.2: CURVA DE TEMPERATURA EN EL DÍA.

Diferencial Térmico.

Es conveniente determinar cuáles serán las temperaturas interiores y exteriores de diseño. Para ello será conveniente tomar un "día típico" para una época específica. Quizás nuestro interés sea el analizar cómo se comportará nuestra edificación durante el verano, en un día totalmente claro. O en otro caso quizás nos interese calcular el intercambio térmico del edificio durante el periodo más frío del año, en un día nublado.

Veamos como se comporta nuestro edificio en un día relativamente frío, pero con cielo claro que permita la ganancia térmica por radiación solar.

Determinar la temperatura interior deseada no debe representar gran problema. Algunos de los valores para alcanzar el nivel de confort se han presentado en capítulos anteriores (ver tabla IV.1). En este caso tomaremos el límite inferior de temperatura, $T_i = 20$ grados C, como nuestra temperatura deseada. La ganancia interna del edificio, generada por focos y calor metabólico de los trabajadores de la oficina fácilmente subirá 2 o 3 grados más a la temperatura inferior de diseño, haciendo que la resultante quede dentro de los niveles aceptables de confort.

La temperatura exterior se puede obtener de los registros meteorológicos del lugar, para intervalos de 4 horas. Esta información puede ser difícil de obtener en ciertos lugares que no cuenten con este tipo de registros. Para estos casos la forma más fácil de obtener nuestros datos es haciendo una estimación aproximada de la temperatura que podría haber en un día "promedio". Para ello es conveniente revisar los valores medios de temperatura de la localidad en que se vá a construir el edificio. Supongamos que, para nuestro día promedio, la temperatura más baja es 5 grados C a las seis de la mañana, mientras la más alta es de 15 grados C a las cuatro de la tarde. El diferencial térmico para nuestro día frío promedio será entonces de 10 grados. Teniendo estos datos, se podrá graficar, de manera aproximada, el comportamiento térmico del exterior, de la manera que se muestra en la figura 12.2. La curva es de tipo sinusoidal, vista de una manera general (estrictamente hablando, la temperatura sube más rapido que lo que baja. Para los efectos de análisis que perseguimos aquí, consideraremos la curva como simétrica).

Teniendo los valores de temperatura interior y exterior, nuestra meta será obtener el diferencial estimado de temperatura para intervalos de 4 horas por la noche y cada dos horas durante el día. Basados en la figura 12.2, podremos definir los diferenciales de temperatura para nuestro día de diseño, tal y como se muestra a continuación:

Diferenciales de Temperatura.

<u>Hora</u>	<u>T_e</u>	<u>T_i</u>	<u>T_e - T_i</u>
Medianoche	9.5	10	-0.5
4 a.m.	5.5	10	-4.5
8 a.m.	6	10	-4.0
8 a.m.	6	20	-14.0
10 a.m.	8	20	-12.0
Mediodía	12.5	20	-7.5
2 p.m.	14	20	-6.0
4 p.m.	15	20	-5.0
4 p.m.	15	10	+5.0
8 p.m.	13.5	10	6.5

Como las 8 de la mañana y las cuatro de la tarde son las horas críticas en las que cambiamos nuestra temperatura mínima interior deseada, por ello se tabularán los dos valores críticos.

a. Intercambio por conducción.

El primer paso para la evaluación térmica del edificio es asumir una envolvente. Tomemos los valores de transmitancia correspondientes al sistema constructivo que se utilice (mismos que podrán ser modificados posteriormente si así se requiriera). Veamos someramente que es la transmitancia.

Como sabemos, en todo material existe una resistencia que se opone al flujo libre del calor de un lugar a otro (y que es producto del espesor por la resistividad del material). Esta resistencia (R) se da tanto en el paso de calor hacia adentro como hacia afuera del edificio. El inverso a la resistencia térmica es la transmitancia.

La transmitancia aire a aire (U) se refiere específicamente al recíproco de la resistencia, tomando en cuenta las temperaturas interiores y exteriores del aire (más convenientes que tomar las temperaturas superficiales de la envolvente), por lo que se puede expresar de la siguiente manera:

$$U = 1 / R$$

(33)

donde U es la transmitancia aire a aire.
R es la resistencia.

La transmitancia es la más utilizada en los cálculos de intercambio térmico. Su uso simplifica el proceso de evaluación, y puede ser deducido su valor ya sea por cálculo u obtenido por medio de la tabla que se presenta en el Apéndice "B", que tabula algunos valores "U" para distintos materiales.

En resumen, la transmitancia aire a aire es el número de watts que fluyen a través de una área dada (1.0 m²), y que depende de las características propias del material constructivo.

Tomemos los valores para la transmitancia aire a aire de los materiales que vamos a utilizar, en las distintas áreas del edificio.

El ventanal que se encuentra hacia el sur se encuentra protegido, y es de vidrio sencillo. De la anterior tabla XII.1, tomamos el valor de $U=3.97 \text{ W/m}^2\text{.C}$. El tipo de construcción que supondremos en este caso será la usual en la zona urbana de nuestro país: muros de tabique con aplanado de yeso por el interior, techumbre a base de losa de concreto armado de 10 cm de espesor, con una capa de fibra de vidrio. Los valores para estos dos sistemas constructivos serán, según nuestra tabla, de $U=1.47$ y $U=1.13 \text{ W/m}^2\text{.C}$ para los muros y el techo, respectivamente.

El muro norte presenta un problema: parte de él se encuentra bajo tierra. El estar enterrado trae como consecuencia el que se comporta como elemento aislante: durante la época de frío la tierra estará a una temperatura más alta que el exterior, mientras en la época de calor ocurrirá el efecto contrario.

En caso de que se tengan materiales constructivos que no se encuentren listados en el Apéndice "B", se puede referir a varias fuentes bibliográficas que tratan el tema de intercambio térmico. Si no se cuenta con las transmitancias propias de cada material, pero que se conoce la resistividad de ellos, se puede calcular el valor "U" por medio de la fórmula (Hinz, 1986):

$$U = 1 / \text{Sumatoria de las resistencias} \quad (34)$$

donde U : Transmitancia aire a aire, W/m².C,
y la sumatoria de las resistencias se dá en m².C/W.

Calcularemos el valor "U" para el muro norte. La resistividad del muro de tabique con aplanado de yeso en el exterior es de R=0.68 (puesto que 1/0.68 = 1.47, que es el valor que tenemos para la transmitancia de este muro). Este valor será modificado por el hecho de que parte de él se encuentra bajo tierra. La obtención de la resistividad para muros bajo tierra es ligeramente más complicada, pues se tiene que recurrir a una fuente bibliográfica especializada. Una de estas referencias es ASHRAE Handbook of Fundamentals (1985). Es precisamente en este libro donde obtenemos que el valor de la resistividad para muros de 1.50 m de profundidad (que es el promedio de las profundidades de cada elemento del muro) es de R=3.1.

La transmitancia del muro norte entonces se podrá calcular por medio de la fórmula (34), obteniendo el recíproco de la sumatoria de las resistencias de cada material, por lo que el valor resultante para el muro norte será de $U = (1 / 0.68 + 3.1) = 0.26$.

Finalmente, debemos de considerar las pérdidas térmicas que se producen por la junta de losas de piso y entrepiso con los muros y la cimentación, es decir, la pérdida (o ganancia) perimetral del edificio. Asimismo basados en información proporcionada por ASHRAE (1985), obtenemos que el valor de pérdida lineal por metro es de U=1.65 W/m¹.C.

De esta manera, tenemos los siguientes valores de transmitancia para nuestro edificio:

VALORES DE TRANSMITANCIA PARA EL EDIFICIO

	<u>U</u>
Ventanal muro sur	3.97
Muro sur	1.47
Muro este	1.47
Muro oeste	1.47
Ventanal muro norte	3.97
Muro norte bajo tierra	0.26
Pérdida perimetral	1.65

La cantidad de calor (Q) que escapa por una envolvente está dada simplemente por el diferencial térmico entre las temperaturas exterior e interior, multiplicado por la transmitancia de los materiales por sus áreas. Esta relación se puede expresar de la siguiente manera (Hinz, 1986):

$$Q = U \cdot A \cdot (T_e - T_i) \quad (35)$$

donde Q : Cantidad de calor que gana o pierde una edificación, watts.
 U : Transmisividad aire a aire, W/m2.C..
 A : Area, expresada en m2.
 Te: Temperatura exterior del aire, grados C..
 Ti: Temperatura interior del aire, grados C.

Por medio de esta relación matemática podemos definir algunas de las características básicas de nuestro edificio, tabulándolas de la siguiente manera (dividiendo el edificio en las dos zonas antes consideradas):

<u>ZONA 1.</u>	<u>U</u>	<u>Areas</u> (Dim) (m2)	<u>U * A</u> (W/C)
Ventanal muro sur	3.97	2 * 50 100	397.0
Muro sur	1.47	1 * 50 50	73.5
Muro este	1.47	3 * 12.5 37.5	55.1
Muro oeste	1.47	3 * 12.5 37.5	55.1
Techo	1.13	12.5 * 50 625	706.2
Pérdida perimetral	1.65	50 + 12.5 75 + 12.5	123.7 ----- 1410.6

ZONA 2.

Ventanal muro norte	3.97	1 * 50	50	198.5
Muro norte bajo tierra	0.26	2 * 50.	100	26.0
Muro este	1.47	3 * 12.5	37.5	55.1
Muro oeste	1.47	3 * 12.5	37.5	55.1
Techo	1.65	12.5 * 50	625	706.2
Pérdida perimetral	1.65	12.5 + 12.5	25	41.2

				1082.1

Total de Pérdidas por Conducción: 2492.7

Notemos que la pérdida perimetral de la zona 2 queda reducida a los muros laterales. No se considera el muro norte en la sumatoria del perímetro puesto que no existen pérdidas relevantes debido a que está bajo tierra.

b. Infiltración.

Las pérdidas (o ganancias) por conducción no son las únicas que debemos de considerar en el análisis térmico de nuestro edificio. Existe además el intercambio térmico debido a infiltración, es decir, la cantidad de aire que se filtra del exterior al interior (o viceversa) y que representa las pérdidas por convección. Este intercambio puede ser involuntario o por ventilación deliberada de los usuarios. En edificios residenciales, es usual el considerar un cambio de aire por hora. Si se proporciona el número de renovaciones de aire por hora (N) que se desea, podemos calcular la tasa de ventilación (V_e) por medio de la siguiente relación (Koeningsberger, 1977):

$$V_e = N * \text{Volúmen de la habitación} / 3600 \quad (36)$$

donde V_e : tasa de ventilación, m³/s
 N : renovaciones de aire
 3600 : número de segundos en una hora.

Una vez que se conoce la tasa de ventilación (V_e), podemos determinar la infiltración en nuestro edificio, simplemente multiplicando el volumen de cada zona de análisis por el calor específico volumétrico del aire ($1300 \text{ J/m}^3\text{C}$) por el diferencial térmico (temperatura exterior - temperatura interior), relación que se expresa de la siguiente manera (Koeningsberger, 1977):

$$Q_v = 1300 * V_e * (T_e - T_i) \quad (37)$$

donde Q_v : Flujo calorífico por ventilación, en Watts.
 V_e : tasa de ventilación, m^3/s
 $(T_e - T_i)$: Diferencial térmico de temperaturas exteriores e interiores, grados C.

Resolviendo nuestro ejemplo con estas fórmulas, tendremos lo siguiente:

Infiltración (pérdidas por convección):

$$N = 1 \text{ renovación de aire / h.}$$

$$\text{ZONA 1. Vol} = (3 * 12.5 * 50) = 1875 \text{ m}^3.$$

$$\begin{aligned} V_e &= 1 * 1875 / 3600 \\ &= 0.52 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_v &= 1300 * V * (T_e - T_i) \\ &= 1300 * 0.52 * (T_e - T_i) \\ &= 676 \text{ W/grado C.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZONA 2. (Igual a la zona 1)} \\ (3 * 12.5 * 50) &= 1875 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_e &= 1 * 1875 / 3600 \\ &= 0.52 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_v &= 1300 \cdot V \cdot (T_e - T_i) \\
 &= 1300 \cdot 0.52 \cdot (T_e - T_i) \\
 &= 676 \text{ W/grado C.}
 \end{aligned}$$

Donde vemos que las pérdidas por convección resultan ser relevantes en este caso.

Teniendo los valores calculados tanto para las pérdidas (o ganancias) por conducción y convección, es conveniente realizar la sumatoria de ambas, para conocer las pérdidas totales debidas a esas causas. En nuestro ejemplo, el cuadro-resumen de los cálculos antes realizados se muestra a continuación:

<u>Intercambio</u>	<u>Zona 1</u> (W / grado C)	<u>Zona 2</u>
Conducción:	1410.6	1082.1
Convección:	676.0 -----	676.0 -----
Total:	2086.6	1758.1
Por M2 (625 m2):	3.3	2.8

Contando con las estimaciones de intercambio térmico (en Watts.grado C) para conducción y convección, así como nuestro diferencial de temperatura, podemos multiplicar estos valores para obtener nuestras pérdidas o ganancias totales. Por conveniencia transformaremos todos ellos a KW (Kilowatts) con un decimal de aproximación. Estos valores podrán ser entonces colocados en la tabla final de análisis térmico, mostrada al término de este capítulo (Tabla XII.2).

c. Ganancias por Radiación Solar.

Tratamos de analizar el comportamiento de nuestro edificio durante un día relativamente frío, con cielo claro. Además del intercambio térmico por conducción y convección, es necesario considerar las ganancias debidas a la radiación solar y el calor generado dentro del propio edificio.

La ganancia térmica debida a la radiación solar durante el día que se considere dependerá de la trayectoria que describa el sol en la bóveda celeste. Si lo que queremos analizar es el comportamiento térmico del edificio de oficinas, debemos escoger una fecha que sea representativa de la situación que se desea. Quizás una buena opción sería elegir el soleamiento típico de un día de febrero u octubre, como representativo de un día relativamente frío. Los valores de insolación correspondientes a la latitud 28 grados norte pueden ser tomados del Apéndice "C". En estas tablas los valores se calcularon asumiendo ciertos parámetros.

Las tablas muestran los valores de soleamiento y de ganancia calorífica para superficies verticales y normales a la dirección de la radiación solar, según las principales orientaciones. El valor descrito como "normal" corresponde a aquella radiación directa que recibe un plano normal al de la dirección de la fuente. La tabla no presenta los valores máximos que pueden ocurrir en un lugar dado, sino las condiciones que existen en un día "promedio" sin nubosidad. Para sitios con elevaciones altas y atmósferas sumamente claras, los valores máximos de ganancia solar calorífica pueden ser hasta 15% más altos que los datos que se tabulan. Para ambientes con fuerte grado de contaminación, así como para localidades con altos índices de humedad, los valores reales pueden llegar a ser 20 o 30% menores a los que se muestran en las tablas.

Para lugares que se encuentren en latitudes intermedias y que no correspondan a las que se tomaron como base de cálculo para las tablas, se podrán deducir los valores de radiación y de ganancia calorífica por medio de interpolación lineal simple.

Como es conveniente considerar un día promedio, en una atmósfera "normal", tomemos los valores directamente del Apéndice "C", sin modificarlos por algún factor de ajuste. Nuestras ventanas que ven al sur y al norte, tendrían de esta manera los siguientes valores:

Ganancia por Radiación Solar
(Lat. = 28 N)

(W/m²)

Febrero 21
Octubre 22

	8 am	10 am	12 am	2 PM	4pm
Plano Sur	290	558	650	558	290
Plano Norte	44	79	90	79	44

Existen dos consideraciones adicionales que se deben hacer al respecto de la ganancia por radiación solar: la primera es recordar que para determinar la ganancia solar térmica para latitudes no mostradas en las tablas, sólo es necesario interpolar linealmente entre los valores que se tienen. El segundo comentario se refiere a las opciones de cálculo para aquellas situaciones en que el cielo esté parcial o totalmente nublado. Para estos casos basta ajustar los valores de cielo claro multiplicándolos por algunas constantes. Nunca tendremos un día con cero por ciento de radiación solar (aún en los días totalmente nublados tenemos ganancia debida a la radiación solar indirecta). Los factores de ajuste para días nublados están dentro del rango de 33 a 50%. Usemos, por conveniencia, el valor de 33% para día totalmente nublado, y 60% para un día moderadamente nublado.

En nuestro caso, sin embargo, estamos analizando el comportamiento de nuestro edificio durante un día claro, por lo que no es necesario introducir factores de ajuste.

Adicionalmente es necesario modificar los valores por el hecho de que existe absorción y sombreado en los vidrios, por lo que no toda la ganancia exterior entra a nuestro edificio. Algunos de estos factores se muestran en el Apendice "D". El factor de ajuste para un vidrio sencillo de 6 mm de espesor es 0.78, por lo que los valores finales (ganancia solar por metro cuadrado * área de ventanal * 0.78) se pueden resumir de la siguiente manera, expresadas en KW (kilowatts):

Ganancia por Radiación Solar
 (Lat. = 28 N).
 (F = 0.78)

(KW)

	Area	8 am	10 am	12 am	2 pm	4pm
Febrero 21						
Octubre 22						
Ventanal Sur	100 m2	22.6	43.5	50.7	43.5	22.6
Ventanal Norte	50 m2	1.7	3.0	3.5	3.0	1.7

mismos que se pueden incorporar a la tabla XII.2.

d. Ganancias Termicas Internas.

El último factor a considerar es el de la ganancia interna debida principalmente a calor generado por los usuarios, por luminarias, maquinaria y equipo. Ya en un capítulo anterior (referirse al Capitulo III, sección 3.2: A. Disipación Termica) se consideró el cálculo de la disipación de calor generada por veinte personas, 12 de ellas hombres y 8 mujeres, realizando actividades típicas de oficina. No repetiremos aquí el proceso de análisis, pues para ello el lector puede revisar el citado capítulo. Baste decir que, para efectos del presente ejemplo, tomaremos como a usuarios a las 20 personas, por lo que el calor generado por ellos es de 2 KW, en horas de oficina. Suponemos también que el calor que disipan los trabajadores se distribuye más o menos uniformemente en el edificio (valores iguales para la zona 1 y zona 2).

Además de la disipación térmica de los usuarios, consideremos la ganancia interna por luminarias. El calor generado por los focos incandescentes ordinarios prácticamente corresponde a aquel mostrado en su medida nominal en watts (cerca del 95% de la energía la irradian en calor, el resto en energía lumínica, que a fin de cuentas se transforma en calor). La ganancia interna de luminarias será entonces la sumatoria del wataje de las luminarias.

Otro método de calculo, más sencillo, es estimar la ganancia por área de construcción. Los valores que usualmente se consideran en países desarrollados son 20 W/m2 construido para luces y 10 W/m2 para equipo y maquinaria. En países como el

nuestro. donde existen prácticas más conservadoras en el uso de fuentes de iluminación artificial, sería recomendable reducir estos valores en un 50%: 10 W/m² para luces y 5 w/m² para equipo (que incluye en este caso copiadoras, cafeteras, máquinas de escribir eléctricas, etc.). Tomando este último criterio de cálculo, el de asumir ganancia térmica por metro cuadrado de construcción, podemos resumir las ganancias internas (para horas de oficina) de la siguiente manera:

Ganancias Térmicas Internas:

Disipación Térmica de la gente:	2.0 KW
Fuentes de Iluminación Artificial (1250 m ² * 10):	12.5 KW
Maquinaria y equipo (1250 m ² * 5):	6.2 KW

	20.7 KW
 Total de ganancia interna por zona:	 10.3 KW

Tenemos ya calculados los valores para pérdidas y ganancias debidas a conducción, convección, radiación y ganancias internas. Solo resta integrarlas algebraicamente en el cuadro XII.2. para conocer el total del balance térmico de nuestro edificio a distintas horas del día. Los valores para conducción y convección pueden ser pérdidas o ganancias, dependiendo de si la temperatura exterior es mayor o menor a la requerida por diseño. El balance de radiación solar y generación térmica interna siempre serán ganancias.

12.4. ANALISIS DE RESULTADOS.

El paso final para el análisis del comportamiento térmico de nuestro edificio es el de graficar los resultados obtenidos en la tabla XII.2. Esta forma de representación sumará de una forma más clara los valores obtenidos por nuestros cálculos. La gráfica se construye de manera muy sencilla: el eje horizontal mostrará el tiempo, mientras que el eje vertical medirá la cantidad de calor que entra o sale del edificio, en KW. Los gráficos finales del comportamiento térmico del edificio se muestran en la figura 12.3.

De la figura 12.3 podemos sacar varias conclusiones. Veamos la gráfica del comportamiento térmico de la zona 1. Se nota fácilmente que existe un exceso de calor a la mitad del día. Esto es importante de notar, puesto que el sentido común podría asumir intuitivamente que el edificio estaría frío la mayor parte del tiempo debido a que se está analizando un día con temperaturas relativamente bajas. Sin embargo también hay que recordar que nuestro día de análisis considera un cielo claro, donde es posible captar la totalidad de la radiación solar incidente en nuestros vidrios.

¿Cuál es la razón principal de que se tenga un nivel térmico tan alto en esta zona? Si nos referimos a la tabla XII.2, veremos que ello se debe principalmente a la radiación solar que está captando nuestro espacio. En una edificación convencional, los usuarios pueden abrir las ventanas para crear ventilación que elimine el exceso de calor. En otro tipo de edificios donde no es posible abrir la construcción hacia el exterior de una manera sencilla, las personas tienen que depender del aire acondicionado.

El reducir en dimensiones el ventanal sur eliminaría parte de la captación de radiación solar hacia el interior de nuestro espacio. Esta solución, sin embargo, tiene una desventaja; también reduce la cantidad de iluminación natural con que se puede contar, y éste es un elemento importante de considerar sobre todo en lugares de trabajo continuo. Pero existe una solución arquitectónica que puede resolver, o por lo menos reducir, la situación de exceso de calor a medio día. Una opción lógica de solución para minimizar la captación es el diseñar algún sistema de protección para nuestro ventanal sur (recordemos que el tener sombreada --"nublado"-- nuestra ventana reduce hasta un 66% de captación). Un volado diseñado correctamente sería una posibilidad de reducción para los valores de nuestra gráfica térmica.

La Zona 2, por otra parte, no tiene el problema de exceso de calor. La gráfica se acerca mucho al equilibrio térmico ideal, y los máximos y mínimos no son realmente excesivos. Inclusive hay una consideración que se puede hacer hacia este respecto: si analizamos el área que se encuentra bajo la línea de equilibrio (cero KW) con aquella que se está arriba de esta línea, vemos que ambas son muy similares en superficie. Ello quiere decir que si logramos almacenar pasivamente algo del calor captado durante el día, para permitir que caliente el espacio durante la noche, tendríamos una situación cercana a la óptima. Si nos referimos a la tabla XII.2, veremos que las ganancias internas proporcionan todo el calor necesario para equilibrar la zona térmicamente. Para este tipo de día considerado, no es necesario abrir ventanales o tragaluces hacia el sur en la zona 2.

¿Cuál es la situación respecto a temperaturas bajas? La zona 1 presenta un período de frío en las primeras horas de la mañana. Al igual que la zona 2, la estrategia de guardar algo de calor durante el día para liberarlo durante la noche podría funcionar para reducir este déficit térmico.

Veamos pues que el análisis de la gráfica de comportamiento térmico permite sacar conclusiones con aplicaciones directas al diseño arquitectónico. En el ejemplo anterior la gráfica nos permitió observar que existen espacios bien diseñados térmicamente, mientras que otros necesitan ser revisados. La exactitud en estos cálculos no es crucial. El análisis final, sin embargo, permite ver si el comportamiento térmico de nuestro edificio está dentro de los límites de confort deseables.

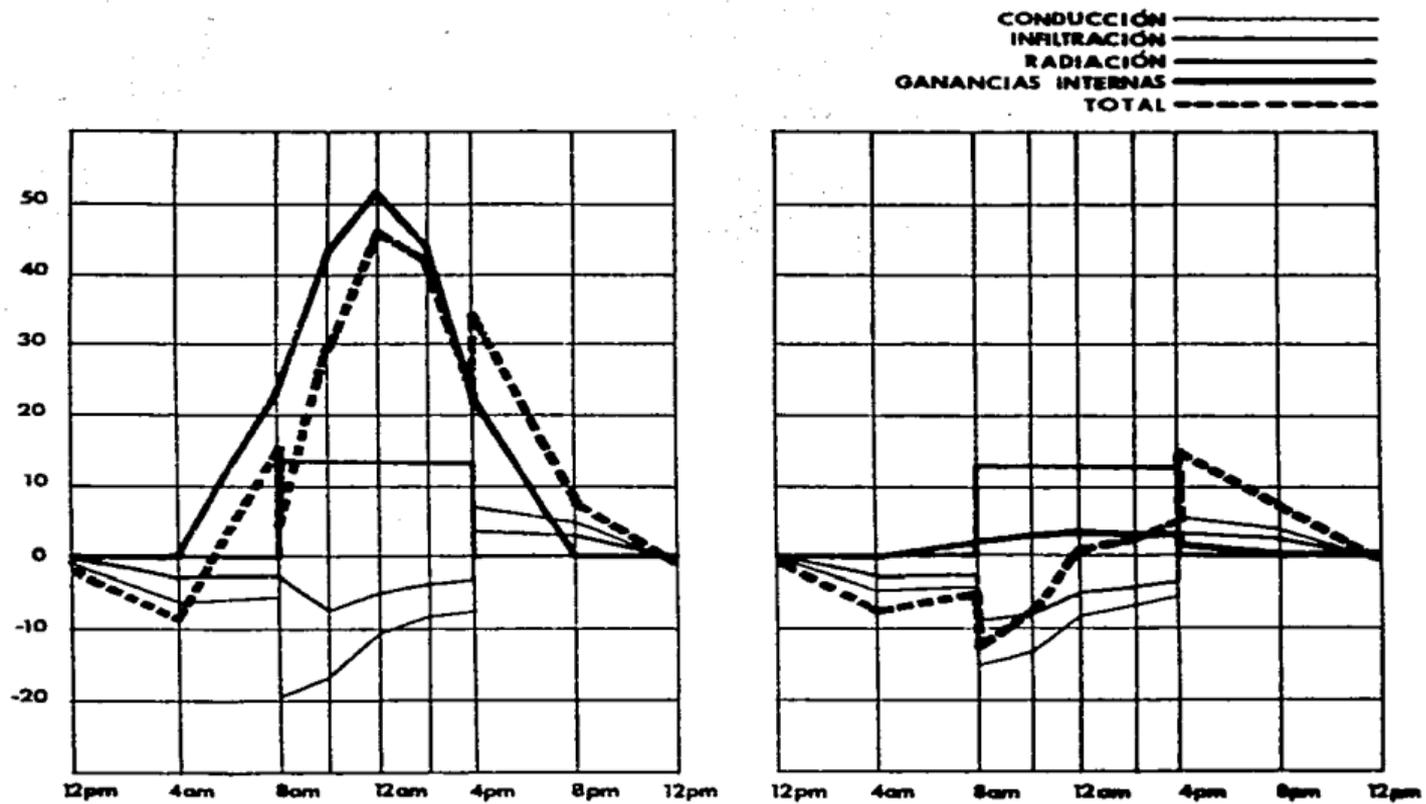
ZONA 1.

	12 pm	4 am	8 am	8 am	10 am	12 am	2 pm	4 pm	4 pm	8 pm	12 pm
A.Conduccion.	-0.7	-6.3	-5.6	-19.7	-16.9	-10.6	-8.4	-7.0	7.0	4.9	-0.7
B.Infiltracion.	-0.3	-3.0	-2.7	-9.4	-8.1	-5.0	-4.0	-3.3	3.3	2.4	-0.3
C.Radiacion.	0.0	0.0	22.6	22.6	43.5	50.7	43.5	22.6	22.6	0.0	0.0
D.Ganancia Interna.	0.0	0.0	0.0	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	0.0	0.0	0.0
	-1.0	-9.3	14.3	3.8	20.8	45.4	41.4	22.6	32.9	7.3	-1.0

ZONA 2.

	12 pm	4 am	8 am	8 am	10 am	12 am	2 pm	4 pm	4 pm	8 pm	12 pm
A.Conduccion.	-0.5	-4.9	-4.3	-15.1	-13.0	-8.1	-6.5	-5.4	5.4	3.8	-0.5
B.Infiltracion.	-0.3	-3.0	-2.7	-9.4	-8.1	-5.0	-4.0	-3.3	3.3	2.4	-0.3
C.Radiacion.	0.0	0.0	1.7	1.7	3.0	3.5	3.0	3.0	1.7	0.0	0.0
D.Ganancia Interna.	0.0	0.0	0.0	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	0.0	0.0	0.0
	-0.8	-7.9	-5.3	-12.5	-7.8	0.7	2.8	4.6	10.4	6.2	-0.8

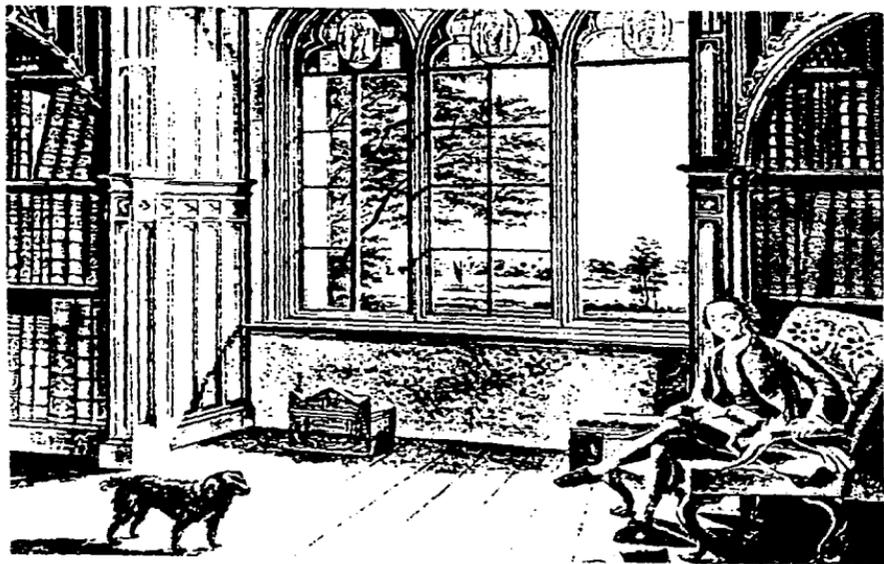
TABLA XII.2
ANALISIS TERMICO.



12.3 GRÁFICA FINAL DE ANÁLISIS TÉRMICO

CAPITULO 13.

ILUMINACION NATURAL.



13.1. CASO INTRODUCTORIO.

ASPECTOS GENERALES DE LA ILUMINACION NATURAL

Antes del descubrimiento de la electricidad, la forma de iluminación diurna se realizaba por medio de la iluminación natural. Esta era la mejor luz disponible y no tenía rival en velas o lámparas de gas o petróleo. Ahora, aún durante el día, no dudamos ni un instante en encender la luz artificial. Parte del error quizás consista en que nosotros los arquitectos no ponemos la suficiente atención al diseño y al pronóstico de la iluminación natural, y sí en cambio nos resulta más conveniente resolver el problema por medio de instalaciones eléctricas.

La iluminación consume cuando menos el 5% del total de la energía eléctrica generada en un país. La eficiencia en la generación de energía eléctrica es, sin embargo, muy baja; siendo las pérdidas especialmente altas en las termoeléctricas donde la eficiencia difícilmente rebasa el 30% (Alonso, 1985). Cerca del 40% de la energía eléctrica de México es generada por plantas hidroeléctricas, alrededor del 1% por plantas geotérmicas, y el resto por termoeléctricas. La mayoría de la energía eléctrica en nuestro país se origina, pues, en las termoeléctricas. De los anteriores datos de eficiencia podemos deducir la cantidad de energía que se pierde en la generación de electricidad y de ella, el porcentaje que utilizamos para iluminación. Si bien es cierto que en muchos casos el uso de la electricidad para iluminación es necesaria, en otros casos el gasto no es justificable.

Aún cuando el interés en la iluminación natural pasó a segundo término durante mucho tiempo, cuando se empezó a estudiar la carga de energía de los edificios se descubrió que la iluminación es el mayor elemento consumidor de energía entre todos. Lógicamente el interés por la iluminación natural creció, y se trató de recuperar el material que llevaba, por lo menos, dos décadas de olvido.

Obviamente no trataremos de eliminar la instalación eléctrica en su totalidad, pues existen edificios en los que es necesario mantener un nivel de iluminación continuo durante el día. Pero también existen algunos otros que se caracterizan por un uso diurno, y donde podemos conseguir ahorros sustanciales si aplicamos estrategias en el uso de la iluminación natural. El sector comercial y el industrial, por ejemplo, podrían resultar grandemente beneficiados por tener, en general, patrones de uso diurno, largos horarios de trabajo, necesidades de altos niveles de iluminación y capacidades de iluminación eléctrica instalada bastante grandes. Para edificios de este tipo (oficinas, escuelas, tiendas y locales comerciales, bodegas, etc.) el costo de iluminación representa un gran porcentaje de sus gastos de energía eléctrica. Si logramos disminuir el consumo de energía para iluminación, obtendremos un ahorro sustancial en el pago de energía.

Al utilizar la radiación solar con objeto de lograr el confort térmico del cuerpo humano, veamos que los niveles deseados de temperatura se movían dentro de un rango bastante pequeño (20 a 28 C aprox.). Al utilizar la energía solar para efectos de iluminación, la situación es muy diferente pues el rango de iluminación en el cual una persona se puede sentir cómoda es bastante más amplio. Una persona con buena visión puede alcanzar a leer con una intensidad de luz de 5 candelas o inclusive menos. Una oficina típica tiene un nivel entre 50 y 100 candelas, mientras que la radiación solar directa, por otro lado, alcanza las 10.000 candelas.

Si comparamos la eficiencia de la iluminación natural contra la artificial, podemos concluir que la primera puede ser tan eficiente como la segunda. Una forma en que podemos hacer esto es mediante la relación de la cantidad de energía que se utiliza contra la radiación que se produce en un caso dado, obteniendo lo que se llama eficiencia lumínica.

La radiación solar directa tiene una eficiencia de alrededor de 90 lumens/watt, es decir, que por cada vatio (watt) de energía que el sol proporciona, se dan 90 lumens como iluminación. El cielo azul alcanza hasta 150 lumens/watt. Una cifra razonable promedio para la iluminación natural sería considerar, digamos, 100 a 120 lumens/watt. Cuando se compara esta cantidad con varias fuentes de energía eléctrica (tabla XIII.1) vemos que la iluminación natural es tan eficiente como las mejores luminarias (v con un mejor rendimiento de color). La eficiencia de las

lámparas incandescentes convencionales (los focos normales que se utilizan en casa) es sumamente baja en comparación con la eficiencia de la luz natural. El factor de diferencia en eficiencia entre este tipo de fuentes artificiales de luz comparado con la del cielo está cercano a 10 (es decir, el cielo es diez veces más eficiente para iluminar que un foco común).

TABLA XIII.1

EFICIENCIA DE DISTINTAS FUENTES ARTIFICIALES DE ILUMINACION

<u>TIPO DE FUENTE</u>	<u>EFICIENCIA.</u>
Lámpara de aceite	0.1 lm/W
Neón	5.0 lm/W
Incandescente (60 W)	14.0 lm/w
Incandescente (100 W)	16.5 lm/w
Fluorescente	75.0 lm/W
Sodio, alta presión	100.0 lm/W
Sodio, baja presión	150.0 lm/W

Fuente: Pohl, 1982; Westinghouse, 1985.

¿Por qué son tan ineficientes las luminarias? ("Luminaria" es el nombre genérico dado a las fuentes de luz artificial: focos, lámparas, etc.).

La figura 13.1 muestra la distribución de la luz según su energía relativa contra la longitud de onda para un foco de tipo incandescente de filamento de tungsteno (un foco común). Vemos que la máxima energía se da en la parte del infrarrojo, es decir, en las ondas de calor, y por ello es que sólo una pequeña parte se utiliza en luz visible. Inclusive existe una forma muy sencilla para conocer el máximo de la distribución de energía según su longitud de onda, conociendo únicamente la temperatura de la fuente. La llamada "Ley de Wien" permite relacionar dos parámetros según la siguiente forma (Sellers, 1965):

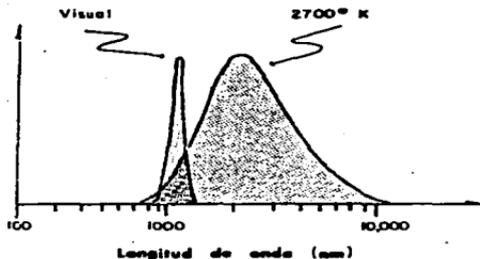


FIGURA 13.1: DISTRIBUCIÓN DE LUZ SEGÚN SU ENERGÍA RELATIVA CONTRA LONGITUD DE ONDA PARA UN FOCO DE TIPO INCANDESCENTE.

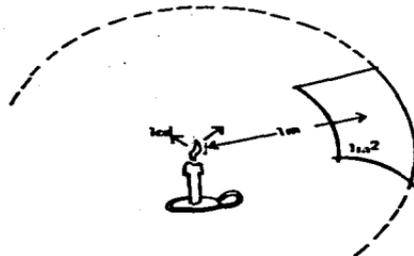


FIGURA 13.2: REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE UN LUMEN: FLUJO DE LUZ QUE INCIDE SOBRE UN METRO CUADRADO DE SUPERFICIE QUE DISTE 1 METRO DE UNA FUENTE QUE TENGA UNA INTENSIDAD DE UNA CANDELA EN TODAS DIRECCIONES.

LEY DE WIEN.

$$l_{\max} = 2897. / T$$

(38)

donde: l_{\max} : longitud de onda máxima. en micras.
T : temperatura de la fuente. en grados Kelvin.

Nota: Grados Kelvin = grados Celsius + 273.
Multiplicando el resultado en micras por 100
obtenemos nanómetros.

Veamos algunos ejemplos: en el caso de un foco de tipo incandescente. la temperatura del filamento no puede ser mayor a 3200 K debido al proceso de evaporación del tungsteno. El resultado de la evaporación es el sombreado negro que nos resulta familiar en la parte exterior del bulbo y cuya última consecuencia es causar que el alambre se rompa, fundiéndose el foco. Para efectos de cálculo consideremos una temperatura de operación de 2575 K (valor para focos de 100 Watts, según Westinghouse. 1985). De esta manera. por la ley de Wien tendremos:

$$l_{\max} = 2897 / 2575 = 1.12 \text{ micras}$$

Es decir. 1120 nm. que sitúan el máximo de radiación dentro de la región del infrarrojo. De hecho los focos de filamento incandescente emiten el 95% de calor y sólo el 5% de luz visible (Koenigsberger. 1977). Desde el punto de vista lumínico. desperdiciamos el 95% de la energía. Las lámparas fluorescentes son un poco más eficientes pero no pueden considerarse como una mejora considerable: el 21% de la energía se distribuye como luz visible y el 79% como calor.

Consideremos otra aplicación de la ley de Wien. Los seres humanos también tenemos una temperatura. la cual permanece relativamente constante. La temperatura media exterior de la piel es en promedio 34 grados C. (307 K). ¿En qué parte del espectro electromagnético emitiremos con mayor intensidad? Muy probablemente. pensamos. será en el infrarrojo, puesto que emitimos calor más que luz (no "brillamos" sino "calentamos"). Pero será mejor comprobarlo. de manera que:

$$l_{\max} (\text{micras}) = 2897 / 307 = 9.43 \text{ micras}$$

o sea. 9430 nm. totalmente dentro del infrarrojo. por lo que deducimos que nuestra suposición es correcta.

PREGUNTA: Suponiendo que el sol tiene una temperatura efectiva de emisión de 6000 K, en qué parte del espectro electromagnético tiene su máxima intensidad?

RESPUESTA: 482 nanómetros.
Es decir, en la parte amarilla del espectro visible. No es difícil imaginar por qué el ojo humano también tiene la máxima eficiencia en longitudes de onda cercanas al amarillo.

¿ Para qué utilizar iluminación natural?

Además del lógico ahorro de energía, con su consiguiente beneficio económico. existen varias razones para considerar el uso de iluminación natural en un proyecto determinado. Las razones principales son las siguientes:

- * Se reduce la demanda de energía eléctrica lo que redundará en un beneficio económico para los usuarios.
- * El suministro de iluminación natural hace a los usuarios menos dependientes de los sistemas artificiales, o por lo menos, proporciona la opción de elegir el sistema a utilizar.
- * La posibilidad de que los costos de energía eléctrica aumenten a consecuencia de la inflación hace que el uso de la iluminación natural sea un medio para protegerse contra alzas continuas.
- * El rendimiento en la calidad de la luz natural es generalmente más placentero para los ocupantes de un edificio.

Los problemas a resolver son varios y requieren de cierto esfuerzo. El uso correcto de la iluminación natural no sólo es abrir ventanas de grandes dimensiones, ya que esto en sí no garantiza ahorros significativos. Hay varios aspectos que deben cuidarse para llegar a una buena solución. Entre ellos están los siguientes:

1. Técnicas de análisis y diseño.
2. Iluminación natural comparado al intercambio térmico.
3. Control de sol y deslumbramiento.
4. Controles de iluminación.

13.2. UNIDADES DE MEDICION LUMINICAS.

La luz es un estímulo físico que produce diferentes sensaciones visuales en cada persona. Si bien podemos medir con exactitud el nivel de iluminación en un lugar por medio de un fotómetro y de esta manera tener información objetiva de la iluminación, no se puede hacer lo mismo con las sensaciones experimentadas por un grupo de personas expuestas al mismo estímulo. Cada persona responderá de acuerdo a su percepción relacionada con otros aspectos o sensaciones tales como actitud, experiencias pasadas, sonidos, tacto, gusto, olfato, etc.

Además, y quizás más importante, es que el ojo humano mide la luz en base a una escala relativa de diferencias de brillantez. Nuestro ojo mide la iluminación existente al compararla con otras fuentes de luz. Un ejemplo claro lo tenemos cuando de noche una habitación puede parecer más iluminada que durante un día nublado. La medida de niveles de iluminación con un fotómetro nos demostrará que estamos equivocados. La ilusión de una menor iluminación diurna se da al creer percibir un alto nivel de iluminación a través de las ventanas cuando se le compara con el interior de la habitación. De noche la ilusión se crea al comparar la iluminación interna con la oscuridad externa.

Los fotómetros (aparatos que miden la luz visible) son instrumentos que nos proporcionan mediciones objetivas de niveles de iluminación en el espacio.

¿Qué unidades de medida se utilizan normalmente?

Veamos primeramente cómo son y cómo se miden algunos conceptos utilizados en cálculos de la iluminación.

A. FLUJO LUMINOSO (F).

Es la cantidad de luz que emite una fuente sin tomar en cuenta su dirección o distribución, es decir, la luz emitida por unidad de tiempo. Hablando en sentido estricto, las unidades de medición de flujo deben ser lumens/seg, pero en la práctica se elimina el factor tiempo y simplemente se dice que el flujo luminoso se mide en LUMENS (lm).

Cuantitativamente se puede definir un lúmen como el flujo de luz que incide sobre un metro cuadrado de superficie en la que todos sus puntos disten un metro de distancia de una fuente puntual que tenga una intensidad de una candela en todas direcciones (ver figura 13.2).

El desempeño de un foco, por ejemplo, se mide en término del número de lúmens que emite. Su eficiencia estará dada, de la misma manera, por la relación de energía que consume a la cantidad de luz que emite. Por lo tanto podrá decirse que las unidades de la eficiencia serán lumens por watt de unidad de energía.

Veamos un sencillo ejemplo. Un foco casero de 100 watts tiene una eficiencia aproximada de 16.5 lumen/watt. ¿Cuál será el flujo luminoso de este foco?

Si la eficiencia es igual al flujo sobre la unidad consumida, tenemos:

$$\text{Eficiencia} = \text{Flujo} / 100 \text{ Watt}$$

y por lo tanto:

F = Eficiencia x 100 Watts
F = 16.5 lm/W x 100 Watts
F = 1650 lumens.



B. INTENSIDAD LUMINOSA (I).

Es la propiedad de una fuente de emitir en una cierta dirección y su unidad de medida es la CANDELA (cd). La candela es la unidad física internacional en todas las medidas de luz. La unidad lleva ese nombre pues en sus inicios la intensidad de una candela equivalía a la de una vela de cera: como ésta no era una forma exacta de medición, actualmente se define como la intensidad de un cuerpo negro emisor uniforme de 1/60 cm² de área a la temperatura de fusión del platino.

Tomemos un ejemplo para clarificar conceptos. Tenemos dos lámparas idénticas, digamos dos focos de 100 watts cada uno. Una de ellas está cubierta en la parte superior con un protector metálico opaco. El flujo de ambos focos es idéntico (emiten en todas direcciones de la misma manera, ambos con una energía de 100 watts). La intensidad luminosa, sin embargo, será mayor en la del foco que tiene la cubierta comparada con la que no la tiene (ver figura 13.3).

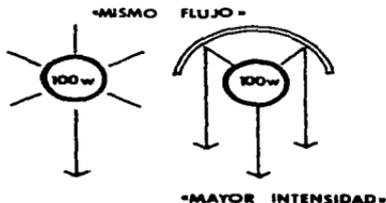


FIGURA 13.3: DOS LUMINARIAS IDÉNTICAS: UNA TIENE, SIN EMBARGO, UN REFLECTOR METÁLICO. RESULTADO: MISMO FLUJO PERO MAYOR INTENSIDAD EN LA LUMINARIA CUBIERTA.

El protector metálico concentra el flujo luminoso en un haz de luz con una alta intensidad lumínica (por eso la intensidad a veces se define como flujo luminoso entre unidad de volumen). La aplicación práctica de la intensidad luminosa se da en estimaciones de luminarias. Cuando se representan gráficamente los resultados de la distribución luminosa, en las llamadas curvas polares (ver figura 13.4).

C. ILUMINACION O ILUMINANCIA (E).

Es la cantidad de flujo de luz distribuida por unidad de área, y se mide en lúmens/metro cuadrado, o en su equivalente más conocido, el LUX. Esta medida es de amplio uso y es la más conocida en el sistema internacional de unidades. Su medición se realiza por medio de un luxómetro. En el sistema inglés la forma más común de expresar la iluminación es el lúmen/pie cuadrado, también conocido como pie-candela (footcandle, abreviado "fc"). Los factores de conversión entre distintos tipos de unidades de medición para la luz se muestran al final de la sección.

La iluminación por sí sola no puede ser percibida por el ojo humano, pues lo que produce la sensación visual es la luz reflejada por una superficie específica (figura 13.5). Consideremos el caso extremo de un observador que se encuentre en una habitación totalmente pintada de negro, con una fuente de luz constante. La percepción del observador sería que la iluminación sumamente débil, pues los techos y los muros reflejan poca luz. En el mismo caso, pero con la habitación pintada en colores claros, de alta reflectividad (blanco, por ejemplo), tendría la impresión de una mayor iluminación, pero la realidad sería que ésta permaneció constante.

Una característica del ojo humano es que no "ve" iluminación (vé brillo, descrito más adelante); la luz es invisible a su paso por el espacio, a menos que algún medio (tal como el polvo) la disperse en la dirección del ojo (o la fuente esté dirigida directamente al ojo humano). Si nos encontramos dentro de un cuarto totalmente oscuro, con una abertura lateral por la cual penetrará la luz, no podríamos ver este haz, a menos que existiera materia que difractara parte de él (ver figura 13.6). De forma similar, los astronautas en el espacio ven básicamente un espacio negro, totalmente oscuro, excepto por los haces de luz que provienen directamente de los astros a su ojo.

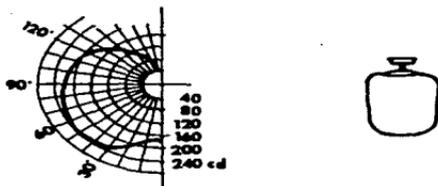


FIGURA 13.4: CURVAS POLARES.

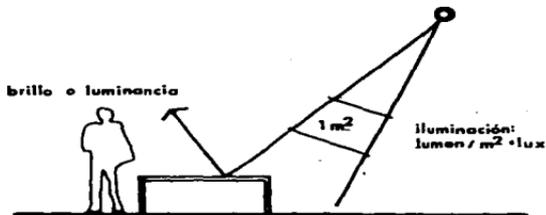


FIGURA 13.5: LA ILUMINACIÓN NO PUEDE SER PERCIBIDA POR EL OJO HUMANO. EL BRILLO, EN CAMBIO, AL SER REFLEJADO POR UNA SUPERFICIE, SÍ PUEDE SER DISTINGUIDO.

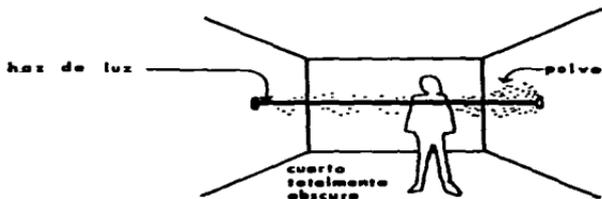


FIGURA 13.6: UN OBSERVADOR EN UN CUARTO OSCURO NO PODRÍA VER EL HAZ DE LUZ, SINO EXISTIERA POLVO EN EL AIRE.

Los niveles de iluminación en una superficie dada están determinados por varios factores:

1. Intensidad de las fuentes lumínicas
2. Distancia a la fuente (s)
3. El ángulo de incidencia que tiene la fuente respecto a la superficie.

Lo anterior debido al comportamiento físico descrito en:

- a. Ley del cuadrado inverso.
- b. Ley del coseno.

La iluminación se comporta según la ley del cuadrado inverso (también conocida como Ley de Kepler de la Iluminación), es decir, decrece según el cuadrado de la distancia, aunque estrictamente hablando ésta ley sólo se aplica para una fuente puntual en planos normales (perpendiculares) a la fuente. Cuando el plano no es perpendicular a la dirección de la fuente sino que está inclinado, el flujo debe repartirse en una superficie mayor (figura 13.7) por lo que su iluminancia decrece, por efecto de la ley del coseno. Algunos fotómetros intrínsecamente corrigen errores provocados por efecto de inclinación a la fuente.

Decimos que la ley del cuadrado inverso sólo se aplica para fuentes puntuales, porque en otros casos la relación será distinta: la iluminación que proporciona una fuente lineal infinita varía en proporción directa a la distancia (es decir, distancia elevada a una potencia 1), mientras que si procede de una fuente luminosa en un plano infinito, como el cielo, la iluminación no variará (distancia elevada a una potencia cero), tal como se muestra en la figura 13.8.

En la mayoría de los tipos de iluminación artificial para interior, sin embargo, se puede considerar que la ley del cuadrado inverso es bastante exacta en la práctica, si la distancia a la que se toman las medidas es como mínimo cinco veces la mayor dimensión de la fuente de luz (esto no se aplica a fuentes lineales como tubos fluorescentes).

Otra característica importante de la iluminación (iluminancia) es su propiedad aditiva. La iluminación total en una superficie con varias fuentes de luz será la suma simple de las iluminancias parciales.

C. BRILLO FOTOMETRICO o LUMINANCIA (L)

Es la iluminación de una superficie vista desde una dirección específica y se mide en CANDELAS/M² (cd/m²) o LAMBERTS en el sistema internacional. Existen otras unidades, pero son en general poco utilizadas: el stilb y el apostilb, cuyas conversiones se muestran al final del capítulo. En el sistema inglés, el brillo se puede medir en candelas por pulgada cuadrada (cd/sq.in.) o bien en pies-lamberts (footlamberts).

Como ya dijimos, el ojo no ve iluminación sino brillo. Este brillo depende básicamente de dos factores: uno, de la iluminación (iluminancia) que reciba por área, y dos, de la reflectividad de la superficie.

El concepto de la iluminancia se compara al de "brillo fotométrico". Luminancia es la medida OBJETIVA de la iluminación de una superficie vista desde cierto punto, y medida por medio de un fotómetro. El brillo fotométrico, por otro lado, es la percepción SUBJETIVA de la iluminación de la misma superficie vista a través del ojo humano.



Resumiendo podemos hacer la siguiente tabla:

TABLA XIII.2

UNIDADES DE MEDIDA DE LUZ VISIBLE

MAGNITUD FOTOMETRICA		SE MIDE EN:	
		<u>S.I.</u>	<u>INGLES</u>
INTENSIDAD	(I)	CANDELA	
FLUJO LUMINOSO	(F)	LUMENS	
ILUMINANCIA	(E)	LUX Lumen/m ²	Pie-candela Lumen/ft ²
BRILLO	(L)	CANDELA/M ² Lamberts Apostilb Stilb	Cd/sq.in. Pie-lamberts

Someramente revisaremos otro concepto que puede resultar de utilidad, el de ILUMINACION ESCALAR. Para cuestiones de cálculos hablamos de la iluminación que tenemos sobre un plano (es decir "planar"), horizontal, vertical, o inclinado. Por ejemplo, la iluminación en el plano horizontal generalmente se toma a nivel de donde se realiza un trabajo (por ejemplo en un escritorio se toma entre 75 y 80 cm. de altura sobre el nivel del piso. Cuando es deseable describir las características luminosas de un espacio, se utiliza la "iluminación escalar", que no es sino la iluminación promedio que recibe un punto en todas direcciones. Esto se logra mediante lecturas (en lux) de la superficie de una esfera.

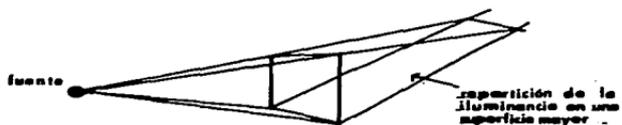


FIGURA 13.7: EFECTO DE INCLINAR LA SUPERFICIE A LA FUENTE DE LUZ.

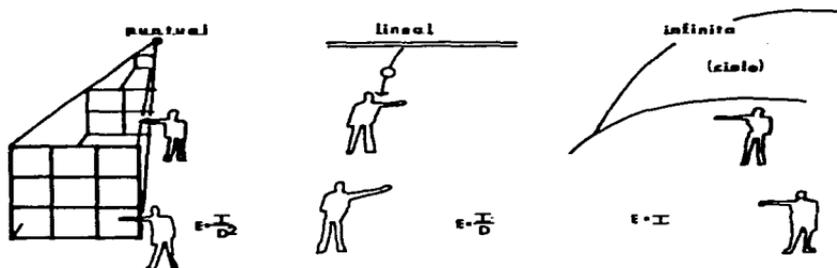


FIGURA 13.8: TRATAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN SEGÚN DISTINTAS FUENTES DE LUZ: PUNTALES, LINEALES O INFINITAS PARA OBSERVADORES QUE MIDAN LA ILUMINACIÓN CON UN FOTÓMETRO.



FIGURA 13.9: COMPARACIÓN ENTRE LUMINARIAS CON MISMA INTENSIDAD O CON MISMA LUMINANCIA (BRILLO).

13.3. MEDICIONES Y APARATOS.

A. Mediciones.

Existen muchas formas de realizar las lecturas lumínicas, dependiendo de la situación y de los instrumentos con que se cuente. A continuación describiremos algunos de los métodos más sencillos para realizar lecturas relacionadas con la iluminación natural.

INTENSIDAD LUMINOSA:

Puede conseguirse una estimación aproximada de la intensidad de una luminaria según el siguiente método:

1. Colocando un luxómetro a una distancia mínima de 5 veces la dimensión máxima de la luminaria.
2. Orientando la célula del aparato directamente a la luminaria.
3. Multiplicando la lectura efectuada en lux por el cuadrado de la distancia en metros, puesto que:

$$I = E \times D^2 \quad (39)$$

donde:

I : Intensidad luminosa en candelas
E : Nivel de iluminación en lux
D : Distancia a la fuente en metros.

Naturalmente no debe de existir otra luz en la habitación, la cual preferentemente debe ser de color obscuro (de otra manera es posible que sea preciso efectuar una corrección por luz reflejada en los muros y el techo).

FLUJO LUMINOSO:

La determinación del flujo luminoso de luminarias generalmente se mide por medio de aparatos especiales de laboratorio. Sin embargo, para efectos de una estimación, la cantidad de lúmenes que inciden sobre una superficie pueden conocerse por medio de un luxómetro normal. Para ello se toman lecturas de luz en varios puntos de la superficie (a un metro de distancia de la fuente), obteniendo un valor promedio que se deberá multiplicar por el área de superficie en metros cuadrados puesto que:

$$F = E \times S \quad (40)$$

donde:

F = Flujo luminoso, en lúmenes
E = Nivel de iluminación, en lux
S = Superficie, en metros.

ILUMINACION:

Se conoce por medio de lecturas directas de un luxómetro normal.

BRILLO FOTOMETRICO (LUMINANCIA):

Se puede medir por medio de aparatos especiales para este objeto, tales como el lambertímetro. Lo más común, sin embargo, es realizar mediciones por medio de sensores añadidos o fotómetros normales para este fin.

B. Aparatos de Medición: Fotómetros.

Las medidas de luz se hacen comúnmente con fotómetros, de los cuales puede haber varios tipos: luxómetros, medidores de pies-candela, lambertímetros, pie-lambertímetros, etc. Generalmente los fotómetros llevan incorporadas células fotoeléctricas para efectuar la medición. Al incidir la luz, las células generan una pequeña corriente eléctrica que es registrada. Puesto que la corriente es proporcional a la intensidad de la luz incidente, se puede calibrar el aparato para leer directamente en alguna unidad de iluminación.

Las células fotoeléctricas tienen algunas características que deben ser conocidas para hacer uso correcto del instrumento que las contiene, y que son:

1. Respuesta al color.

Las células fotosensibles responden con precisión solamente a los tipos de iluminación con que fueron calibrados. Esta calibración puede dar como resultado que la respuesta de fotómetro sea muy distinta a la curva de sensibilidad del ojo humano. La mayoría de los fotómetros lleva un filtro corrector del color, el cual cambia la respuesta hasta obtener una aproximación razonable a la sensibilidad de la visión humana.

2. Efecto de la Ley del Coseno.

Como ya hemos visto, la luz que incide oblicuamente contra la célula fotoeléctrica produce una iluminación proporcional al coseno del ángulo de incidencia. Este efecto puede no proporcionar una respuesta equivalente en la célula debido a que: primero, parte de la luz, sobre todo a inclinaciones grandes sea reflejada por la cubierta de vidrio de la célula y no alcance al material fotosensible de ésta; segundo, porque el cerco de la caja puede producir sombra sobre el área de la célula modificando las lecturas.

Estos dos efectos aumentan con el ángulo de incidencia. El error es pequeño cuando la mayor parte de la iluminación recae directamente sobre el sensor, pero puede llegar a ser notable

cuando ésta se da, en su mayor parte, lateralmente. En el caso de que la luz penetre sólo por ventanas laterales, ello nos podría llevar a errores hasta del 25% menores a los reales si es que el fotómetro no hace la corrección por este efecto. Algunos fotómetros corrigen este efecto por medio de una cubierta difusora sobre el sensor, evaluando la luz que proviene de todas direcciones.

3. Fatiga.

En altas intensidades, las células fotoeléctricas tienen la característica de mostrar cierta fatiga, es decir, una tendencia del indicador a moverse con lentitud por unos minutos, hasta que se alcanza una lectura constante. Este efecto se nota sobre todo en altos niveles de iluminación cuando la célula se ha guardado en la obscuridad por algún tiempo. Para corregir este defecto, basta con esperar por algunos minutos a que el sensor se adapte al nivel de iluminación que va a ser empleado.

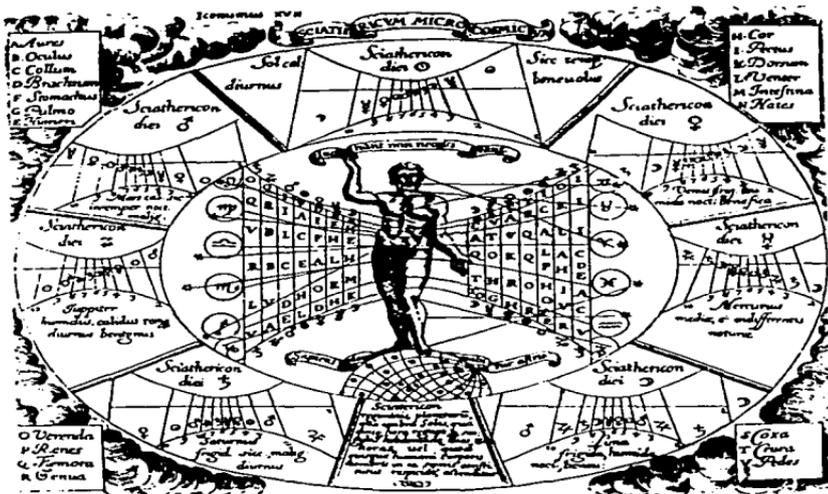
TABLA XIII.3

FACTORES DE CONVERSION LUMINICOS.

1 lux	=	1 lumen/m ²	=	0.0929
1 fc	=	10.76 lux		
1 cd/ft ²	=	10.76 cd/m ²		
1 cd/sq.in.	=	452 footlamberts		
1 footlambert	=	10.76 asb		
1 footlambert	=	3.42 cd/m ²		
1 lambert	=	929 footlambert		
1 lambert	=	2054 cd/sq.in.		
1 cd/m ²	=	3.14 asb		
1 stilb	=	1 cd/cm ²		

CAPITULO 14.

METODOS DE PRONOSTICO.



14.1. METODOS DE PRONOSTICO.

La iluminación natural se puede lograr por una variedad de fuentes, las cuales se listan a continuación:

- a. Radiación solar directa
- b. Radiación solar reflejada por las nubes y por el cielo
- c. Iluminación del suelo que llega a las ventanas
- d. Iluminación reflejada por las construcciones cercanas.

Los cálculos de predicción de iluminación natural generalmente tratan con (b) y (c) puesto que en la mayoría de los casos se prefiere no tomar en cuenta la radiación solar directa. Asimismo el efecto de la iluminación reflejada por construcciones cercanas será considerada como caso especial.

La iluminación de un espacio interior es un fenómeno difícil de predecir con exactitud. De hecho, uno de los métodos más efectivos para lograr una buena aproximación en el cálculo es por medio del uso de lecturas fotométricas en modelos a escala. La iluminación es un fenómeno físico que no tiene escala espacial, de manera que el reducir o aumentar de escala nuestro modelo, guardando las proporciones de los espacios, no afectará las mediciones que realicemos.

Uno de los objetivos que buscamos es el lograr que las superficies interiores y exteriores circundantes al modelo tengan aproximadamente la misma reflectividad que la de los materiales con los que se va a construir el proyecto. El utilizar muestras de los materiales reales en la maqueta resulta ideal para realizar las pruebas.

Una vez construido el modelo, situado en una posición conveniente para tomar en cuenta la iluminación reflejada por construcciones cercanas, se procede a tomar lecturas interiores por medio de un fotómetro. Estos instrumentos usualmente pueden

ser acondicionados para adaptarles un sensor suficientemente pequeño para que pueda ser introducido dentro del modelo. El paso final será obtener la iluminación interior como porcentaje de la exterior, en diversos puntos del modelo para así poder trazar curvas isofotométricas.

Si bien el método de prueba y lecturas fotométricas con modelos es sumamente útil y sencillo de utilizar, existen también varios métodos analíticos de predicción. Dos son los más usuales y son los siguientes:

1. El método Lúmen
2. El método del factor de iluminación natural.

Cada uno de estos métodos tiene sus características propias, pero ambos se basan en la consideración general de que la iluminación que se tiene en un punto determinado de un espacio es el resultado de la suma de la iluminación proveniente del cielo, más aquella que se refleja del piso, más (en su caso) aquella que provee la radiación solar directa. Por ello tenemos :

$$E_p = E_c + E_s + E_d \quad (41)$$

donde:

E_p : Iluminación en el punto de referencia
 E_c : Iluminación proveniente del cielo
 E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo
 E_d : Igual a la anterior, proveniente de radiación solar directa

Cada uno de estos métodos usa distintas ecuaciones y fórmulas para predecir la cantidad de iluminación que proporciona cada uno de estos factores, pero ambos los adicionan como paso final.

Algunas de las características de estos métodos se muestran en la siguiente tabla:

TABLA XIV.1

CARACTERISTICAS DE LOS METODOS DE PRONOSTICO
DE ILUMINACION NATURAL.

METODO LUMEN

Diseñado para ventanas verticales.

Dá la información para sólo tres puntos en el espacio de estudio.

Usa gráficos, tablas y fórmulas.

Considera la orientación.

Puede tomar en consideración la iluminación debida a radiación solar directa.

Es relativamente complicado.

Dá información sólo para condiciones específicas en las dimensiones del espacio.

Las extrapolaciones e interpolaciones son difíciles de lograr pues las variaciones no son lineales.

No es conveniente para el trazo de curvas isofotométricas en planta o alzado.

METODO DEL FACTOR DE
ILUMINACION NATURAL (FIN)

Diseñado para condiciones de cielo nublado.

Da información para cualquier punto en el espacio de estudio.

Sólo usa fórmulas.

No considera la orientación.

No puede tomar en consideración la iluminación debida a la radiación solar directa.

Es muy sencillo de aplicar.

Proporciona información para cualquier dimensión de los espacios.

No es necesario extrapolar o interpolar.

Es conveniente para el trazo de curvas isofotométricas en planta o alzado.

Las fórmulas no trabajan bien en distancias pequeñas, pues dan resultados sin sentido.

El patrón de distribución de luz se considera constante.

Un breve resumen de cada metodo se proporciona a continuación:

A. El método del Factor de Iluminación Natural.

Desarrollado en Inglaterra, es un método sumamente fácil de utilizar. Su principal característica es que está diseñado principalmente para condiciones de cielo nublado. Nos permite calcular el porcentaje de luz que se recibe en un punto dado dentro de un espacio como proporción de aquella que existe en el exterior. Si la iluminación del cielo cambia, la cantidad de iluminancia medida en cierto punto del espacio también cambiará, sin embargo, el factor de iluminación natural (FIN) permanecerá constante. Distintas lecturas de iluminación se registrarán en diversos puntos del espacio interior, dependiendo de su geometría y la disposición de sus ventanas. El patrón de distribución, sin embargo, permanecerá constante siempre y cuando se mantenga la condición inicial de cielo nublado.

El patrón de distribución de luz se calcula una sola vez como un porcentaje, para poder ser multiplicado posteriormente por la información de iluminación existente en el exterior, y así encontrar los niveles reales que se esperan para condiciones de mínimo, máximo o promedios en un espacio particular.

La ventaja de este concepto es que el patrón de distribución de luz en un cuarto puede ser calculado y este patrón permanecerá constante. La desventaja es que sólo trabaja (de manera sencilla) para situaciones de cielo totalmente nublado. Las condiciones de distribución y ocurrencia de la iluminación en un cielo parcialmente nublado son tan variables que hace inútil el tratar de predecir con exactitud los niveles de iluminación interior. El mismo razonamiento puede aplicarse para el caso de cielos despejados, aunque la distribución va a ser estandarizado en los estudios hechos sobre el tema; es, sin embargo, un proceso complicado debido a las múltiples condiciones de la distribución de iluminancia conforme el sol cambia de posición en la bóveda celeste, así como a los efectos de iluminación solar directa en adición a la luminancia difusa de la bóveda celeste. Los efectos de la radiación solar directa no se incluyen en el factor de iluminación natural (FIN).

El método utiliza la siguiente fórmula general para determinar la iluminación por aberturas laterales (ventanas):

$$FIN = \frac{10 \cdot W \cdot H^2}{D(D^2 + H^2)} + \frac{4 \cdot AV \cdot R}{AP(1 - R)} \quad (42)$$

donde:

FIN : Factor de Iluminación Natural
 W : Dimensión del ancho de la ventana
 H : Altura de la ventana sobre el punto de referencia
 AV : Área de ventana
 AP : Área en planta del espacio de estudio
 D : Distancia perpendicular horizontal del punto de referencia hacia la ventana
 R : Reflectancia promedio de los muros, dado en % .
 (0.50 para un cuarto claro, 0.20 para uno obscuro)

La primera parte de la fórmula calcula la cantidad de iluminación que provee la componente de la bóveda celeste; la segunda describe el comportamiento de la reflectancia interna de la luz.

Un ejemplo completo de la utilización del método de factor de iluminación natural se resolverá en la siguiente sección (14.2).

De la fórmula anterior se pueden hacer varias deducciones:

- a. De acuerdo a la fórmula, las ventanas verticales son más eficientes en cuestión de iluminación de espacios relativamente profundos debido al hecho de que la altura de la ventana aumenta al cuadrado y el ancho sólo aumenta proporcionalmente. Esto quiere decir que una ventana vertical de dimensiones específicas podrá iluminar más lejanamente (en igualdad de alturas) que una horizontal.
- b. Existe un límite en la efectividad de la fórmula. Si el denominador de la parte de la componente celeste de la fórmula involucra la distancia (D), cuando esta distancia sea cero (esto es, en un punto situado exactamente sobre la ventana), esta parte de la ecuación se vuelve infinitamente grande, por lo que el resultado final será un número infinito. De hecho esta limitante se alcanza mucho antes del límite de distancia cero, y los resultados, que se

obtienen dan datos de efectividades mayores al 100% en distancias pequeñas a la ventana. Esto, por supuesto, no es posible y debe considerarse como una limitante del método. La exactitud se logra sólo en puntos alejados de la ventana.

- c. La componente de reflectancia interna permanece constante a todo lo largo del espacio; esto es, no depende de la distancia de los puntos de referencia a la ventana.

Una vez que se ha calculado el factor de iluminación natural se multiplica por la cantidad de luz que se percibe en el exterior de la ventana. Es aquí donde empiezan los problemas. Bajo cielos totalmente nublados la iluminación se mantiene más o menos constante en todas direcciones, pero en cielos despejados varía drásticamente con el azimut de la ventana referido al del sol (algo parecido a tomar una cuenta la orientación). De cualquier manera, para una aproximación realista en circunstancias de nublados, éste método funciona bastante bien.

Es conveniente hacer algunos comentarios en la aplicación general del método.

- * Como fué diseñado primariamente para condiciones de nublado, no toma en consideración la orientación. En estas situaciones, la orientación de las ventanas no afecta drásticamente la cantidad de iluminación que ingresa a nuestro espacio.
- * El método resulta práctico para determinar las condiciones de iluminación para condiciones extremas: cielos nublados para, digamos, diciembre 21. Si el lugar está bien iluminado en esta fecha, seguramente no tendrá problemas durante el resto del año.
- * Es muy conveniente para el trazo de curvas isofotométricas, ya sea en planta o alzado. Para un lugar interior específico, los valores de las variables se introducen en la fórmula como constantes, dejando sólo que la distancia sea la única que varíe. De esta manera, los valores para distintas distancias pueden ser rápidamente calculados (de hecho, la parte de la fórmula que describe la componente de reflectancia interior permanece constante).

B. El método Lumen.

El método Lumen fue desarrollado en la Southern Methodist University de los E.U. en los años 50's bajo el patrocinio de las compañías Detroit Steel Products y Libbey-Owens-Ford Glass Co. El proceso de cálculo para determinar la iluminación interior de un espacio se basa en un proceso de interpolación de datos obtenidos por experimentación en estudios de investigación controlada. Esto quiere decir que el método se encuentra limitado al tipo general de cuarto en dimensiones, posición de ventanas, aberturas y controles que se estudiaron. Por ejemplo, el método asume que la parte superior de la ventana llega a ras del techo, mientras que el repisón inferior se encuentra en todos los casos a la misma altura que una mesa de trabajo: 90 cm. Haciendo uso del sentido común, sin embargo, estos parámetros se pueden expandir para que se acomoden a una gran variedad de diseños.

El método lumen considera que es suficiente sólo conocer la iluminación en tres puntos de nuestro espacio de estudio: uno máximo, uno mínimo y uno intermedio. Estos puntos se sitúan a una altura de 2.5 pies (76 cm) sobre el piso, centrados al eje perpendicular de la ventana.

El método considera tres fuentes principales de iluminación:

1. Radiación solar directa.
2. Iluminación reflejada del suelo al interior.
3. Iluminación del cielo.

Severa descripción de las fórmulas del método.

La iluminación en el plano de trabajo (altura 2.5 pies sobre el piso) para cada uno de los tres puntos considerados (distancias máxima, mínima e intermedia), sin considerar la componente de la radiación solar directa, se puede determinar por la siguiente relación:

$$E_p = E_c + E_s$$

(43)

donde:

E_p : Iluminacion en el punto de referencia.
 E_c : Iluminacion proveniente de la componente celeste.
 E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo.

Para determinar tanto la componente celeste como aquella reflejada por el suelo, se desglosa la formula de la siguiente manera:

$$E_p = (E_c * A * CU * K) + (E_s * A * CU * K) \quad (44)$$

donde:

E_p : Iluminacion en el punto de referencia.
 E_c : Iluminacion proveniente de la componente celeste.
 E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo.
 A : Area de transmision de la ventana.
 CU : Coeficiente de utilizacion.
 K : Factor numerico de multiplicacion.

La desventaja del metodo es que los coeficientes de utilizacion (CU) y el factor K deben ser determinados por tablas. Varias son las fuentes bibliograficas que listan este tipo de informacion. Algunas que pueden ser recomendables son: Hunter, 1984 y sobre todo, Predicting Daylight as Interior Illumination. Libbey, Owens and Ford Glass Company, 1965.

El metodo del factor de iluminacion natural (FIN) es, sin embargo, mucho mas sencillo de utilizar, por lo que se resolvera un sencillo ejemplo a continuacion.

14.2. RESOLUCION DE UN EJEMPLO.

El metodo del factor de iluminacion natural es sencillo de utilizar y proporciona resultados rapidos y suficientemente aproximados para nuestros fines de diseno. Por ello es conveniente resolver un sencillo ejemplo para clarificar su uso.

Consideremos el caso de una construccion con una sola ventana. La planta mide 8.0 * 6.0 metros, teniendo la ventana corrida en su parte longitudinal, apoyada sobre un murete, dejando 2.0 metros libres de altura para iluminacion. Las dimensiones de la abertura seran pues de 8.0 * 2.0 metros. El interior del lugar esta pintado de colores relativamente claros, por lo que podremos considerar una reflectancia de 0.50. Para modificar las condiciones de reflectancia o para conocer los datos de la misma para distintos materiales, el lector se puede referir al Apendice "E" al final de este escrito.

Nuestra tarea es determinar el porcentaje de iluminacion exterior que recibe un punto a una distancia de 5.0 metros en el interior del espacio.

El metodo utiliza la siguiente formula general para determinar la iluminacion por aberturas laterales (ventanas):

$$FIN = \frac{10 \cdot W \cdot H^2}{D (D^2 + H^2)} + \frac{4 \cdot AV \cdot R}{Ap (1 - R)} \quad (\dots 42)$$

donde:

- FIN : Factor de Iluminacion Natural.
- W : Dimension del ancho de la ventana.
- H : Altura de la ventana sobre el punto de referencia.
- AV : Area de ventana.
- Ap : Area en planta del espacio de estudio.
- D : Distancia perpendicular horizontal del punto de referencia hacia la ventana.
- R : Reflectancia promedio de los muros, dado en %.. (0.50 para un cuarto claro, 0.20 para uno obscuro)

Nuestros datos son los siguientes:

W : 8.0 m
H : 2.0 m
AV : 8.0 * 2.0 m = 16.0 m2.
Ap : 8.0 * 6.0 m = 48.0 m2.
D : 5.0 m
R : 0.50

por lo que incorporando estos valores a la formula anterior, tendríamos:

$$FIN = \frac{10 \cdot 8 \cdot 2^2}{5(5^2 + 2^2)} + \frac{4 \cdot 16 \cdot 0.5}{48(1 - 0.5)} \quad (\dots 42)$$

v resolviendo:

$$FIN = \frac{320}{145} + \frac{32}{24}$$

$$FIN = 2.20 + 1.33$$

$$FIN = 3.53 \%$$

En este ejemplo nuestro punto de referencia obtiene el 2.2 % de la iluminacion exterior de la componente de la boveda celeste, mientras el 1.33 % lo integra la reflexion interna del lugar. El total de iluminacion para un punto situado a cinco metros de la ventana sera cercano al 3.5 % de la iluminacion exterior.

Que iluminacion exterior se tiene?

Evidentemente la situacion ideal para conocer la iluminacion exterior del sitio donde se va a construir nuestro proyecto es realizando lecturas por medio de algun tipo de fotometro. Esta opcion, sin embargo, puede ser dificil de lograrse, por no tener instrumentos de medicion o estar en la imposibilidad fisica de hacer las mediciones en el sitio. Existe otra forma de estimar la iluminacion exterior en dias "promedio".

La iluminacion exterior en un dia nublado puede variar entre 15,000 y 30,000 lux (1500 a 3000 fc aprox.). La figura 14.1 puede dar una idea aproximada de la cantidad de iluminacion exterior que podriamos esperar para varias condiciones. Este grafico es tan solo aproximado, pues los niveles de iluminacion no solo cambian con las condiciones de nubosidad que se encuentren, sino tambien con la epoca del ano. Algunas fuentes bibliograficas (MGI, por ejemplo) proporcionan tablas mas detalladas por mes para distintas condiciones de iluminacion exterior, mes por mes. Para efectos de nuestro ejercicio, bastara considerar el valor nominal de 30,000 lux como nuestro valor de diseno para dias nublados.

Tendremos asi que la iluminacion natural que llega a nuestro punto de referencia (a 5 metros de la ventana) sera de:

$$30,000 \cdot 0.0353 = 1059 \text{ lux.}$$

Que tan bueno es este valor? Sera suficiente para efectuar trabajo de oficina? En caso de que fuera un local de una casa habitacion, serian suficientes los niveles de iluminacion?

El Apéndice "F" muestra algunos de los niveles mínimos de iluminacion para realizar algunas faenas en diversos tipos de edificios. Ahi vemos que la mayoría de las actividades de oficina pueden ser realizadas en ese punto de estudio, a excepcion de trabajo de dibujo detallado y actividades que requieren mayor iluminacion. En el caso de la casa habitacion, 1059 lux es mas que suficiente para realizar todas las tareas domesticas habituales.

Haciendo uso de la formula, es facil construir una grafica de niveles de iluminacion para nuestro proyecto, ya sea en alzado o en elevacion. Tambien es conveniente recordar que la iluminacion es un parametro que se comporta de forma aditiva simple, es decir, que en caso de tener dos ventanas, donde sus niveles de iluminacion se traslapen, simplemente sera suficiente el hacer la suma algebraica de los niveles de iluminacion de ambas ventanas para obtener el valor total del punto en referencia.



BIBLIOGRAFIA GENERAL.

BIBLIOGRAFIA GENERAL.

- Abell, George. Exploration of the Universe.
Holt, Rinehart and Winston,
2nd Edition, New York, 1969.
- Ahmed, Syed. et al. "Total Energy Considerations for Passive Solar Strategies in Desert Climates"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Alonso, A. y Rodriguez, L. Alternativas Energéticas.
CONACYT y Fondo de Cultura Económica,
editores, primera edición, México, D.F.,
1985.
- Anderson, Bruce. The Solar Home Book.
Cheshire Books, Harrisville,
New Hampshire, 1976.
- Anderson, B.; Wells, M. Guía Fácil de la Energía Solar Pasiva.
Ediciones Gustavo Gilli. Colección
Alternativas, México, 1984.
- Andes, G.; Navvab M. "Daylighting Impacts on Fenestration Controls"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Anuario del Observatorio Astronómico Nacional 1986.
Instituto de Astronomía, Universidad
Nacional Autónoma de México, México,
D.F., 1985.
- ASHRAE 1985 Handbook of Fundamentals.
American Society of Heating,
Refrigerating, and Air-Conditioning
Engineers, Inc., Atlanta, Ga., 1985.
- Augustyn, J.R. "A Thermal and Economic Comparison of the State of the Art Passive Solar Heating Systems with Similar Methods as Commonly Employed by Cats"
Proceedings of the 4th National Passive Solar Conference, 1979, Kansas City, Missouri, International Solar Energy Society, Delaware, 1979.

- Aydinli, Sirri. "Availability of Solar Sky Radiation and Daylight"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- Bainbridge, D., et al. Village Homes' Solar House Designs.
Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979
- Banham, Reyner. La Arquitectura del Entorno Bien Clima-
tizado.
Ediciones Infinito, Buenos Aires, 1975.
- Bardou, Patrick. Sol y Arquitectura.
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981.
- Barnes, Paul R. "Roof Overhang Design for Solar Control"
Proceedings of the 4th National Passive
Solar Conference, 1979, Kansas City,
Missouri, International Solar Energy
Society, Delaware, 1979.
- Brian, H. et al. "Calculating Interior Illumination with
a Programmable Hand Calculator".
IES Annual Technical Conference 1980.
Journal of the IES, July 1981,
pp. 219-227.
- ,
"Quicklite 1: A Daylight Program for the
TI-59".
LD & A 11(6): 28-36
- ,
"Quicklite 1: New Procedure for
Daylighting Design"
Solar Age 6 (8) ; 37-47
- ,
"A Simplified Daylighting Design
Methodology for Clear Skies"
Proceedings of the 3rd. National Passive
Solar Conference, 1979,
San Jose, California, International
Solar Energy Society, Delaware, 1979.
- Brinkworth, B.J. Energía Solar Para el Hombre.
H. Blume Ediciones.
Madrid, 1981.
- Brown, G.Z. Sun, Wind, and Light.
John Wiley and Sons. New York, N.Y.,
1985.

- Brown, G.Z. et al. Insideout.
Design Procedures for Passive Environmental Technologies.
John Wiley and Sons, New York, 1984.
- Buford, P.; Douglas D. "Marketing and Technical Research: Solar Users in Arkansas"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Butti, & Perlin. A Golden Thread.
Van Nostrand Reinhold, New York, 1980.
- Calculation of Daylight Availability.
Illuminating Engineering Society of North America, 1983 (IES RP-21).
- Camous, R. y Donald W. El Habitat Bioclimático.
Editorial Gustavo Gili, Colección Alternativas, México D.F. 1986.
- Case, F.D. "Behavioral Implications of Living with Passive Solar Homes".
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Chandra, S. "A Design Procedure to Size Windows for Naturally Ventilated Rooms"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Coe, Gigi, et al. The Home Energy Decision Book.
Sierra Club Books, San Francisco, 1984.
- Colbert, Rishi. "The Effects of Color on Human Comfort Levels, Heating and Cooling Loads, and Task Performance".
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Cook, J; Morris, S. "Evaluating a Natural Convective Air Heating System"
Passive Systems '78. American Section of the International Solar Energy Society, Inc., Delaware, 1978.

- Corominas, Joan. Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana.
Tercera Edición. Editorial Gredos.
Madrid, 1983.
- Crowther, K; Melzer B. "The Thermosiphoning Cool Pool. A Natural Cooling System"
Passive Solar State of the Art.
Proceedings of the 2nd. National Passive Solar Conference, 1978.
Philadelphia, Pennsylvania.
- Daylighting Design Tools Workshop.
(Workbook)
1983 International Daylighting Conference. Phoenix, Arizona, 1983.
- Dean, Edward T. "Graphic Methods for Determining the Solar Access Design Envelope for Sites with Irregular Topography"
Proceedings of the 4th National Passive Solar Conference, 1979. Kansas City, Missouri, International Solar Energy Society, Delaware, 1979.
- De Cicco, et al. "Heating Season Performance and Thermal Characteristics of the NCSU Solar House"
8th National Passive Solar Conference. American Solar Energy Society Inc. Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Deffis Caso, A. La Casa Ecológica Autosuficiente.
Editorial Concepto, S.A.
Mexico D.F., 1987.
- Demeter, A. et al. La Conversion Bioenergetique.
Technique et Documentation,
Paris, France, 1980.
- Duffie, J.A.; Beckman W.A. Solar Energy Thermal Processes.
John Wiley and Sons, New York, N.Y.
1974.
- Ecología, Realidad y Futuro.
Ponencias del Congreso Mundial Universitario, México D.F. del 20 al 24 de Julio de 1987.
- E.R.L. "Passive Cooling Concept: Solar Updraft and Evaporative Downdraft Chimneys"
Environmental Research Laboratory,
University of Arizona, Tucson, Az. 1985.

- Golany, Gideon. Planificación Urbana en Zonas Áridas.
Editorial Limusa, México D.F., 1984.
- Guerin, D.A. "Effects of Daylight on Interior Woods
and Wood Finishes"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Haggerty, Michael P. "Mnemonic Devices for Charting Passive
Solar Energy"
Proceedings of the 4th National Passive
Solar Conference, 1979, Kansas City,
Missouri, International Solar Energy
Society, Delaware, 1979.
- Hampton, Warren. "A Visual/Environmental Simulation Lab
for the Architecture Laboratory, Inc."
College of Architecture, University of
Arizona, Tucson, Az., 1986.
- Hawkins, Donna. Energy in Mexico.
Solar Energy Research Institute/
U.S. Department of Energy
Contract: EG-77-c-01-4042
Washington, D.C., 1980.
- Hiroshi, N.; Oki, M. "Calculation of Daylight Factor Dominated
by Intermediate Sky"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- Holmes, William. "A Comprehensive Categorization for
Passive Cooling Techniques"
Proceedings of the 4th National Passive
Solar Conference, 1979, Kansas City,
Missouri, International Solar Energy
Society, Delaware, 1979.
- Holzberlein, T.M. "Don't Let the Trees Make a Monkey of You"
Proceedings of the 4th National Passive
Solar Conference, 1979, Kansas City,
Missouri, International Solar Energy
Society, Delaware, 1979.
- Hunter, K.C. Simplification of the Luxen Input Method
for Predicting Daylight in Buildings.
Solar Energy Research Institute -
U.S. Department of Energy, 1984.
(SERI/TR- 254-1844).
- , "The Total Flux Method of Illumination
Calculations"

- General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- IES Lighting Handbook. 1981 Reference Volume.
IES (Illuminating Engineering Society)
1981.
- Instituto de Geofísica. "Boletín de Datos de Radiación Solar,
Terrestre y Parámetros Meteorológicos"
(1985)
Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.
Ciudad Universitaria, 1986.
- Izard, Jean-Louis. Arquitectura Bioclimática.
Ediciones Gustavo Gil, Mexico, 1983.
- Jenofonte. Memorabilia. (o Los Memorables).
Libro III, Cap. VIII.
- Jones, B.F. "Very, Very Simple Hand Calculations
for Daylighting".
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- Karayel, M. et al. "Zenith Luminance for Daylighting
Calculations"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- Katz, M. "Passive Solar Energy in Arizona:
Homeowners' Attitudes and Perceptions"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Kendrick, J.D. et al. "Daylight Availability in Rooms with
Different Orientations"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.
- Kreider, J.; Kreith F. Solar Heating and Cooling.
McGraw Hill Book Company,
New York, N.Y.. 1975.
- Koeningsberger, O.H.
et al. Viviendas y Edificios en Zonas
Cálidas y Tropicales.
Parainfo, S.A.. Madrid, 1977.

- Lumsdaine, M. and E. "Simple Design Calculation Procedure for Passive Solar Houses"
Passive Solar State of the Art, Proceedings of the 2nd. National Passive Solar Conference, 1978, Philadelphia, Pennsylvania.
- Manrique, J.A. Energía Solar: Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas.
 Harper and Row Latinoamericana, México D.F.. 1984.
- ,
Transferencia de Calor.
 Harper and Row Latinoamericana, México D.F.. 1984.
- Westinghouse El. Co. Manual del Alumbrado.
 Editorial Dorssat, S.A., Madrid, mediante Mediciencia Editora Mexicana, México D.F. , 1985.
 (Versión al español del Lighting Handbook hecho por Westinhouse Electric Int. Co.
- Mayers, A.C.; Way, G. "Passive Cooling Design Approaches: A Review Applicability for Hot Humid Climates"
 Proceedings of the 4th National Passive Solar Conference, 1979, Kansas City, Missouri, International Solar Energy Society, Delaware, 1979.
- Mazria, Edward. "A Design Sizing Procedure for Direct Gain, Thermal Storage Wall, Attached Greenhouse, and Roof Pond Systems"
Passive Solar State of the Art, Proceedings of the 2nd. National Passive Solar Conference, 1978, Philadelphia, Pennsylvania.
- ,
The Passive Solar Energy Book.
 Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- También publicado en español como:
El Libro de la Energía Solar Pasiva.
 Colección Alternativas, Ediciones Gustavo Gili, S.A., México D.F. 1983.
- Melaragno, M. Wind in Architectural and Environmental Design.
 Van Nostrand Reinhold, New York, 1982.

- McLain, Joan. "Size Preferences and User Reactions to Direct Gain and Indirect Gain Configurations" 8th. National Passive Solar Conference. American Solar Energy Society Inc. Santa Fe, New Mexico, 1983.
- McPhillips, Martin. Viviendas con Energía Solar Pasiva. Ediciones Gustavo Gili, S.A. de C.V. México, D.F., 1985.
- MGI Passive Solar Design Handbook. In two volumes. The MGI Management Institute, 1980 (DOE/CS-0127-1,2)
- Millet, Marietta. "Designing for Daylight: A New Prediction Technique" Passive Solar State. "Fitting an Handle a Time Lag" Passive Solar State of the Art. Proceedings of the 2nd. National Passive Solar Conference, 1978. Philadelphia, Pennsylvania.
- Morrison, J. (editor). The Complete Energy-Saving Home Improvement Guide. ARCO Publishing, Inc. New York, N.Y.. T. "Fitting an Handle and Scale on Time Lag" Passive Solar State of the Art. Proceedings of the 2nd. National Passive Solar Conference, 1978. Philadelphia, Pennsylvania.
- Morrison, J. (editor). The Complete Energy-Saving Home Improvement Guide. ARCO Publishing, Inc. New York, N.Y.. Third Edition, 1979.
- Natural Lighting. Solar Vision Publications. Harrisville. New Hampshire, 1982.
- Ne'eman, Eliyahu. "A Comprehensive Approach to the Integration of Daylight and Electric Light in Buildings". General Proceedings of the 1983 International Daylighting Conference. Phoenix, Arizona, 1983.
- Olgay, Aladar; Olgay Victor. Solar Control and Shading Devices.

Princeton University Press.
Princeton, New Jersey, 1976.

Olgay, Victor.

Design with Climate.
Princeton University Press, Princeton,
1963.

Osborn, Donald.

Solar Design Techniques for Arizona Homes.
Arizona Solar Energy Commission,
Phoenix, Arizona, 1982.
(UC-59 WSUN/147B).

Passive Solar Construction Handbook.

National Concrete Masonry Association,
Herndon, Virginia, 1984 (DE 82030748).

Passive Solar Design Handbook.

(Volume Two: Passive Solar Design Analysis).

U.S. Department of Energy, Washington,
D.C., 1980. (DOE/CS-0127/2)

Passive Solar Design Handbook.

Van Nostrand Reinhold Company,
New York, N.Y., 1984.

Peck, John F. et al.

"The Hybrid Clearview Solar collector and
Complementary Evaporative Cooling-
Performance Prediction Methodology and
Results"
Environmental Research Laboratory,
University of Arizona, Tucson Az. 1978.

Pierpoint, William.

"A Simple Sky Model for Daylight
Calculations"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Pohl, Jens G.

Building Lighting.
Educol, San Luis Obispo, California,
1982.

Predicting Daylight as Interior Illumination.

Libbey, Owens and Ford Glass Company,
1965

Puppo, E; Puppo G.A.; Puppo G.

Sol y Diseño.
Marcombo S.A., Boixareu Editores,
Barcelona, 1976.

Puppo, E.; Puppo G.

Acondicionamiento Natural y Arquitectura.
Marcombo S.A., Boixareu Editores.

Barcelona, 2a. Edición, 1979.

Recommended Practice of Daylighting.

IES (Illuminating Engineering Society)
New York, 1979.

Regional Guidelines for Building Passive Energy Conserving Homes.

U.S. Department of Housing and Urban
Development (HUD-PDR-355), 1978.

Reif, Daniel.

Reconversión Solar.

Ediciones Gustavo Gili, Mexico, 1983.

Reyes, Raúl.

"Daylighting in Architecture"
Notes for the Passive Solar Design
Workshop, University of Arizona, 1985.

-----,

Uso Pasivo de la Energía Solar.

Tesis Doctoral, UNAM, Mexico D.F. 1983.

Reynolds, John S.

"The Courtyard: Passive Cooling
Performance and Shading Variables"
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.

Robbins, C.L.

"A Simplified Method for Predicting
Energy Savings attributed to Daylighting"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Sabady, R.P.

Arquitectura Solar.

Ediciones CEAC, Barcelona, 1982.

Sain, Alvin.

"Energy Nomographs as a Design Tool for
Daylighting"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Selkowitz, S. et al.

"Design and Performance of Light Shelves"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Sellers, William D.

Climatology.

The University of Chicago Press,
Chicago, 1965.

Silvestrini, Vittorio.

Uso de la Energía Solar.

Ediciones del Serbal, Segunda Edición.

Barcelona, 1981.

Solar Dwelling Design Concepts.

Drake Publishers, Inc.
New York, N.Y., 1977

Solar Dwelling Designs.

Sterling Publishing Co., Inc.
New York, N.Y., 1980.

Spitglas, M.

"State of the Art in Scale-Model
Photometry for Evaluating Daylighting in
Buildings"
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Stickler, Darryl J.

Solar Spaces.
Van Nostrand Reinhold Company, New York,
1983.

-----,

Passive Solar Retrofit.
Van Nostrand Reinhold Company,
New York, N.Y., 1982.

Successful Passive Solar Design One.

The MGI Management Institute,
Larchmont, New York, s/f.

Szokolay, S.V.

Environmental Science Handbook for
Architects and Builders.
John Wiley and Sons, New York, N.Y.
1980.

-----,

Solar Energy and Building.
The Architectural Press, London.
Halsted Press Division,
John Wiley and Sons, New York, N.Y.,
1985.

Treado, Stephen, et al.

"Daylighting with Windows, Skylights and
Clerestories".
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Tregenza, Peter.

"Predicting Daylight from Skies of
Random Cloudiness".
General Proceedings of the 1983
International Daylighting Conference,
Phoenix, Arizona, 1983.

Tsongas, G. et al.

"Measured vs. SLR-Predicted Performance
of a Monitored Direct Gain Home".

- 8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.
- Tudela, Fernando. Ecodiseño.
Universidad Autónoma Metropolitana de
Xochimilco, Colección Ensayos, Primera
Edición, 1982.
- Universidad de Zulia. Proyecto, Clima y Arquitectura.
Vols. 1, 2, 3. Editorial Gustavo Gili,
México, 1986.
- Vitruvio, Marco. The Ten Books on Architecture.
Dover Publications, Inc. New York, 1960.
- Vivienda.
Vivienda: Necesidades Actuales de México.
Colección: Necesidades Esenciales No. 3
COPLAMAR y Siglo XXI, editores.
México D.F. 1986.
- Wade, H. et al. Passive Solar: Subdivisions, Windows,
Underground.
American Solar Energy Society.
New York, 1983.
- Watson, Donald. Designing and Building a Solar House.
Gardenway Publishing, Vermont.
Sixth Printing, 1980.
- Waugh, Albert E. Sundials: Their Theory and Construction.
Dover Publications, Inc.
New York, N.Y., 1973.
- Wilde, M. "Daylighting Design Tool Survey"
Lawrence Berkeley Laboratory.
University of California, Berkeley,
California, 1985 (DA-170).
- Wray, W; Balcomb D. "Trombe Wall vs. Direct Gain:
A Comparative Analysis of Passive Solar
Heating Systems"
Passive Solar State of the Art,
Proceedings of the 2nd. National Passive
Solar Conference, 1978,
Philadelphia, Pennsylvania.
- Wright, David. Natural Solar Architecture.
Van Nostrand Reinhold Company, New York,
1978.
- "Natural Solar Cooling"
Passive Solar State of the Art.

Proceedings of the 2nd. National Passive
Solar Conference, 1978,
Philadelphia, Pennsylvania.

Yellot, John I.

"Glass- An Essential Component in Passive
Heating Systems"
Passive Solar State of the Art,
Proceedings of the 2nd. National Passive
Solar Conference, 1978,
Philadelphia, Pennsylvania.

Zentner, M.A.

"Passive Solar Homes: Incentives for
Ownership and Satisfaction Associated
with Functional Characteristics".
8th National Passive Solar Conference.
American Solar Energy Society Inc.
Santa Fe, New Mexico, 1983.

Zwart, G.

"Design Strategies for Optimizing the
Performance of Rock Storage Beds"
Proceedings of the 4th National Passive
Solar Conference, 1979, Kansas City,
Missouri, International Solar Energy
Society, Delaware, 1979.

APENDICES.



APENDICES

- A. FACTORES DE CONVERSION.
- B. TRANSMITANCIA DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS.
- C. TABLAS DE INTENSIDAD SOLAR.
- D. COEFICIENTES DE SOMBRA.
- E. REFLECTANCIA DE ALGUNAS SUPERFICIES.
- F. NIVELES MINIMOS DE ILUMINACION.
- G. FORMULAS PRINCIPALES UTILIZADAS EN EL PRESENTE ESCRITO.
- H. CARTAS DE INTRODUCCION DE DATOS CLIMATICOS.
- I. RADIACION GLOBAL DIARIA PROMEDIO.
- J. CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO BIOCLIMATICO.
- K. EJEMPLO RESUELTO

APENDICE "A".

FACTORES DE CONVERSION.

Los factores de conversión que son exactos se indican por medio de un asterisco (*).

ft = pie.
in = pulgada.
lb = libra
gal = galón

Longitud -- m, m/s.

1 ft = 0.3048 * m
1 in = 25.4 * mm = 0.0254 m
1 milla = 1.609 344 * km
1 ft/min = 0.005 08 * m/s
1 milla/h = 0.447 04 * m/s
1 km/h = 0.277 778 m/s

Area -- m2.

1 ft2 = 0.092 903 04 * m2
1 in2 = 0.000 645 16 * m2
1 milla2 = 2.589 99 km2

Volúmen -- m3, m3/kg, m3/s
(1 litro = 10⁻³ m3)

1 ft3 = 28.316 8 litros
1 U.K. gal = 4.546 09 litros
1 U.S. gal = 3.78 44 litros
1 ft3/lb = 0.062 428 m3/kg
1 cfm = 0.471 947 litros/s
1 U.K. gpm = 0.75 768 2 litros/s
1 U.S. gpm = 0.63 090 7 litros/s
1 cfm/ft2 = 5.080 00 litros/s m2

Energía -- J = Nm = Ws .

1 kWh = 3.6 MJ
1 Btu = 1.055 06 kJ
1 Therma = 105.506 MJ
1 kcal = 4.186 8 kJ
1 Btu/lb = 2.326 kJ/kg
1 Btu/lb.F = 4.186 8 kJ/kg.C
1 Btu/h = 0.293 071 W
1 kcal/h = 1.163 W
1 hp = 0.745 700 kW
1 Ton refr. = 3.516 85 kW
1 W/ft2 = 10.763 W/m2
1 Btu/h ft2.F = 5.678 26 W/m2.C
1 Btu/h ft.F = 1.730 73 W/m.C
1 Btu/h.ft2 (F/in) = 0.144 288 W/m.C

Conversión de temperaturas.

T(K) = T (C) + 273.15

T(C) = 5/9 [T(F) - 32]

Tomado de:

Manrique, J.A.

Energía Solar.
Harper and Row Latinoamericana (Harla)
México D.F., 1984.

Duffie, J.; Beckman, W.

Solar Energy Thermal Processes.
John Wiley and Sons, New York, 1974.

APENDICE "B".

TRANSMITANCIA DE ALGUNOS MATERIALES.

(Tomado de Koeningsberger, et al. 1977)

<u>MUROS:</u>	W/m ² grado C
Ladrillo: sólido, sin aplanados 114 mm	3.64
yeso por ambos lados 114 mm	3.24
sólido, sin aplanados 228 mm	2.67
yeso por ambos lados 228 mm	2.44
Concreto ordinario, denso 152 mm	3.58
203 mm	3.18
Piedra, tipo medio, porosa: 305 mm	2.84
457 mm	2.27
Ladrillo, cámara de 208 mm, capa exterior de enlucido, partes comunes interiores enyesado interior	1.70
Ladrillo con capa aislante, envesado:	
capa de corcho de 25 mm	0.85
capa de fibra de 13 mm	1.19
placa de lana de vidrio de 50 mm	0.85
Ladrillo con 16 mm de yeso por el interior	1.47
Ladrillo con plancha rígida sobre listones por el interior:	
plancha de asbesto de 13 mm	1.19
plancha de fibra de 13 mm	0.95
plancha de paja enyesada de 50 mm	0.74
Ladrillo con bloques de concreto ligero en su capa interna:	
bloques de concreto celular de 100 mm	1.13
bloques de concreto de escorias	1.30
Bloques de concreto, cámara, 250 mm [100 + 50 + 100], enlucido exterior, enyesado interior:	
bloques de concreto celular	1.19
bloques de concreto de escorias	1.08
Bloque de concreto hueco, 228 mm, capa sencilla, enlucido exterior, enyesado interior:	
bloques de concreto celular	1.70
bloques de concreto de escorias	1.59

Láminas estriadas de cemento de asbesto sobre estructura de acero	6.53
+ capa de fibra de 13 mm	2.04
+ placa de lana de paja o vidrio de 50 mm	1.19
+ bloques de concreto celular de 75 mm	2.10

TEJADOS A DOS AGUAS.

Láminas estriadas de cemento de asbesto	7.95
+ entarimado de madera de 13 mm	2.16
+ placa de lana de paja o de vidrio de 50 mm	1.25
+ acolchonado de 25 mm sobre entarimado de 13 mm	0.85

Chapas estriadas de hierro o tejas sobre tablonas	8.52
+ techo de yeso	3.18

Tejas o pizarra sobre entarimado y fieltro con techo de yeso	1.70
--	------

Cubierta de aluminio, capa de fibra de 13 mm con dos planchas de fieltro bituminoso	2.16
---	------

Cubierta de aluminio, placa de lana de paja o vidrio de 50 mm	1.25
---	------

AZOTEAS.

Placa de concreto armado, 100 mm, 3 capas de 12 mm de fieltro bituminoso	3.35
--	------

Como la anterior - con aislamiento sobre el enrasado:	
corcho de 25 mm	1.08
placa de lana de paja o de vidrio	1.13
dos capas de fibra de 12 mm	1.25

Como en anterior, pero enrasado ligero (en vez de normal):	
concreto celular de 127 a 76 mm	1.36
concreto de escorias alveolar de 127 a 76 mm	1.47

Entarimado de 25 mm sobre juntas de 178 mm con 3 capas de fieltro bituminoso, techo de yeso	1.82
---	------

Como el anterior, con placas aislantes sobre el entarimado:	
corcho de 25 mm	0.85
plancha de fibra de 13 mm	1.25
Placa de lana de paja o vidrio de 50 mm	0.91

PISOS.

Concreto sobre terreno o relleno de grava	1.13
+ grano, terrazo o baldosa	1.13
+ bloque de madera	0.85

Entarimado sobre juntas, espacio bajo pavimento ventilado por varios lados	1.70
+ parquet, linóleo o goma	1.42

Entarimado sobre juntas, espacio bajo pavimento ventilado por varios lados	2.27
+ parquet, lino o goma	1.98
+ capa de fibra de 25 mm bajo entarimado	1.08
+ capa de corcho de 25 mm bajo entarimado	0.95
+ capa de corcho de 25 mm bajo juntas	0.79
+ capa de pasta de paja de 50 mm bajo juntas	0.85
+ revestimiento de hoja de aluminio por las dos caras	1.42

VENTANAS.

Espacio Sur, protegida: cristalera sencilla	3.97
doble cristalera, espacio de 6 mm	2.67
doble cristalera, espacio de 20 mm	2.32

Exposición Sur normal, Oeste, Suroeste y Sureste protegida:	
cristalera sencilla	4.48
doble cristalera, espacio de 6 mm	2.90
doble cristalera, espacio de 20 mm	2.50

Exposición Sur severa, Oeste, Suroeste y Sureste normal o Noroeste, Norte Noreste, Este protegida:	
cristalera sencilla	5.00
doble cristalera, espacio de 6 mm	3.06
doble cristalera, espacio de 20 mm	2.67

Exposición Oeste, Suroeste y Sureste severa, Noroeste, Norte Noreste y Este normal:	
cristalera sencilla	5.67
doble cristalera, espacio de 6 mm	3.29
doble cristalera, espacio de 20 mm	2.84

Exposición Noroeste severa: cristalera sencilla	6.47
doble cristalera, espacio de 6 mm	3.58
doble cristalera, espacio de 20 mm	3.00

Exposición Norte severa: cristalera sencilla	7.38
doble cristalera, espacio de 6 mm	3.80
doble cristalera, espacio de 20 mm	3.18

APENDICE "C".

TABLAS DE INTENSIDAD SOLAR.

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA PARA DISTINTAS LATITUDES.

Las siguientes tablas muestran los valores de soleamiento y de ganancia calorífica para una superficie vertical, según las orientaciones principales. El valor descrito como "normal" corresponde a aquella radiación directa en un plano normal al de la dirección de la fuente. La tabla no presenta los valores máximos que pueden ocurrir en un lugar dado, sino las condiciones que existen en un día "promedio" sin nubosidad. Para sitios con elevaciones altas y atmósferas sumamente claras, los valores máximos de ganancia solar calorífica pueden ser hasta 15% más altos que los datos que se tabulan. Para ambientes con fuerte grado de contaminación, así como localidades con altos índices de humedad, los valores reales pueden llegar a ser 20 o 30% menores a los que se muestran en las tablas.

Para localidades que se encuentren en latitudes intermedias, que no correspondan a las que se tomaron como base de cálculo para las tablas, se podrán deducir los valores de radiación y de ganancia calorífica por medio de interpolación lineal simple.

Las tablas están basadas en datos de ASHRAE (1985). Ellas han sido modificadas a unidades del sistema internacional e interpoladas linealmente para ajustarse a las latitudes de nuestro país por medio de un programa de computadora. Tabulaciones similares para otras latitudes se pueden realizar fácilmente con este tipo de métodos e instrumentos. La descripción detallada de las fórmulas utilizadas y de los valores asumidos para el cálculo se podrán encontrar en la fuente bibliográfica de origen, sección 27 (Fenestration), incluyendo las modificaciones a los índices de reflectancia del suelo que fueron asumidos para el cálculo ($R = 0.20$).

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA.

LATITUD = 16 GRADOS NORTE.

(W/m2)

			NORMAL	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HOR	
DIC 21	7:00	17:00	372	13	95	318	337	151	13	13	13	32	
	8:00	16:00	803	41	129	624	728	391	41	41	41	217	
	9:00	15:00	936	63	79	602	800	520	66	63	63	435	
	10:00	14:00	992	79	82	454	753	605	110	79	79	602	
	11:00	13:00	1017	88	68	230	636	652	271	88	88	702	
	12:00	12:00	1024	91	91	95	469	668	469	95	91	737	
ENE 21	7:00	17:00	444	16	139	391	397	154	15	16	16	44	
	8:00	16:00	825	44	173	662	734	359	44	44	44	249	
NOV 22	9:00	15:00	945	66	101	630	791	479	69	65	65	473	
	10:00	14:00	999	82	85	473	734	561	98	82	82	639	
	11:00	13:00	1024	91	91	243	614	611	236	91	91	743	
	12:00	12:00	1030	95	95	101	438	627	435	101	95	781	
	FEB 22	7:00	17:00	573	25	265	532	473	113	25	25	25	79
		8:00	16:00	860	54	302	728	786	243	54	54	54	318
OCT 22	9:00	15:00	961	72	202	674	734	347	72	72	72	548	
	10:00	14:00	1005	88	104	507	665	422	95	88	88	721	
	11:00	13:00	1027	101	101	261	526	469	154	101	101	828	
	12:00	12:00	1033	104	104	107	337	485	334	107	104	866	
	MAR 21	7:00	17:00	633	35	391	605	457	47	32	32	32	126
		8:00	16:00	857	63	441	753	614	110	60	60	60	378
SEP 21	9:00	15:00	942	82	343	687	621	180	82	82	82	605	
	10:00	14:00	983	98	192	520	542	239	101	98	98	778	
	11:00	13:00	1002	107	113	274	394	280	113	107	107	882	
	12:00	12:00	1008	110	113	117	217	293	214	117	113	917	
	ABR 21	6:00	18:00	44	6	38	44	25	3	3	3	3	3
		7:00	17:00	621	76	482	602	369	44	41	41	41	167
AGO 22	8:00	16:00	806	85	542	715	473	76	69	69	69	413	
	9:00	15:00	882	98	469	655	463	98	91	91	91	621	
	10:00	14:00	923	110	321	498	378	117	104	104	104	784	
	11:00	13:00	942	120	170	271	246	135	120	113	113	879	
	12:00	12:00	948	123	123	126	135	142	135	126	123	910	
	MAY 21	6:00	18:00	139	44	129	135	60	9	9	9	9	16
7:00		17:00	608	158	529	583	290	50	50	50	50	195	
JUL 22	8:00	16:00	769	164	595	677	362	79	76	76	76	425	
	9:00	15:00	844	154	539	621	343	101	95	95	95	621	
	10:00	14:00	882	148	410	473	265	117	110	110	110	772	
	11:00	13:00	901	148	249	261	164	126	120	120	123	860	
	12:00	12:00	907	145	139	132	129	129	129	132	139	889	
	JUN 21	6:00	18:00	167	63	164	161	63	13	13	13	13	22
7:00		17:00	592	195	542	564	252	50	50	50	50	202	
	8:00	16:00	750	208	611	652	312	79	79	79	79	425	
	9:00	15:00	822	198	561	599	293	98	98	98	98	611	
	10:00	14:00	860	186	441	457	221	117	113	113	113	759	
	11:00	13:00	879	180	284	258	145	126	123	123	129	844	
	12:00	12:00	885	180	158	135	129	129	129	132	158	873	

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA.

LATITUD = 20 GRADOS NORTE.

(W/m2)

			NORMAL	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HOR
DIC 21	8:00	16:00	233	8	58	198	211	95	8	8	8	19
	9:00	15:00	756	36	110	586	693	381	38	36	36	178
	10:00	14:00	910	58	69	584	797	534	61	58	58	386
	11:00	13:00	975	74	76	443	765	632	124	74	74	548
	12:00	12:00	1003	83	83	224	658	688	299	83	83	647
ENE 21	7:00	17:00	334	11	102	293	298	117	11	11	11	30
NOV 22	8:00	16:00	789	41	151	630	710	359	41	41	41	211
	9:00	15:00	926	61	87	614	794	501	65	61	61	427
	10:00	14:00	984	77	80	463	753	595	109	77	77	591
	11:00	13:00	1011	87	87	236	639	652	268	87	87	693
	12:00	12:00	1019	90	90	96	471	671	469	96	90	728
FEB 21	7:00	17:00	528	22	238	488	438	109	22	22	22	66
OCT 22	8:00	16:00	843	50	277	710	706	261	50	50	50	290
	9:00	15:00	948	69	173	665	750	383	71	69	69	515
	10:00	14:00	997	85	96	501	691	471	91	85	85	684
	11:00	13:00	1019	96	96	257	564	526	184	96	96	789
	12:00	12:00	1025	99	99	104	380	545	376	104	99	825
MAR 21	7:00	17:00	622	35	376	595	457	50	32	32	32	120
SEP 21	8:00	16:00	849	60	416	745	628	131	58	58	58	365
	9:00	15:00	936	80	306	682	647	219	80	80	80	586
	10:00	14:00	978	96	161	515	578	296	99	96	96	754
	11:00	13:00	997	106	110	271	439	359	124	106	106	851
	12:00	12:00	1003	109	110	113	260	362	257	113	110	897
ABR 21	6:00	18:00	85	13	71	83	47	5	5	5	5	8
AGO 22	7:00	17:00	630	69	479	611	384	46	43	43	43	175
	8:00	16:00	806	80	521	717	495	76	69	69	69	414
	9:00	15:00	882	96	433	655	498	110	90	90	90	617
	10:00	14:00	921	109	279	496	422	146	104	104	104	776
	11:00	13:00	940	117	148	269	290	178	120	113	113	871
12:00	12:00	945	120	121	124	161	189	159	124	121	901	
MAY 21	6:00	18:00	205	61	189	200	90	14	14	14	14	28
JUL 22	7:00	17:00	624	146	534	600	310	52	52	52	52	213
	8:00	16:00	775	142	578	682	389	80	77	77	77	436
	9:00	15:00	846	132	506	622	380	102	96	96	96	627
	10:00	14:00	882	134	367	473	307	120	110	110	110	775
	11:00	13:00	901	137	211	261	200	132	121	120	121	862
12:00	12:00	907	137	134	132	134	137	134	132	134	888	
JUN 21	6:00	18:00	236	88	228	228	93	17	17	17	17	38
	7:00	17:00	613	184	550	584	274	54	54	54	54	222
	8:00	16:00	756	183	595	660	340	82	80	80	80	441
	9:00	15:00	825	167	529	602	329	102	99	99	99	622
	10:00	14:00	862	158	398	458	261	120	113	113	113	765
	11:00	13:00	879	156	244	258	173	129	124	123	128	849
12:00	12:00	885	158	146	135	132	132	132	132	134	146	876

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA.

LATITUD = 24 GRADOS NORTE.

(W/m²)

			NORMAL	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HOR
DIC 21	7:00	17:00	95	3	22	79	85	38	3	3	3	6
	8:00	16:00	709	32	91	548	658	372	35	32	32	139
	9:00	15:00	685	54	60	567	794	548	57	54	54	337
	10:00	14:00	958	69	69	432	778	658	139	69	69	495
	11:00	13:00	989	79	79	217	680	725	328	79	79	592
	12:00	12:00	999	82	82	85	526	747	526	85	82	627
ENE 21	7:00	17:00	224	6	66	195	198	79	6	6	6	16
NOV 22	8:00	16:00	753	38	129	599	687	359	38	38	38	173
	9:00	15:00	907	57	72	599	797	523	60	57	57	381
	10:00	14:00	970	72	76	454	772	630	120	72	72	542
	11:00	13:00	999	82	82	230	665	693	299	82	82	643
	12:00	12:00	1008	85	85	91	504	715	504	91	85	674
FEB 21	7:00	17:00	482	19	211	444	403	104	19	19	19	54
OCT 22	8:00	16:00	825	47	252	693	706	280	47	47	47	261
	9:00	15:00	936	66	145	655	765	419	69	66	66	482
	10:00	14:00	989	82	88	495	718	520	88	82	82	646
	11:00	13:00	1011	91	91	252	602	583	214	91	91	750
	12:00	12:00	1017	95	95	101	422	605	419	101	95	784
MAR 21	7:00	17:00	611	35	362	586	457	54	32	32	32	113
SEP 21	8:00	16:00	841	57	391	737	643	151	57	57	57	353
	9:00	15:00	929	79	268	677	674	258	79	79	79	567
	10:00	14:00	973	95	129	510	614	353	98	95	95	731
	11:00	13:00	992	104	107	268	485	438	135	104	104	832
	12:00	12:00	999	107	107	110	302	432	299	110	107	866
ABR 21	6:00	18:00	126	19	104	123	69	6	6	6	6	13
AGO 22	7:00	17:00	639	63	476	621	400	47	44	44	44	183
	8:00	16:00	806	76	501	718	517	76	69	69	69	416
	9:00	15:00	882	95	397	655	532	123	88	88	88	614
	10:00	14:00	920	107	236	495	466	176	104	104	104	769
	11:00	13:00	939	113	126	268	334	221	120	113	113	863
	12:00	12:00	942	117	120	123	186	236	183	123	120	891
MAY 21	6:00	18:00	271	79	249	265	120	19	19	19	19	41
JUL 22	7:00	17:00	639	135	539	617	331	54	54	54	54	230
	8:00	16:00	781	120	561	687	416	82	79	79	79	447
	9:00	15:00	847	110	473	624	416	104	98	98	98	633
	10:00	14:00	882	120	324	473	350	123	110	110	110	778
	11:00	13:00	901	126	173	261	236	139	123	120	120	863
	12:00	12:00	907	129	129	132	139	145	139	132	129	888
JUN 21	6:00	18:00	306	113	293	296	123	22	22	22	22	54
	7:00	17:00	633	173	558	605	296	57	57	57	57	243
	8:00	16:00	762	158	580	668	369	85	82	82	82	457
	9:00	15:00	828	135	498	605	365	107	101	101	101	633
	10:00	14:00	863	129	356	460	302	123	113	113	113	772
	11:00	13:00	879	132	205	258	202	132	126	123	126	854
	12:00	12:00	885	135	135	135	135	135	135	135	135	879

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA.

LATITUD = 28 GRADOS NORTE.

(W/m2)

			NORMAL	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HOR
DIC 21	8:00	16:00	632	27	76	487	591	339	28	27	27	104
	9:00	15:00	847	49	54	539	772	543	52	49	49	282
	10:00	14:00	932	63	63	416	776	669	151	63	63	435
	11:00	13:00	969	72	72	208	690	745	347	72	72	529
	12:00	12:00	976	76	76	79	542	770	542	79	76	562
ENE 21	7:00	17:00	113	3	33	99	101	39	3	3	3	8
	8:00	16:00	696	33	110	551	641	342	33	33	33	137
	9:00	15:00	677	52	63	575	786	528	57	52	52	329
	10:00	14:00	950	68	69	439	778	649	132	68	68	485
	11:00	13:00	981	77	77	222	680	721	323	77	77	583
12:00	12:00	992	80	80	85	526	745	526	85	80	614	
FEB 21	7:00	17:00	417	16	180	383	351	93	16	16	16	41
	8:00	16:00	799	44	228	669	693	290	44	44	44	232
	9:00	15:00	920	63	123	641	773	444	66	63	63	441
	10:00	14:00	975	79	83	485	739	558	93	79	79	600
	11:00	13:00	1000	87	87	246	628	625	244	87	87	701
12:00	12:00	1006	90	90	96	455	650	454	96	90	734	
MAR 21	7:00	17:00	597	33	347	570	452	58	30	30	30	107
	8:00	16:00	830	55	364	726	650	173	55	55	55	334
	9:00	15:00	921	76	235	669	695	298	76	76	76	542
	10:00	14:00	965	91	112	504	646	403	95	91	91	698
	11:00	13:00	986	101	102	263	524	484	161	101	101	797
12:00	12:00	992	104	104	107	343	493	342	107	104	830	
ABR 21	6:00	18:00	167	24	137	165	95	9	8	8	8	17
	7:00	17:00	644	58	468	625	414	49	44	44	44	187
	8:00	16:00	805	74	477	717	537	85	69	69	69	411
	9:00	15:00	879	91	361	652	561	153	88	88	88	603
	10:00	14:00	917	104	200	491	504	225	104	102	102	751
11:00	13:00	934	112	120	265	380	280	123	112	112	844	
12:00	12:00	939	115	117	121	222	299	221	121	117	873	
MAY 21	6:00	18:00	323	91	295	315	148	22	22	22	22	54
	7:00	17:00	652	124	537	630	351	57	55	55	55	243
	8:00	16:00	784	106	540	690	443	83	79	79	79	454
	9:00	15:00	847	107	438	624	452	110	98	98	98	633
	10:00	14:00	882	117	282	473	392	146	110	110	110	772
11:00	13:00	899	123	153	261	279	176	124	118	118	855	
12:00	12:00	904	124	128	131	162	189	162	131	128	880	
JUN 21	6:00	18:00	359	126	340	348	148	27	27	27	27	71
	7:00	17:00	647	161	556	619	318	60	60	60	60	260
	8:00	16:00	767	135	559	671	397	87	83	83	83	466
	9:00	15:00	830	123	465	606	402	109	101	101	101	638
	10:00	14:00	863	124	313	460	345	132	113	113	113	770
11:00	13:00	879	129	176	258	241	154	128	123	124	851	
12:00	12:00	884	132	132	134	150	162	150	134	132	874	

INTENSIDAD SOLAR Y FACTORES DE GANANCIA CALORIFICA.

LATITUD = 32 GRADOS NORTE.

			NORMAL	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	HOR
DIC 21	8:00	16:00	554	22	60	425	523	306	22	22	22	69
	9:00	15:00	810	44	47	510	750	539	47	44	44	227
	10:00	14:00	907	57	57	400	775	680	164	57	57	375
	11:00	13:00	948	66	66	198	699	765	365	66	66	466
	12:00	12:00	958	69	69	72	558	794	558	72	69	498
ENE 21	7:00	17:00	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0
NOV 22	8:00	16:00	639	28	91	504	595	324	28	28	28	101
	9:00	15:00	847	47	54	551	775	532	54	47	47	277
	10:00	14:00	929	63	63	425	784	668	145	63	63	428
	11:00	13:00	964	72	72	214	696	750	347	72	72	523
	12:00	12:00	977	76	76	79	548	775	548	79	76	554
FEB 21	7:00	17:00	353	13	148	321	299	82	13	13	13	28
OCT 22	8:00	16:00	772	41	205	646	680	299	41	41	41	202
	9:00	15:00	904	60	101	627	781	469	63	60	60	400
	10:00	14:00	961	76	79	476	759	595	98	76	76	554
	11:00	13:00	980	82	82	239	655	668	274	82	82	652
	12:00	12:00	995	85	85	91	488	696	488	91	85	684
MAR 21	7:00	17:00	583	32	331	554	447	63	28	28	28	101
SEP 21	8:00	16:00	819	54	337	715	658	195	54	54	54	315
	9:00	15:00	914	72	202	662	715	337	72	72	72	517
	10:00	14:00	958	88	95	498	677	454	91	88	88	665
	11:00	13:00	980	98	98	258	564	529	186	98	98	762
	12:00	12:00	986	101	101	104	384	554	384	104	101	794
ABR 21	6:00	18:00	208	28	170	208	120	13	9	9	9	22
AGO 22	7:00	17:00	649	54	460	630	428	50	44	44	44	192
	8:00	16:00	803	72	454	715	558	95	69	69	69	406
	9:00	15:00	876	89	154	649	599	193	88	88	88	382
	10:00	14:00	914	101	124	488	542	274	104	101	101	734
	11:00	13:00	929	110	113	261	425	340	126	110	110	825
12:00	12:00	936	113	113	120	258	362	258	120	113	854	
MAY 21	6:00	18:00	375	104	340	365	176	25	25	25	25	66
JUL 22	7:00	17:00	665	113	536	643	372	60	57	57	57	255
	8:00	16:00	788	91	520	693	469	85	79	79	79	460
	9:00	15:00	847	104	403	624	488	117	98	98	98	633
	10:00	14:00	882	113	239	473	435	170	110	110	110	765
	11:00	13:00	898	120	132	261	321	214	126	117	117	847
12:00	12:00	901	120	126	129	186	233	186	129	126	873	
JUN 21	6:00	18:00	413	139	387	400	173	32	32	32	32	88
	7:00	17:00	662	148	554	633	340	63	63	63	63	277
	8:00	16:00	772	113	539	674	425	88	85	85	85	476
	9:00	15:00	832	110	432	608	438	110	101	101	101	643
	10:00	14:00	863	120	271	460	387	142	113	113	113	769
	11:00	13:00	879	126	148	258	280	176	129	123	123	847
	12:00	12:00	882	129	129	132	164	189	164	132	129	869

**APENDICE "D".
COEFICIENTES DE SOMBRA.**

Vidrio Sencillo.

<u>TIPO DE VIDRIO.</u>	<u>ESPESOR</u> (plg)	<u>NOMINAL</u> (mm)	<u>FACTOR</u>
Normal.	1/8 in	3 mm	0.86
	1/4 in	6 mm	0.78
	3/8 in	9 mm	0.72
	1/2 in	12 mm	0.67
Absorbente al Calor	1/8 in	3 mm	0.64
	1/4 in	6 mm	0.46
	3/8 in	9 mm	0.33
	1/2 in	12 mm	0.24

(ASHRAE, 1985)

APENDICE "E".

REFLECTANCIA DE ALGUNAS SUPERFICIES.

<u>COLOR</u>	<u>PORCENTAJE</u>
Blanco	80-90
Amarillo pálido, rosa	80
Beige, lila	70
Azul pálido, verde	70-75
Mostaza	35
Cafe mediano	25
Azul mediano, verde	20-30
Negro	10

REFLECTANCIAS RECOMENDADAS.

Techos	70-80
Muros	40-80
Pisos	20-40

ALBEDOS (Reflectancia en la parte de onda corta del espectro electromagnético, dada en porcentajes).

Nieve fresca	75-95
Nieve, después de días	40-70
Mar	30-40
Dunas de arena	35-45
Suelo, oscuro	5-15
Suelo, gris mediano	10-20
Suelo, gris claro	20-35
Suelo, arena seca	25-45
Concreto	17-27
Pavimento	5-10
Roca	12-15
Pasto seco	32
Pastizales verdes	3-15
Hojas verdes en árbol	25-32
Bosque tupido	5
Asfalto	15
Area urbana promedio	10

(Sellers, 1965; Olgyay, 1963)

APENDICE "F".

NIVELES MINIMOS DE ILUMINACION.

(Niveles mínimos recomendados en LUX)

OFICINAS	LUX
Lectura de textos con mucho contraste y bien impresos.	300
Tareas que no exigen una fuerte atención.	300
Salones de conferencias y de visitas.	300
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lapiz.	700
Trabajo normal de oficina.	1000
Contabilidad, dibujo.	1500
Corredores, ascensores, escaleras.	200
RESIDENCIAS.	
Tareas visuales concretas (juegos de mesa, p.e.)	300
Fregadero en cocinas	700
Lavadora y cestos de ropa	500
Tocadores, maquillaje y afeitado	500
ESCUELAS.	
Lectura de textos impresos	300
Lectura de textos a lápiz	700
Lectura de papel copia, bueno	300
Igual, más con copias malas	1000

(Mayor información en Manual del Alumbrado, Westinghouse, Editorial Dossat, 1985).

APENDICE "G".

FORMULAS PRINCIPALES EN ESTE ESCRITO.

La notación aritmética usada a continuación es la siguiente:

SIMBOLO	SIGNIFICADO
+	Suma
-	Resta
*	Multiplicación
/	División
[^] ,E	Elevar a una potencia.

SUMARIO DE FORMULAS

<u>FORMULA</u>	<u>CAPITULO</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
(1)	2.2	Humedad Relativa.
(2)	2.2	Humedad como Presión Total de Vapor.
(3)	2.2	Lev del Coseno.
(4)	2.2	Fórmulas de Fournol-Cardiegues (I). Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los rayos. en cal/cm2.min.
(5)	2.2	Fórmulas de Fournol-Cardiegues (II). Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los rayos, para alturas mayores a 15 grados, en cal/cm2.min.
(6)	2.2	Fórmulas de Fournol-Cardiegues (III). Radiaciones DIFUSAS sobre un plano horizontal en cal/cm2.min.
(7)	2.2	Fórmulas de Fournol-Cardiegues (IV). Radiaciones TOTALES (Directas más difusas) sobre un PLANO HORIZONTAL en cal/cm2.min. para una altura solar mayor de 15 grados:

(8)	2.2.	Heliofanía Relativa.
(9)	3.2	Fórmula de Dubois.
(10)	3.2	Actividad Metabólica Total.
(11)	3.2	Poder Calórico de un Material.
(12)	3.2	Ecuación General de Equilibrio Térmico.
(13)	3.2	Intercambio de Calor por Respiración.
(14)	3.2	Ecuación de Equilibrio Térmico (Modif.).
(15)	3.2	Ley de Stefan-Boltzmann.
(16)	3.2	Flujo Calorífico por Area (I).
(17)	3.2	Flujo Calorífico por Area (II).
(18)	5.2	Energía Total Interceptada por la Tierra.
(19)	5.4	Ecuación de Cooper.
(20)	5.4	Ecuaciones Polares de Posición Solar (I).
(21)	5.4	Ecuaciones Polares de Posición Solar (II).
(22)	5.4	Ecuación de Longitud del Día.
(23)	5.4	Ecuación del Coseno del Triángulo Esférico. (Ángulo de Incidencia).
(24)	6.1	Radiación Total.
(25)	6.1	Radiación Global.
(26)	6.3	Ecuación de Angstrom.
(27)	7.1	Hora Solar.
(28)	8.2	Longitud de Sombra en un Edificio (I)
(29)	8.2	Longitud de Sombra en un Edificio (II)
(30)	10.2	Longitud de Sombra en un Heliódón (I)
(31)	10.2	Longitud de Sombra en un Heliódón (II)
(32)	10.2	Distancia entre punto inicial de trazo y punto radial en un heliódón.

- (33) 12.3 Transmitancia aire a aire relacionada con la resistencia.
- (34) 12.3 Transmitancia aire a aire relacionada con la resistencia, en materiales que incorporan varias resistencias.
- (35) 12.3 Cantidad de calor que se transmite a traves de una envolvente.
- (36) 12.3 Tasa de ventilación, dados el número de renovaciones de aire por hora.
- (37) 12.3 Infiltración en una edificación.
- (38) 13.1 Ley de Wien.
- (39) 13.3 Intensidad lumínica.
- (40) 13.3 Flujo Luminoso.
- (41) 14.1 Ecuación general de los métodos de pronóstico de iluminación natural.
- (42) 14.1 Factor de Iluminación Natural.
- (43) 14.1 Fórmula general del Método Lúmen.
- (44) 14.1 Fórmula particular del Método Lúmen.

DESARROLLO DE FORMULAS
(Capítulo. Descripción, Desarrollo, Número y Simbología)

2.2 Humedad Relativa.

$$HR = HA / HS \cdot 100 (\%) \quad (1)$$

donde: HR : Humedad Relativa,
HA : Humedad Absoluta,
HS : Humedad de Saturación.

2.2 Humedad como Presión Total de Vapor.

$$PV = Pa + Pv \quad (2)$$

donde: PV : Presión Total de Vapor.
Pa : Presión que ejerce el aire seco.
Pv : Presión parcial de Vapor de agua.

2.2 Lev del Coseno.

$$Ic = Ib \cdot \cos B \quad (3)$$

donde: Ic : Intensidad en una superficie dada.
Ib : Intensidad Normal.
B : Angulo de Incidencia, a partir de la normal.

2.2 Fórmulas de Fournol-Cardiegues (I).
Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los
rayos, en cal/cm².min.

$$S = 1.13 \cdot 0.85 \wedge (1/\text{sen } h) \quad (4)$$

donde: h: altura solar.

2.2 Fórmulas de Fournol-Cardiegues (II).
Radiaciones DIRECTAS sobre PLANOS PERPENDICULARES a los rayos, para alturas mayores a 15 grados, en cal/cm2.min.

$$S = 1.10 - (0.14 / \text{sen } h) \quad (5)$$

donde: h: altura solar.

2.2 Fórmulas de Fournol-Cardiegues (III).
Radiaciones DIFUSAS sobre un plano horizontal en cal/cm2.min.

$$V = 0.44 \cdot \text{sen } h \quad (6)$$

donde: h : altura solar.

2.2 Fórmulas de Fournol-Cardiegues (IV).
Radiaciones TOTALES (Directas más difusas) sobre un PLANO HORIZONTAL en cal/cm2.min, para una altura solar mayor de 15 grados:

$$G = 1.54 \text{ sen } h - 0.14 \quad (7)$$

donde: h: altura solar.

2.2. Heliofania Relativa.

$$\text{Heliofania Relativa} = \frac{\text{Horas efectivas de sol}}{\text{Horas de luz diurna}} \quad (8)$$

3.2 Fórmula de Dubois.

$$A = 0.202 \cdot W^{0.425} \cdot H^{0.725} \quad (9)$$

donde: A : Area de piel, en m2.
W : Peso, en kilos.
H : Altura, en metros.

3.2 Actividad Metabólica Total.

$$M = M_1 (\% \text{ tiempo}) + M_2 (\% \text{ tiempo}) + M_n (\% \text{ tiempo}) \quad (10)$$

donde: M : Es la actividad metabólica total,
 M₁, M₂, M_n : Son actividades metabólicas varias.

3.2. Poder Calórico de un Material.

$$Pe = 100 \cdot CZ - 400 \quad (11)$$

donde: Pe : Poder Calórico del material, en Kcal/kg.
 CZ : Contenido de Carbono del material en %.

3.2 Ecuación General de Equilibrio Térmico.

$$(M - W) + R + C = Ev + Ir \quad (12)$$

donde: M : Energía liberada por metabolismo.
 W : Energía metabólica transformada en trabajo mecánico.
 R : Intercambio de calor por Radiación.
 C : Intercambio de calor por Convección.
 Ev: Enfriamiento evaporativo a través de la piel.
 Ir: Intercambio de calor por respiración.

donde: M sólo puede tomar valores positivos (emisión de calor), Ev y W sólo pueden representar pérdida de calor, mientras que R, C, y Ir pueden tomar valores positivos o negativos según aporten o eliminen energía del sistema. Las unidades podrán estar expresadas en cualesquiera que representen flujo calorífico (por ejemplo, kcal/h).

3.2 Intercambio de Calor por Respiración.

$$Ir = 0.0014 (34 - Te) \quad (13)$$

donde: Ir : Intercambio de calor por respiración, W/m².
 Te : Temperatura del Entorno (grados C).
 34 : Temperatura promedio de la piel (~ constante).

3.2. Ecuación de Equilibrio Térmico (Modificada).

$$(M - W) + R + C = Ev \quad (14)$$

donde: M : Energía liberada por metabolismo.
W : Energía metabólica transformada en trabajo mecánico.
R : Intercambio de calor por Radiación.
C : Intercambio de calor por Convección.
Ev : Enfriamiento evaporativo a través de la piel.

3.2 Ley de Stefan-Boltzmann.

$$R = s * T^4 \quad (15)$$

donde: R : Flujo Calorífico.
s : Constante de Stefan-Boltzmann:
4.96 x 10⁻⁸ kcal/m².hr grados K.
T : Temperatura, grados K.

3.2 Flujo Calorífico por Area.

$$R = s * e * A * T^4 \quad (16)$$

donde: R : Flujo Calorífico.
s : Constante de Stefan-Boltzmann:
4.96 x 10⁻⁸ kcal/m².hr grados K.
e : emisividad.
A : Area de estudio.
T : Temperatura, grados K.

3.2 Flujo Calorífico por Area.

$$R = s * e * A * ((Te)^4 + (Tp)^4) \quad (17)$$

donde: R : Flujo Calorífico.
s : Constante de Stefan-Boltzmann:
4.96 x 10⁻⁸ kcal/m².hr grados K.
e : emisividad.

A : Area de estudio.
Te: Temperatura del entorno, grados K.
Tp: Temperatura de la piel, grados K.

NOTAS: La transformación de grados Celsius o centígrados a Kelvin se logra fácilmente sumando 273 grados al valor dado en centígrados.

La constante de Stefan-Boltmann equivale a :
 5.67×10^{-8} , W/m².grados K(^4).

La emisividad de la piel es de aproximadamente 0.6 para la piel blanca y de 0.8 para la negra.

El área de radiación efectiva es aproximadamente un 75% del área total de piel (que puede ser calculada por medio de la fórmula de Dubois).

La temperatura externa promedio de la piel es de aproximadamente 34 grados centígrados.

5.2. Energía Total Interceptada por la Tierra.

$$\text{Energía Total Interceptada} = \text{Pi} \cdot r^2 \cdot S \quad (18)$$

donde: Pi = Constante 3.14159.....
r = radio terrestre (6.37×10^8 cm)
S = Constante Solar : 1353 W/m²
 : 1.94 kcal/min.cm².

5.4. Ecuación de Cooper.

$$D = 23.45 \text{ sen } (360 \cdot (284 + n) / 365) \quad (19)$$

donde: D : Declinación solar. en grados.
n : numero de día del año.

5.4. Ecuaciones Polares de Posición Solar (I).

$$\text{sen } A = \cos L \cdot \cos D \cdot \cos H + \text{sen } L \cdot \text{sen } D \quad (20)$$

donde: A : Altitud Solar,
AZ : Azimut Solar,
L : Latitud del observador,
D : Declinación solar, en grados,
AH : Angulo Horario, en grados.

5.4. Ecuaciones Polares de Posición Solar (II).

$$\text{sen } AZ = \cos D \cdot \text{sen } AH / \cos A \quad (21)$$

donde: A : Altitud Solar,
AZ : Azimut Solar,
D : Declinación solar, en grados,
AH : Angulo Horario, en grados.

5.4. Ecuación de Longitud del Día.

$$Td = 2/15 \cos^{-1} (-\tan L \cdot \tan D) \quad (22)$$

donde:

Td : longitud del día, en horas,
L : Latitud del lugar del observador,
D : Declinación solar, en grados.

La expresion " \cos^{-1} " equivale a "arcocoseno".

5.4. Ecuación del Coseno del Triángulo Esférico.
(Angulo de Incidencia).

$$\text{Cos } AI = \cos CH \cdot \cos CV \quad (23)$$

donde:

AI : Angulo de Incidencia,
CH : Componente Horizontal,
CV : Componente Vertical (Altitud Solar)

6.1. Radiación Total.

$$R_t = Q + q \quad (24)$$

donde:

R_t : Radiación total.
 Q : Radiación total Directa.
 q : Radiación total Difusa.

6.1. Radiación Global.

$$R_g = Q_v + q \quad (25)$$

donde:

R_g : Radiación global sobre una sup. horizontal.
 Q_v : Componente vertical de la radiación directa.
 q : Radiación total Difusa.

6.3. Ecuación de Angstrom.

$$H = H_c (a + b n/N) \quad (26)$$

donde:

H : Radiación promedio sobre una superficie horizontal.
 H_c : Radiación promedio sobre una superficie horizontal,
en condiciones de cielo despejado.
 n : número de horas de soleamiento diario promedio.
 N : Número máximo de horas diario (long. del día).

7.1. Hora Solar.

$$\text{Hora Solar} = \text{Hora Oficial} + E + 4 * (Lst - Lloc) \quad (27)$$

donde:

E : Ecuación del Tiempo.
 Lst : Longitud estandard de la zona horaria.
 $Lloc$: Longitud de la localidad en cuestión.

8.2. Longitud de Sombra en un Edificio (I)

$$\tan A = H / LS \quad (28)$$

donde:

A : Altitud solar,
H : altura del edificio,
LS: longitud de la Sombra en planta.

8.2. Longitud de Sombra en un Edificio (II)

$$LS = H / \tan A \quad (29)$$

donde:

A : Altitud solar,
H : altura del edificio,
S : longitud de la Sombra en planta.

11.2. Longitud de Sombra en un Heliódón (I)

$$S = \text{altura del marcador} / \tan A \quad (30)$$

donde:

S : longitud de la Sombra proyectada,
A : Altitud solar sobre la horizontal.

11.2. Longitud de Sombra en un Heliódón (II)

$$S = \text{altura del marcador} * \cotan A \quad (31)$$

donde:

S : longitud de la Sombra proyectada,
A : Altitud solar sobre la horizontal.

- 11.3. Distancia entre punto inicial de trazo y punto radial en un heliodón.

$$x' = \text{altura del gnomon} / \tan L \quad (32)$$

donde:

x' : es la longitud del punto radial, tomada a partir del punto inicial de trazo del heliodón.
 L : Latitud geográfica considerada.

- 12.3 Transmitancia aire a aire relacionada a la resistencia.

$$U = 1 / R \quad (33)$$

donde:

U es la transmitancia aire a aire,
 R es la resistencia.

- 12.3 Transmitancia aire a aire relacionada a la resistencia, en materiales que incorporan varias resistencias:

$$U = 1 / \text{Sumatoria de las resistencias} \quad (34)$$

donde:

U es la transmitancia aire a aire, $W/m^2.C$
y la sumatoria de las resistencias se da en $m^2.C/W$.

- 12.3 Cantidad de calor que se transmite a través de una envolvente:

$$Q = U \cdot A \cdot (T_e - T_i) \quad (35)$$

donde:

Q : Cantidad de calor que gana o se pierde una edificación, en watts.
 U : Transmisividad aire a aire, $W/m^2.C$.
 A : Area, expresada en m^2 .
 T_e : Temperatura exterior del aire, grados C.
 T_i : Temperatura interior del aire, grados C.

12.3 Tasa de ventilación, dados el número de renovaciones de aire por hora.

$$V_e = N \cdot \text{Volúmen de la habitación} / 3600 \quad (36)$$

donde:

V_e : tasa de ventilación, m³/s
 N : número de renovaciones de aire/h
3600 : número de segundos en una hora.

12.3 Infiltración en una edificación.

$$Q_v = 1300 \cdot V_e \cdot (T_e - T_i) \quad (37)$$

donde:

Q_v : Flujo calorífico por ventilación, en watts.
 V_e : tasa de ventilación, m³/s
($T_e - T_i$) : Diferencial térmico de temperaturas exteriores e interiores, grados C..op

13.1 Ley de Wien.

$$l_{\text{max}} = 2897 / T \quad (38)$$

donde:

l_{max} : longitud de onda máxima, en micras.
 T : temperatura de la fuente, en grados Kelvin.

Nota: Grados Kelvin = grados Celsius + 273.
Multiplicando el resultado en micras por 1000 obtenemos nanómetros).

13.3 Intensidad como resultado de la iluminación y la distancia:

$$I = E \times D^2 \quad (39)$$

donde: I = Intensidad luminosa, en candelas.
 E = Nivel de iluminación, en lux.
 D = Distancia a la fuente, en metros.

13.3 Flujo luminoso.

$$F = E \times S \quad (40)$$

donde: F = Flujo luminoso, en lumens.
E = Nivel de iluminación, en lux.
S = Superficie, en metros

14.1 Ecuación general de los métodos de pronóstico de iluminación natural.

$$E_p = E_c + E_s + E_d \quad (41)$$

donde:

E_p : Iluminación en el punto de referencia.
E_c : Iluminación proveniente del cielo.
E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo.
E_d : Igual a la anterior, proveniente de radiación solar directa.

14.1 Factor de Iluminación Natural.

$$FIN = \frac{10 \cdot W \cdot H^2}{D (D^2 + H^2)} + \frac{4 \cdot AV \cdot R}{AP (1 - R)} \quad (42)$$

donde:

FIN : Factor de Iluminación Natural.
W : Dimension del ancho de la ventana.
H : Altura de la ventana sobre el punto de referencia.
AV : Area de ventana.
AP : Area en planta del espacio de estudio.
D : Distancia perpendicular horizontal del punto de referencia hacia la ventana.
R : Reflectancia promedio de los muros, dado en %.. (0.50 para un cuarto claro. 0.20 para uno obscuro)

14.1 Fórmula general del Método Lúmen.

$$E_p = E_c + E_s \quad (43)$$

donde:

E_p : Iluminación en el punto de referencia.
 E_c : Iluminación proveniente de la componente celeste.
 E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo.

14.1 Fórmula particular del Método Lúmen.

$$E_p = (E_c \cdot A \cdot CU \cdot K) + (E_s \cdot A \cdot CU \cdot K) \quad (44)$$

donde:

E_p : Iluminación en el punto de referencia.
 E_c : Iluminación proveniente de la componente celeste.
 E_s : Igual a la anterior, pero proveniente del suelo.
 A : Área de transmisión de la ventana.
 CU : Coeficiente de utilización.
 K : Factor numérico de multiplicación.

APENDICE "H".

CARTAS DE DATOS CLIMATICOS.

DATOS CLIMATOLOGICOS	Lugar	
Fuente :	Latitud	Longitud
Periodo :	Altitud	mts sobre niv mar

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
INSOLACION													
Horas día	13												
	12												
	11												
	10												
Max. Posible	9												
	8												
Media	7												
	6												
	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
% de lo posible													

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
RADIACION SOLAR													
cal/cm ² día	900												
	800												
	700												
Media	600												
	500												
	400												
	300												
	200												
	100												

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
PRECIPITACION													
mm/mes	260												
	240												
	220												
	200												
	180												
	160												
	140												
	120												
Media total	100												
	80												
	60												
	40												
	20												
	0												
Max en 24 h													

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
EVAPORACION													
mm/mes	260												
	240												
	220												
	200												
	180												
	160												
	140												
	120												
Media total	100												
	80												
	60												
	40												
	20												
	0												

DATOS CLIMATOLOGICOS

Fuente:
Período:

Lugar:

Latitud:

Altitud:

Longitud:
ms. sobre el mar:

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
TEMPERATURA °C													
Max. Abs.													
Max. Med.													
Media													
Min. Med.													
Min. Abs.													

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
HUMEDAD RELATIVA %													
Max. Med.													
Media													
Min. Med.													

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
PRESION DEL VAPOR mm Hg													
Max. Med.													
Media													
Min. Med.													

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	AÑO
VIENTO m/s													
Vel. Max.													
Dirección													

DATOS CLIMATOLOGICOS

Fuente:
Período:

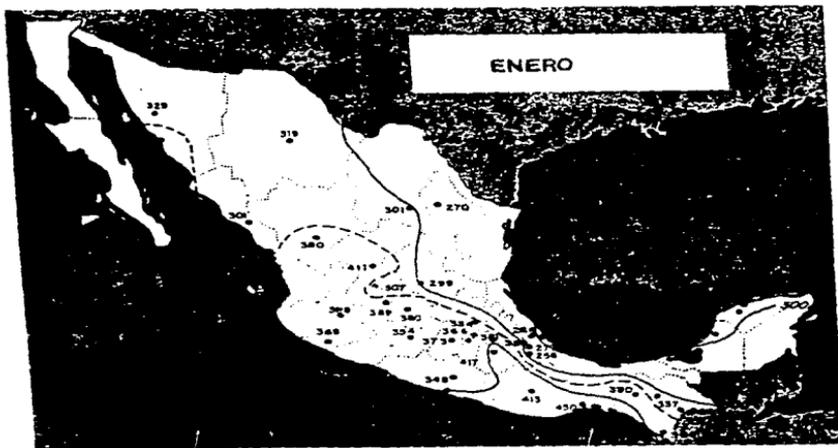
Lugar:
Latitud:
Altitud:
ms. sobre niv. mar

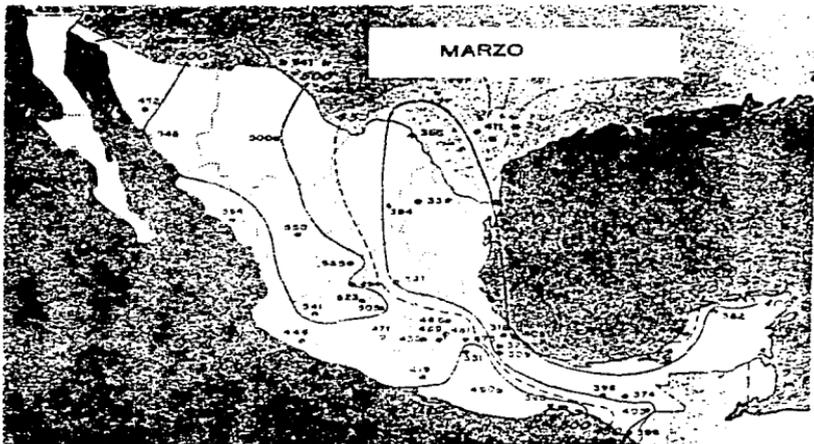
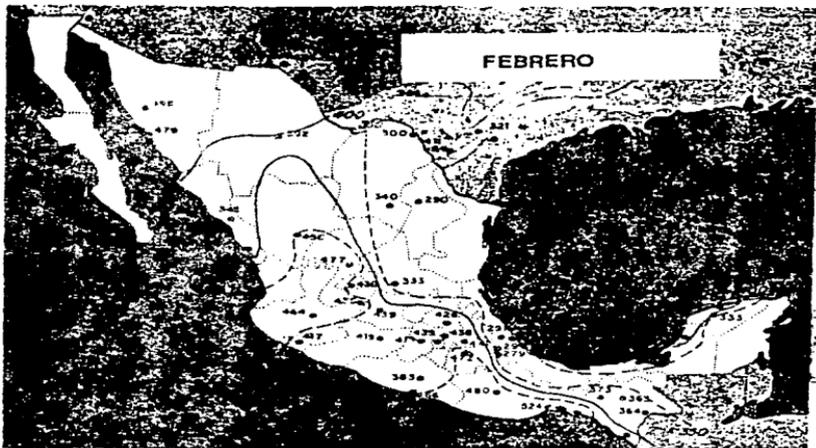
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANO
TEMPERATURA °C	Max. Abs.													
	Max. Media													
	Media													
	Mín. Media													
	Mín. Abs.													
Amplitud M.														
HUMEDAD RELATIVA %	Max. Media													
	Media													
	Mín. Media													
PRESION VAPOR mm Hg	Max. Media													
	Media													
	Mín. Media													
VIENTO m/s	Vel. Máxima													
	Dirección													
	Vel. Media													
	Dirección													
INSOLACION %	horas Pos.													
	horas Media													
RADIACION	Max. Abs. Di.													
	Media													
	Mín. Abs. Di.													
PRECIPITACION mm. 24h	Total													
	Máx. Abs. T.													
EVAPORACION Mm. Abs.	Total													
	Máx. Abs.													
OBSERVACIONES														

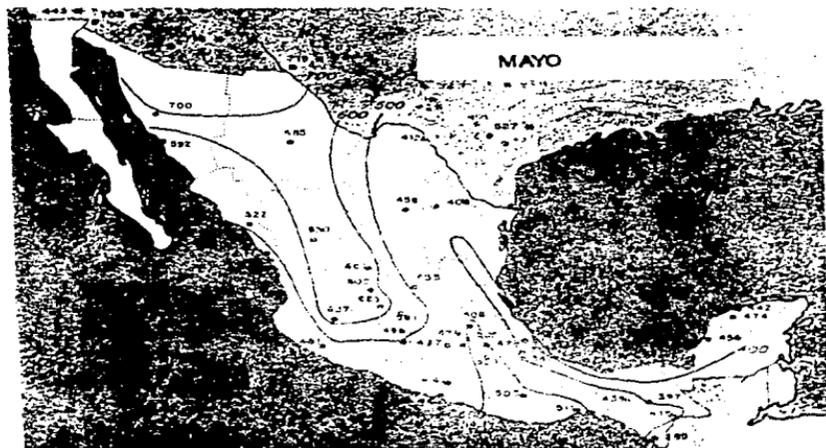
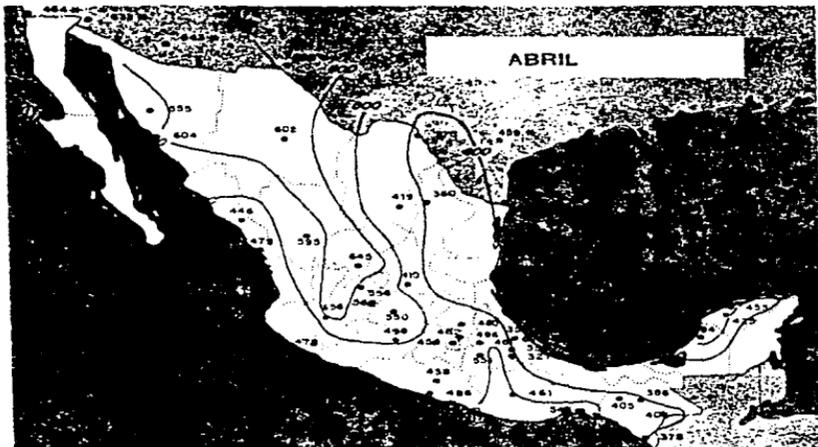
APENDICE "I".
RADIACION GLOBAL DIARIA PROMEDIO

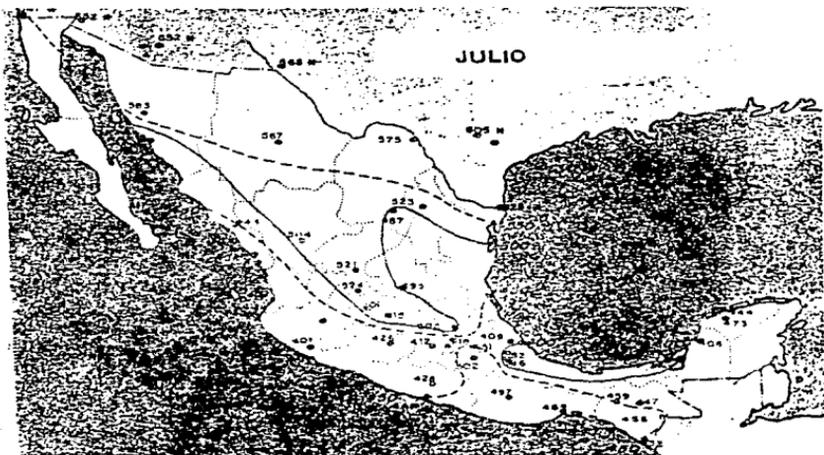
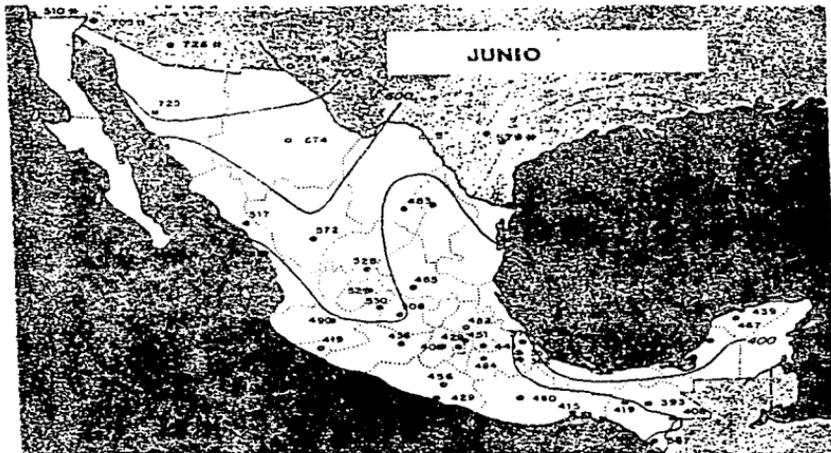
Mapas de la república mexicana mostrando la radiación global diaria promedio para los meses del año, así como la medidas anuales, expresadas en cal/cm².día. Tomado y adaptado de Energía Solar. Fundamentos y Aplicaciones Fototérmicas, por José A. Manrique. Editorial Harla, 1984.

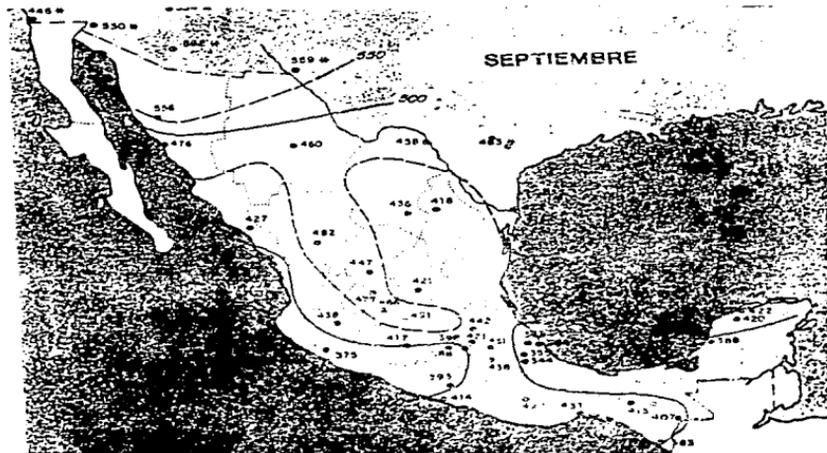
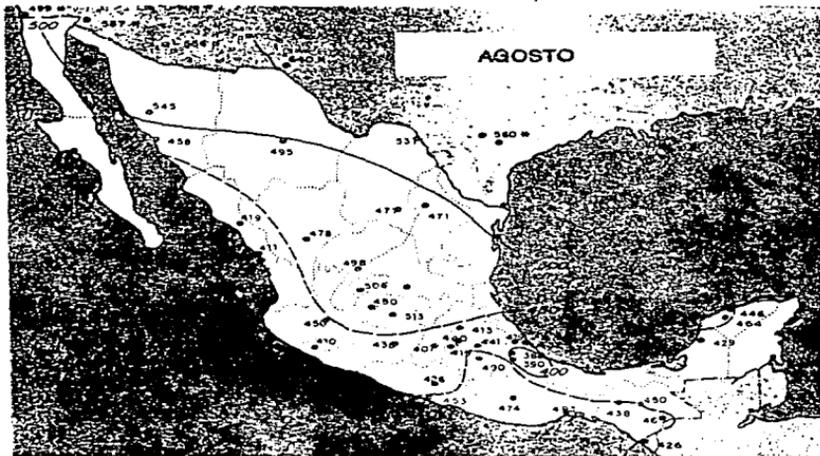
Se observa que la península de Baja California, la costa occidental y la parte de la península de Yucatán son las zonas más favorecidas con la radiación solar. De una extensión territorial de aproximadamente 2.000.000 km², casi 40% del país recibe más de 500 cal/cm².día (20.93 MJ/m².día).

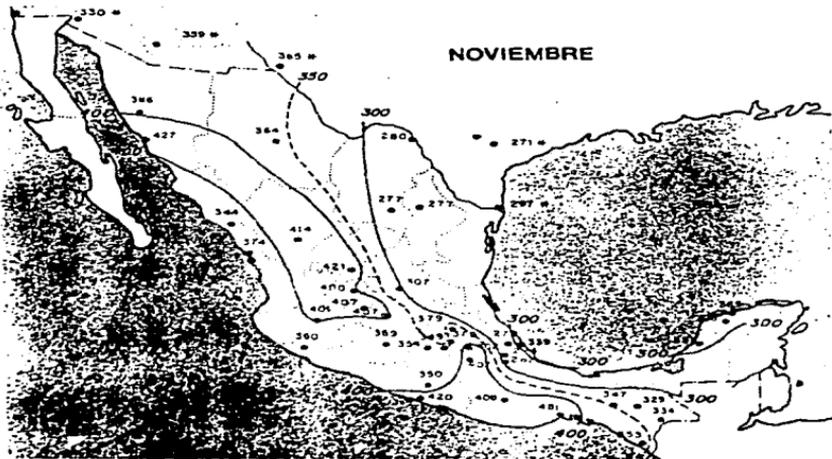
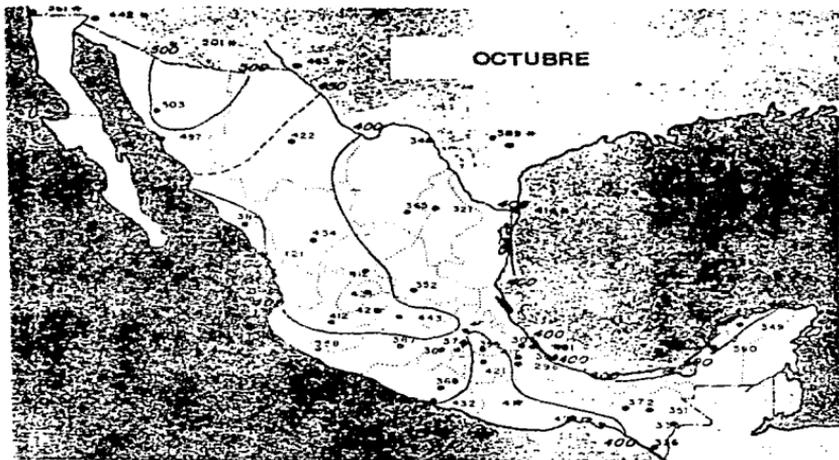


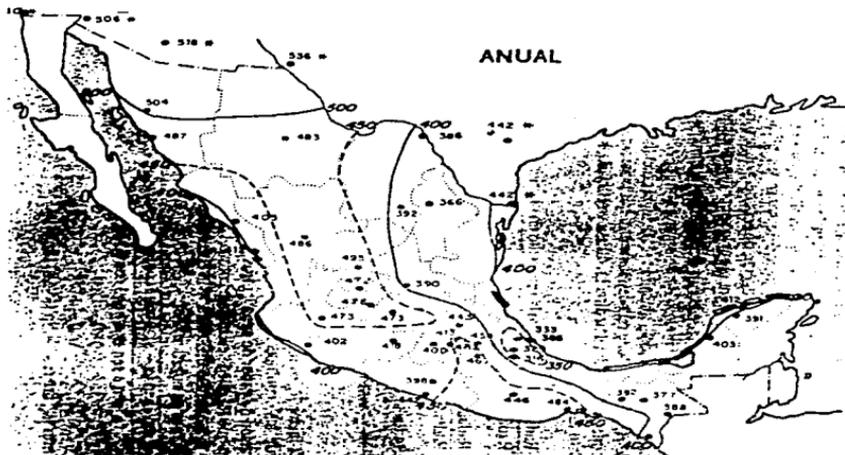
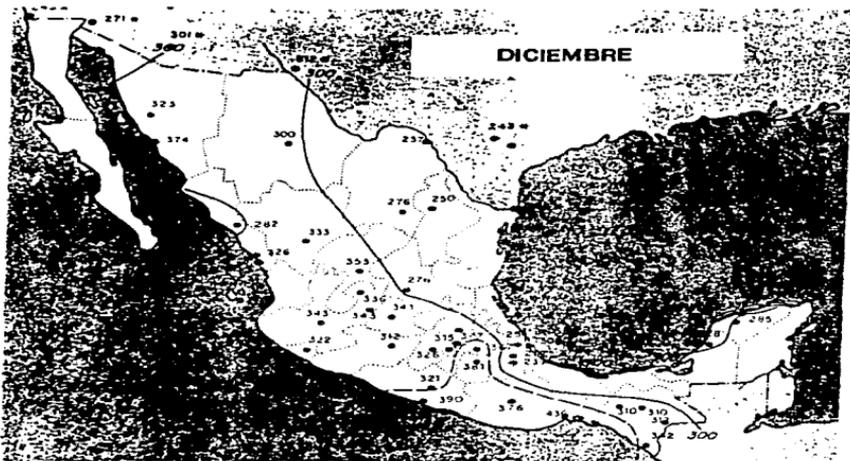












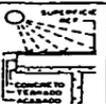
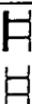
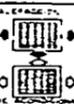
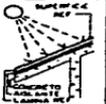
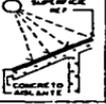
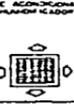
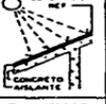
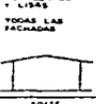
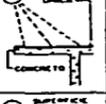
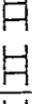
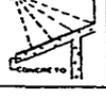
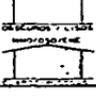
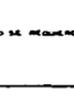
APENDICE "J".

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO BIOCLIMATICO

LOCALIDAD	CONDICIONES DE PROYECTO URBANO				CLIMA
	FORMA DE LOTES, TRAZO Y ORIENTACION DE MANIZANAS	MEJOR ORIENTACION PARA VIVIENDA	ACCESOS PEATONALES	COLINDANCIAS LATERALES	
• ED. AJAZEC, EMH • SALTILLO	 0° ESE	 55°	ANGOSTOS SEPARADOS VERBAJ DE 5 METROS ANCHO P.C.	MUJAO A MUJAO 	MUY SECO EXTREMOSO
• HERMOSILLO, SON. • ED. ORACION • GUAYMAS • CAJONCA • REYNOSA • N. LAREDO • LOS MOLINS • MEXICALI • MARIATE • SAN MIGUEL	 0° ESE	 33°	ANGOSTOS SEPARADOS 	MUJAO A MUJAO 	MUY SECO MUY CALIDO
• CUIJACAN, SAN. • LA PAZ • TEOCAN • APATZITCAN • CABO SAN LUCAS	 0° ESE	 33°	ANGOSTOS SEPARADOS 	ESPACIAMIENTO PEQUENO 	SEMISECO MUY CALIDO
• VERACRUZ, VER. • OJEA NECA • TUMPAH • TANCUMALA • PUERTO VELLANTA	 0° ESE	 45°	ANGOSTOS SEPARADOS 	MUJAO A MUJAO 	CALIDO SUBRIZOSO
• TOLUCA, MEX. • TLASCALA • APZECO	 0° SE	 30°	ANGOSTOS DE 5 METROS 	SEPARADOS 	SEQUEO TEMPALCO SUBRIZO TEMPALCO MEDIO (TEMPALCO) TEMPALCO SUBRIZO (TEMPALCO)
• O. F. • GUADALAJARA • PUEBLA • SANCTO • TEOCAN • GUANAJUATO • CT. TAMPICO • CUERNAVACA • MORELIA • TULCAN • SAN JUAN DEL RIO	 0° ESE	 33°	ANGOSTOS DE 5 METROS 	SEPARADOS 	SEQUEO TEMPALCO SUBRIZO TEMPALCO MEDIO (TEMPALCO) TEMPALCO SUBRIZO (TEMPALCO)

DISPOSITIVOS DE PROTECCION Y GANANCIA SOLAR							CLIMA
PROTECCIONES NATURALES EN EXTREMOS	MATIZ INTERIOR	TRASA LUZES	ALEROS	BALCONES	RENETAMIENTOS	QUEBRASOLES VERTICALES	
							MUY SECO EXTREMOSO
							MUY SECO MUY CALIDO
							SEMISECO MUY CALIDO
							CALIDO SUBHUMIDO
							SEMISECO TEMPERADO SUBHUMIDO MEZ (SEMIFRIO)
							SEMISECO TEMPERADO SUBHUMIDO MEZ (SEMIFRIO)

CONDICIONES DE PROYECTO DE EDIFICACION					CLIMA
CONFIGURACION	SOLUCION A FACIADA ORIENTADA A LA OPTIMA	TIPO DE TECHUMBRE	MEJOR UBICACION DE SERVICIOS	ALTURA DE PISO A TECHO	
	<p>ACCESO SOLAR POR EL TECHO</p>	<p>PLANO</p> <p>PLANO</p> <p>DOS AGUAS</p>			MUY SECO EXTREMOSO
	<p>SUFICIENTE ESPACIO PARA EL PASAJE ENTRE LAS UNIDADES</p>	<p>PLANO</p> <p>ABOVEDADO</p> <p>DOS AGUAS</p>			MUY SECO MUY CALIDO
	<p>SUFICIENTE ESPACIO PARA EL PASAJE ENTRE LAS UNIDADES CON PLANTACION COMPENSADA</p>	<p>DOBLES</p> <p>PLANO</p> <p>DOS AGUAS</p>			SEMISECO MUY CALIDO
	<p>SUFICIENTE ESPACIO PARA EL PASAJE ENTRE LAS UNIDADES CON PLANTACION COMPENSADA</p>	<p>COBLE</p> <p>PLANO</p> <p>DOS AGUAS</p>			CALIDO SUBCALIDO
		<p>PLANO</p> <p>PLANO</p>			SEMISECO TEMPERADO SUBCALIDO (SEMIFRIO)
		<p>PLANO</p> <p>PLANO</p>			SEMISECO TEMPERADO SUBCALIDO (SEMIFRIO)

PROCEDIMIENTOS Y MATERIALES					EQUIPO AUXILIAR DE ACONDICIONAMIENTO	CLIMA
TECHUMBRE Y AISLAMIENTO TERMICO	MUROS Y AISLAMIENTO TERMICO	PISOS	COLORES Y TEXTURAS EN EXTERIORES			
 <p>SUPERFICIE REF. CONCRETO ACABADO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>APL. AISL. NTO. TERMICO</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	MASIVOS	<p>SSD</p> <p>GRIS / LISO</p> <p>NO SE PINTA</p> 	<p>CALEFACCION</p> 	MUY SECO EXTREMOSO	
 <p>SUPERFICIE REF. CONCRETO ACABADO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>APL. AISL. NTO. TERMICO</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	<p>APL. AISL. NTO. TERMICO PLANT. TALL.</p> <p>MASIVOS</p> 	<p>MUY CLAROS Y RUGOSOS</p> <p>TODAS LAS FACEDAS</p> 	<p>APL. ACONDICIONADO + PLANT. TALL.</p> 	MUY SECO MUY CALIDO	
 <p>SUPERFICIE REF. CONCRETO ACABADO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>APL. AISL. NTO. TERMICO</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	MASIVOS	<p>MUY CLAROS Y RUGOSOS</p> <p>TODAS LAS FACEDAS</p> 	<p>APL. ACONDICIONADO + PLANT. TALL.</p> 	SEMI SECO MUY CALIDO	
 <p>SUPERFICIE REF. CONCRETO ACABADO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>APL. AISL. NTO. TERMICO</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	MASIVOS	<p>MUY CLAROS Y LISOS</p> <p>TODAS LAS FACEDAS</p> 	<p>APL. ACONDICIONADO</p> 	CALIDO SUPLIMOSO	
 <p>SUPERFICIE ONDICA CONCRETO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	MASIVOS PROCEDIM. QUE RECIBAN SOL. EN LA T.	<p>NO SE</p> <p>MUY GRIS Y LISOS</p> 	<p>CALEFACCION</p> 	SEMI SECO TEMP. SUPL. MEDIO (SEFERO)	
 <p>SUPERFICIE REF. CONCRETO</p>	<p>EXTERIORES MASIVOS</p> <p>INTERIORES MASIVOS</p> 	MASIVOS	<p>SSD</p> <p>GRIS / LISO</p> <p>NO SE PINTA</p> 	<p>NO SE REQUERIE</p> 	SEMI SECO TEMP. SUPL. MEDIO TEMP. SUPL. MEDIO	

VENTANAS Y ABERTURAS			UBICACION DE GUARDARRO. PA	CLIMA
VENTANAS F. PRINCIPAL F. POSTERIOR	VENTANAS F. LATERAL DER. F. LATERAL IZQ.	VENTILACION		
		<p>CANALIZACION</p>  <p>INDICIA SIFONICA</p>  <p>INDICIA SIFONICA</p> 		MUY SECO EXTREMOSO
		<p>INDICIA SIFONICA</p>  <p>TUBERIA SIFONICA</p> 		MUY SECO MUY CALIDO
		<p>INDICIA SIFONICA</p>  <p>TUBERIA SIFONICA</p> 		SEMI SECO MUY CALIDO
		<p>INDICIA SIFONICA</p>  <p>DE CALIBRE DE INFLACION</p> 		CALIDO SUBHUMIDO
		<p>CANALIZACION</p>  <p>TUBERIA</p>		TEMPERADO SUBHUMIDO TEMPERADO SECO
		<p>CANALIZACION</p> 		SEMI SECO TEMPERADO SUBHUMIDO TEMPERADO SECO

APENDICE "K"

EJEMPLO RESUELTO

DATOS: Se pretende analizar solarmente una cabaña localizada en el estado de Chihuahua. No existen construcciones circunvecinas, pues se encuentra rodeada de bosque. Sólo algunos árboles cercanos son los objetos que pueden afectar directamente al soleamiento de nuestra construcción. Los datos generales de la cabaña son los siguientes:

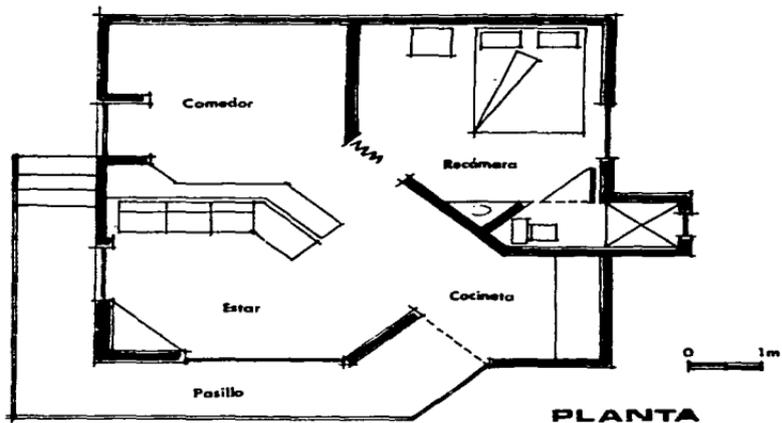
Latitud :	28°grados norte.
Fecha:	Octubre 22.
Hora:	13:30 hrs.
Dimensiones:	7.0 x 7.0 x 2.2 mts aprox.
Altura:	2.20 mts. en toda el area.
Obtáculos:	Arboles de distintas dimensiones, uno de los cuales pierde sus hojas durante el invierno.
Temp máxima:	15 grados (exterior)
Temp mínima:	5 grados (exterior)
Temp diseño:	15 grados, mínima en la noche.
	22 grados, durante el día.
Pérdida perimetral	= cero.

A. ANALISIS INTERIOR SOLAR : MASCARILLA DE SOMBRAS.

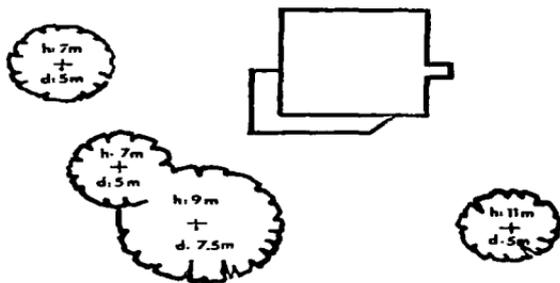
Mediante los gráficos adjuntos se podría determinar el impacto solar mediante la graficación del entorno en la gráfica solar cilíndrica. Asimismo podemos incluir en este análisis la mascarilla de sombras correspondiente.

En conveniente recordar que este análisis interior de impacto solar permite realizar un estudio para todo el año y no solo para un día y una fecha determinada.

Elegimos la ventana de la sala de estar que ve hacia el sur. Mediante el proceso analizado anteriormente conoceremos los ángulos limitantes de la mascarilla de sombras: el ángulo vertical se encuentra mediante la medición directamente del corte X-X' y que da como resultado 45 grados. La limitante horizontal se puede considerar prácticamente como nula puesto que los ángulos en planta son prácticamente equivalentes a cero.



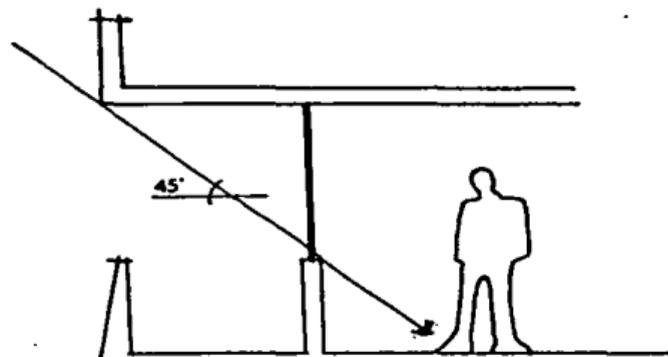
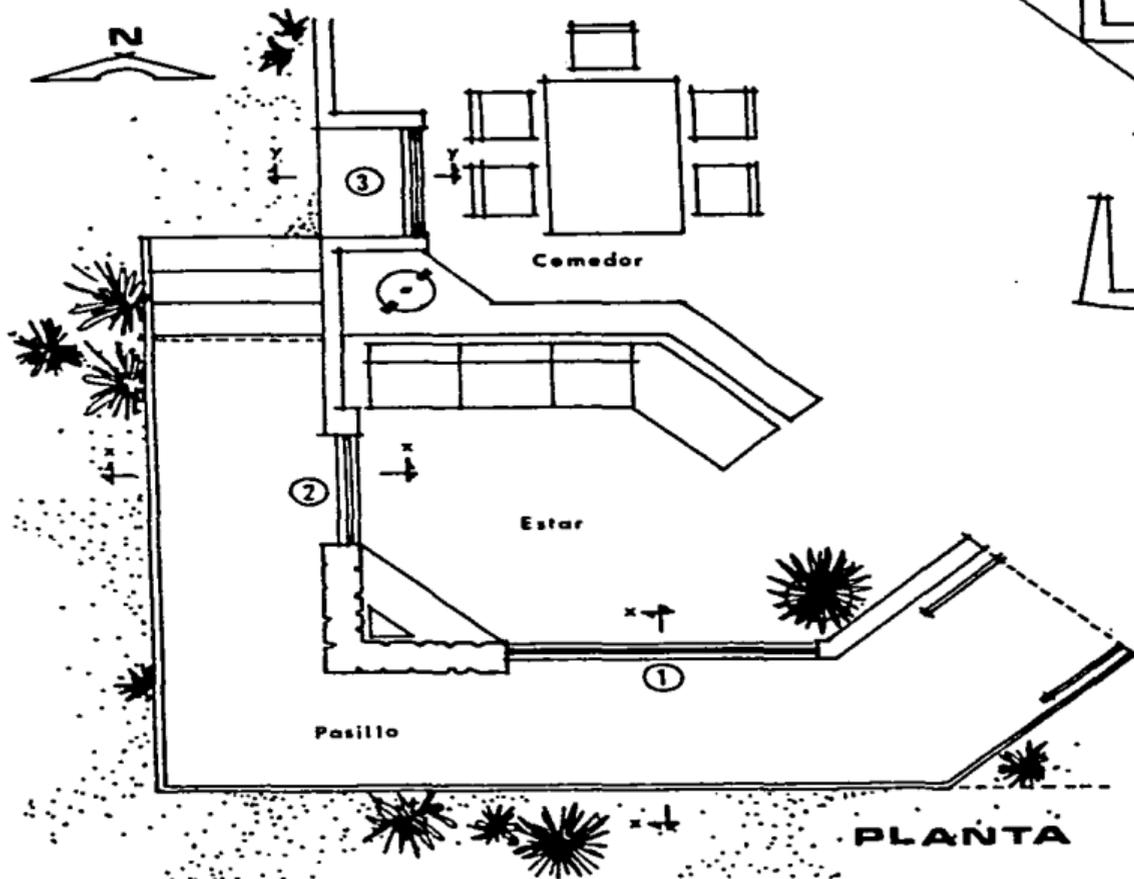
Lat 28°



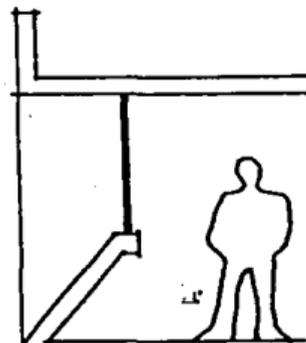
EJERCICIO

LATITUD 28° N

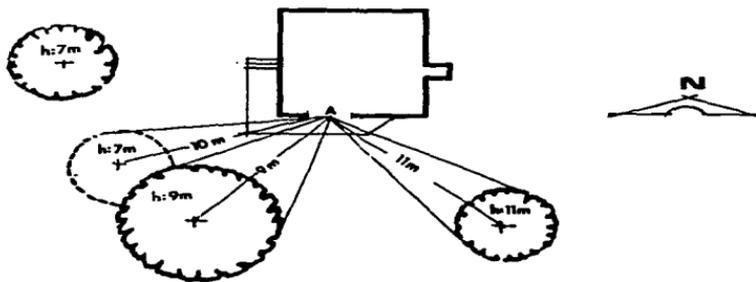
682



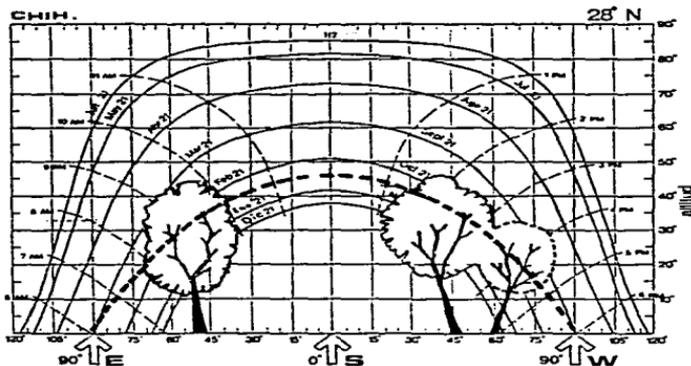
CORTE X-X'



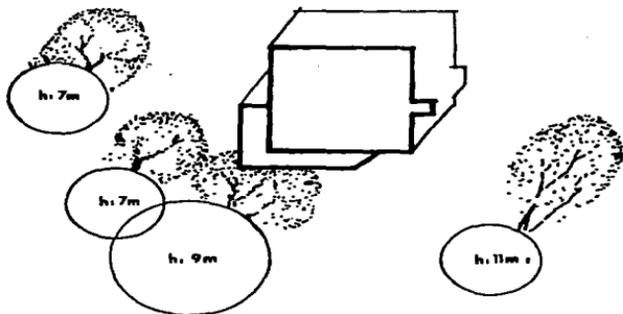
CORTE Y-Y'



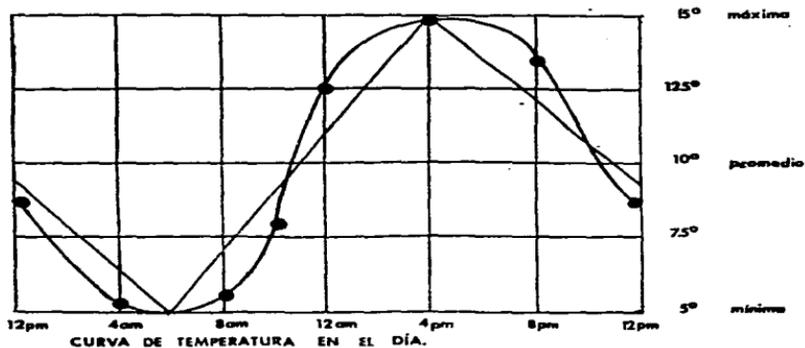
Analisis solar interior del terreno.



Gráfica solar cilíndrica mostrando el análisis solar interior desde el punto "A" (Octubre 22, 13:30 horas), adicionando la mascarilla de sombras.



Proyección de sombras en análisis solar exterior (Octubre 22, 13:30 horas).



La mascarilla de sombras resultante se puede graficar mediante una línea punteada. Vemos que para nuestra fecha de análisis siempre habrá sombra en el punto de referencia (esto nos llevará posteriormente a modificar los valores de intensidad solar en la parte correspondiente a análisis de ganancia solar).

B. ANALISIS INTERIOR SOLAR : GRAFICACION DEL ENTORNO.

Además de la mascarilla de sombra, se puede incluir sobre el dibujo la graficación del entorno. Ello nos permitirá conocer en qué fechas y a qué horas podemos recibir la radiación solar en nuestra ventana sur de la sala de estar. Para ello elegimos un punto en el centro de la ventana y a eje de muro, el cual denominaremos punto "A". Mediante el proceso ya conocido se trazan las líneas limitantes a los objetos que pueden afectar el soleamiento de nuestra ventana. A excepción del árbol que se encuentra al oeste de la cabaña (que no es visible desde el punto "A"), todos los árboles tienen una influencia en el horizonte solar del análisis interior de la ventana sur. Los árboles con follaje denso durante el año se grafican con línea continua. Aquellos que pierden sus hojas en otoño e invierno se pueden mostrar con línea punteada.

Teniendo en cuenta la altura de cada uno de los árboles y su distancia al punto "A", podemos determinar el ángulo de altitud con el cual se puede finalmente graficar en la gráfica solar cilíndrica de 28 grados norte. Recordaremos que un árbol de los considerados pierde sus hojas durante el invierno por lo cual se le dibujará con línea punteada. Con ello queda terminado el análisis interior de nuestro punto "A".

Sabemos por nuestra mascarilla de sombras que el volado siempre creará sombra en la fecha considerada. Imaginemos por un momento que no hubiera volado en nuestra construcción. Si este no existiera y no hubiera ningún tipo de obstáculo, notaríamos que la radiación solar no alcanzaría a llegar a nuestra ventana en algunas fechas bien determinadas. Como estamos en octubre 22 a las 13:30 hrs., podríamos ver en la figura que el sol proyecta sus rayos hacia la ventana libremente, pero sin embargo pocos minutos después se ocultaría tras los árboles (es decir, la sombra de los árboles alcanzaría nuestra ventana).

C. ANALISIS SOLAR EXTERIOR: PROYECCION DE SOMBRAS.

Mediante la gráfica solar cilíndrica para 28 grados norte se puede determinar la altitud y el azimut solar para octubre 21 a las 13:30 hrs. (Altitud : 45 grados, Azimut 30 grados W). Mediante funciones trigonométricas simples se puede determinar la longitud de sombra de cada uno de los elementos que intervienen en el plano de planta general. Los elementos más impactantes son, obviamente, los árboles. Al tener en ese momento una altitud solar de 45 grados, la longitud de la sombra que proyecten será igual a la de su altura total.

D. INTERCAMBIO TERMICO.

Recordemos que para el análisis básico de intercambio térmico se puede trabajar con los siguientes elementos:

- A. Intercambio por CONDUCCION.
- B. Intercambio por CONVECCION.
- C. Ganancias por RADIACION solar.
- D. Ganancias térmicas internas.

Siguiendo este proceso podemos analizar térmicamente nuestra construcción suponiéndola, para facilidad de resolución, como una sola zona (pues consideramos que la puerta de la recámara se encuentra abierta).

D.1. Diferencial Térmico.

Consideramos un día típico para nuestra fecha específica. Nuestros datos iniciales nos presentan:

Temp máxima:	15 grados (exterior)
Temp mínima:	5 grados (exterior)
Temp diseño:	15 grados, mínima en la noche. 22 grados, durante el día.

tal como se muestra en la figura correspondiente. Con ello podemos realizar la siguiente tabla:

Diferenciales de Temperatura.

<u>Hora</u>	<u>T_e</u>	<u>T_i</u>	<u>T_e-T_i</u>
Medianoche	9.5	15	-5.5
4 a.m.	5.5	15	-9.5
8 a.m.	6	15	-9.0
8 a.m.	6	22	-16.0
10 a.m.	8	22	-14.0
Mediodía	12.5	22	-9.5
2 p.m.	14	22	-8.0
4 p.m.	15	22	-7.0
4 p.m.	15	15	0.0
8 p.m.	13.5	15	-1.5

D.2. Intercambio por conducción.

El primer paso para la evaluación térmica de una construcción es asumir una envolvente. Como ya se vió anteriormente en el capítulo de intercambio térmico, se toma en cuenta la transmitancia aire-aire (U) para nuestros materiales. En este caso consideraremos:

<u>Concepto</u>	<u>U</u>
Ventanas	3.97
Muros	1.47

Por ello tendremos:

<u>Concepto</u>	<u>U</u>
Ventana # 1 Sur:	3.97
Ventana # 2 Oeste:	3.97
Ventana # 3 Oeste:	3.97
Ventana # 4 Este:	3.97
Muros (todos):	1.47

Supondremos que la pérdida perimetral (equivalente a 28 x 1.65) es insignificante debido a que nuestro edificio se construyó mediante procesos constructivos que lo minimizan dentro de lo posible (se considera como cero en este ejemplo). Podemos seguir con nuestra tabla, agregando las áreas de muros y ventanas:

Concepto	L	a	h	Area	U	Comentario
Muro norte	7	x	2.20	15.40	1.47	(sin ventanas)
Muro este	8	x	2.20	17.60	1.47	(sin ventana bano)
Ventana # 4 Este:	1	x	2.20	2.20	3.97	(piso a techo)
Ventana # 1 Sur:	2	x	1.20	2.40	3.97	
Muro sur	5	x	2.20	11.00	1.47	-
	2	x	1.00	2.00	1.47	(muros ventanas)
Ventana # 2 Oeste:	1	x	1.20	1.20	3.97	
Ventana # 3 Oeste:	1	x	1.20	1.20	3.97	
Muro este	5	x	2.20	11.00	1.47	
	2	x	1.00	2.00	1.47	(agregar muros)

Si multiplicamos los valores de áreas por el valor "U", tendremos:

Concepto	L	a	h	Area	U	A x U
Muro norte	7	x	2.20	15.40	1.47	22.63
Muro este	8	x	2.20	17.60	1.47	25.87
Ventana # 4 Este:	1	x	2.20	2.20	3.97	8.73
Ventana # 1 Sur:	2	x	1.20	2.40	3.97	9.52
Muro sur	5	x	2.20	11.00	1.47	16.17
	2	x	1.00	2.00	1.47	2.94
Ventana # 2 Oeste:	1	x	1.20	1.20	3.97	4.76
Ventana # 3 Oeste:	1	x	1.20	1.20	3.97	4.76
Muro este	5	x	2.20	11.00	1.47	16.17
	2	x	1.00	2.00	1.47	2.94

						114.49 W/C
						= 0.11 KW/C

Este valor se multiplica por los diferenciales de temperatura para finalmente colocarse en la tabla final.

<u>Hora</u>	<u>Te</u>	<u>Ti</u>	<u>Te-Ti</u>	<u>Total</u>
Medianoche	9.5	15	-5.5	-0.62
4 a.m.	5.5	15	-9.5	-1.08
8 a.m.	6	15	-9.0	-1.02
8 a.m.	6	22	-16.0	-1.82
10 a.m.	8	22	-14.0	-1.59
Mediodía	12.5	22	-9.5	-1.08
2 p.m.	14	22	-8.0	-0.91
4 p.m.	15	22	-7.0	-0.79
4 p.m.	15	15	0.0	0
8 p.m.	13.5	15	-1.5	-0.17

D.3. Infiltración.

Consideramos un número de renovaciones de aire por hora como equivalente a uno. De esta manera podemos aplicar las fórmulas antes estudiadas:

$$Ve = N \cdot \text{Volúmen de la habitación} / 3600 \quad \dots(36)$$

donde: Ve : tasa de ventilación, m³/s
 N : renovaciones de aire
 3600 : número de segundos por hora.

por lo que:

$$Vol = 7 \times 7 \times 2.20 = 107.80 \text{ m}^3$$

$$Ve = 1 \cdot 107.80 / 3600$$

$$Ve = 0.029 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una vez conocida la tasa de ventilación Ve , podemos determinar la infiltración de nuestro edificio, simplemente multiplicando el volúmen de cada zona por el calor específico volumétrico del aire (1300 J/m³.C) por el diferencial térmico (te-Ti), relación expresada como:

$$Q_v = 1300 \cdot V_e \cdot (T_e - T_i) \quad \dots(37)$$

donde: Q_v = flujo calorífico por ventilación en watts,
 V_e = tasa de ventilación, m³/s

por lo que nuestro cálculo quedaría como:

$$Q_v = 1300 \cdot 0.02 \cdot \text{grado centígrado (tomado del diferencial)}$$

por lo que podemos agregarlo a nuestra tabla final.

<u>Hora</u>	<u>Te</u>	<u>Ti</u>	<u>Te-Ti</u>	<u>Total</u>
Medianoche	9.5	15	-5.5	-0.14
4 a.m.	5.5	15	-9.5	-0.24
8 a.m.	6	15	-9.0	-0.23
8 a.m.	6	22	-16.0	-0.41
10 a.m.	8	22	-14.0	-0.36
Mediodía	12.5	22	-9.5	-0.24
2 p.m.	14	22	-8.0	-0.20
4 p.m.	15	22	-7.0	-0.18
4 p.m.	15	15	0.0	0
8 p.m.	13.5	15	-1.5	-0.03

D.4. Ganancia por radiación solar.

Estamos analizando nuestra construcción en un día despejado. La radiación solar deberá calcularse mediante la ganancia solar mostrada en el Apéndice "C", multiplicada por un factor de ajuste para vidrio sencillo de 6 mm de espesor (0.78), conforme se muestra en el apéndice "D". Con ello se puede hacer la siguiente tabla:

Ganancia por radiación solar.

Fecha: Octubre 22.

<u>Plano</u>	<u>Ganancia solar (W/m²)</u>				
Sur	290	558	650	558	290
Norte	44	79	90	79	44
Oeste	44	79	96	485	669
Este	669	485	96	79	44

con lo que podemos continuar con la multiplicación de áreas por ganancia solar:

Concepto	Area	8 am	10 am	12 am	2 PM	4 PM
Ventana # 1 Sur:	2.40	0.54	1.04	1.21	1.04	0.54
Ventana # 2 Oeste:	1.20	0.04	0.07	0.08	0.45	0.62
Ventana # 3 Oeste:	1.20	0.04	0.07	0.08	0.45	0.62
Ventana # 4 Este:	2.20	1.14	0.83	0.16	0.13	0.07

Sin embargo anteriormente habiamos notado, por medio de nuestra mascarilla de sombras, que la ventana sur se encuentra totalmente en sombra durante todo el día. Será conveniente modificar los valores de la ventana # 1 Sur por un factor de ajuste del 66%, sencillamente multiplicandolos por 0.66. Para facilitar la resolución del ejemplo, consideraremos que no existen modificaciones sustanciales para el resto de las ventanas. La tabla queda entonces de la siguiente manera:

Concepto	Area	8 am	10 am	12 am	2 PM	4 PM
Ventana # 1 Sur:	2.40	0.35	0.68	0.79	0.68	0.35
Ventana # 2 Oeste:	1.20	0.04	0.07	0.08	0.45	0.62
Ventana # 3 Oeste:	1.20	0.04	0.07	0.08	0.45	0.62
Ventana # 4 Este:	2.20	1.14	0.83	0.16	0.13	0.07
		----	----	----	----	----
		1.57	1.65	1.11	1.71	1.66

mismas que se pueden incluir en la tabla final.

D.S. Ganancias térmicas internas.

El cálculo de las ganancias térmicas internas depende de la cantidad de gente que genera calor y del equipo mecánico y de iluminación en funcionamiento en nuestro edificio. Para efectos de simplificación consideremos 0.1 KW por persona, y asumiremos 5 personas dentro de nuestro edificio, por lo que:

$$G_t = 0.1 \times 5 = 0.5 \text{ KW.}$$

D.6. Tabla final.

Con la información anterior. se puede construir la tabla final que nos permitira conocer el comportamiento de intercambio térmico de nuestro edificio.

	<u>12 PM</u>	<u>4 AM</u>	<u>8 AM</u>	<u>8 AM</u>	<u>10 AM</u>	<u>12 AM</u>
A. Conducción	-0.62	-1.08	-1.02	-1.82	-1.59	-1.08
B. Infiltración	-0.14	-0.24	-0.23	-0.41	-0.36	-0.24
C. Ganancia solar	0.00	0.00	0.00	1.57	1.65	1.11
D. Ganancia interna	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	----	----	----	----	----	----
	-0.26	-0.82	-0.75	-0.16	0.20	0.29

	<u>4 PM</u>	<u>4 PM</u>	<u>8 PM</u>	<u>12 PM</u>
A. Conducción	-0.79	0.00	-0.17	-0.62
B. Infiltración	-0.18	0.00	-0.03	-0.14
C. Ganancia solar	1.66	0.00	0.00	0.00
D. Ganancia interna	0.50	0.50	0.50	0.50
	----	----	----	----
	1.19	0.50	0.30	-0.26

ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTONICO

SINTESIS.

Las estrategias arquitectónicas para el aprovechamiento pasivo de la Energía Solar no se aplican en la mayor parte de los diseños actuales por varias razones, pero principalmente por desconocimiento del tema. Es común la idea de considerar como complejos estos aspectos. El conocer las bases fundamentales del funcionamiento físico de las edificaciones simplifica grandemente el problema. Las dudas que existen en un gran porcentaje de las personas que trabajan dentro del campo del diseño de espacios arquitectónicos sobre la eficiencia real comparada con la teórica en los proyectos que integran usos pasivos de la energía solar, son sólo consecuencias del poco conocimiento que se tiene de los aspectos de acondicionamiento natural en Arquitectura.

Se plantea la hipótesis de que complementando los métodos en la enseñanza de estrategias en el uso pasivo de la Energía Solar se podría lograr una utilización más eficiente de los recursos con que cuenta el Arquitecto.

Como consecuencia de esta hipótesis, y como una alternativa válida para solucionar el problema, surge la necesidad de compilar la información existente sobre el tema en una forma clara, sencilla y atractiva para el alumno. Para ello se presenta un somero manual donde se exponen algunas aplicaciones de los usos pasivos de la Energía Solar, específicamente enfocados al intercambio de calor en las edificaciones.

PROLOGO

Una de mis inquietudes es la de desarrollar un sistema fácil de enseñanza de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar aplicada al diseño arquitectónico. Este tema despierta gran interés en los diseñadores nacionales, que sin embargo se encuentran con el gran obstáculo de que la información es escasa, está generalmente dispersa y tiene problemas prácticos de adquisición. Aunado a esto, la información que se puede encontrar usualmente está escrita en idiomas distintos al nuestro, con aplicaciones prácticas enfocadas a sistemas constructivos distintos a los usados en México y en unidades de medición diferentes a las que se trabajan en nuestro país.

La intención primera fue la de desarrollar un manual práctico que tratara estas técnicas de manera clara y atractiva para el estudiante, resolviendo los obstáculos inherentes a las simples traducciones de bibliografía extranjera, y enfocándolo asimismo a una realidad mexicana. La tarea de recopilación, exposición e investigación, si bien resultó sumamente interesante, develó la necesidad de investigar aspectos relacionados con la docencia en nuestras instituciones de enseñanza superior. La situación de los estudiantes debía, pues, ser considerada en profundidad para tener una mejor idea del panorama en que se encuentra la docencia de temas relacionados con la energía solar. El manual primeramente considerado resultó ser consecuencia de la investigación realizada.

Surgió entonces la necesidad de organizar la investigación en dos grandes partes. La primera trata de establecer una somera visión de la situación de conocimiento, enseñanza y utilización de la energía solar pasiva en México. Para ello se hicieron estudios enfocados a determinar algunos parámetros relevantes sobre actitudes de los diseñadores y usuarios de arquitectura solar. La segunda parte incorpora lo que es propiamente el manual práctico para el conocimiento de algunas técnicas en el aprovechamiento de la energía solar pasiva.

En el desarrollo del trabajo se tuvo cuidado de tratar de hacer los temas más accesibles al interesado por medio de la incorporación al escrito de casos introductorios cuya intención principal es la de ser factores motivacionales. El impulso creativo en la Arquitectura no puede estar desligado a campos de interés cuya relación es muy cercana a ella. Asimismo se trataron de integrar ejemplos de resolución de problemas con objeto de aplicar el conocimiento de una manera práctica. En todos los casos se circunscribió el tratamiento del tema en base a sistemas de diseño y construcción mexicanos (y en general, latinoamericanos).

El presente escrito no pretende ser sino una introducción a los fundamentos de las estrategias de la utilización pasiva de la energía solar, especialmente en los campos de intercambio de calor. Se proporcionan, sin embargo, referencias bibliográficas para que los interesados puedan profundizar en cada tema específico. Si este documento llevase al lector a conocer, estudiar, o aplicar parte del conocimiento que actualmente se tiene sobre estos temas, habrá cumplido su cometido principal.

Raúl Reyes Reynoso.
Ciudad de México, 1989.

**ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR
APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTONICO.**

INTRODUCCION: METODO DE INVESTIGACION.

I. ANTECEDENTES.

A. PROBLEMAS ACTUALES DE LA ARQUITECTURA.

1. La Vivienda.
2. Aprovechamiento de Energéticos.
3. Situación Económica.

B. APROVECHAMIENTO DE LOS ENERGETICOS EN ARQUITECTURA.

1. Fuentes Alternas de Energía.
2. Enseñanza de Estrategias de Diseño Utilizando Energía Solar.
3. Situación del Estudiante.

C. BREVE RELACION HISTORICA DE LA ENSEÑANZA INSTITUCIONAL DE LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO

II. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

III. HIPOTESIS.

- A. BASES GENERALES.
- B. HIPOTESIS PRINCIPALES.
- C. HIPOTESIS SECUNDARIAS.

IV. PRUEBA DE HIPOTESIS.

A. INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA ENERGIA SOLAR EN UNIVERSIDADES, TECNOLOGICOS Y OTRAS INSTITUCIONES.

1. Planteamiento.
2. Investigación Cuantitativa de las Instituciones.
3. Conclusiones.

B. SEMBLANZA DE LA BIBLIOGRAFIA SOBRE
EL USO PASIVO DE LA ENERGIA SOLAR.

1. Planteamiento.
2. Investigación y Resultados.
3. Conclusiones.

C. ENCUESTA SOBRE ACTITUDES DE GRUPOS
RELACIONADOS CON EL CAMPO DEL DISEÑO HACIA
EL USO PASIVO DE LA ENERGIA SOLAR.

1. Planteamiento.
2. Desarrollo de la encuesta.
3. Resultados.
4. Conclusiones de la encuesta.
 - a. Presentación.
 - b. Desarrollo.
 - c. Comentarios de los encuestados.

V. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA.

- A. POSIBILIDADES.
- B. PROPUESTA DE CAMBIO A NIVEL ESCOLAR.

VII. CONCLUSION.

VIII. PROPOSICION

BIBLIOGRAFIA.

APENDICES.

- A. CUESTIONARIO PARA LA REALIZACION DE LA
ENCUESTA DE ACTITUDES HACIA LA ENERGIA
SOLAR.
- B. PROGRAMAS DE CALCULO ESTADISTICO.
- C. ENCUESTA SOBRE ACTITUDES DE GRUPOS
RELACIONADOS CON EL CAMPO DEL DISEÑO.

INTRODUCCION.

METODO DE INVESTIGACION.

La elección de una metodología de investigación no puede ser considerada como algo de poca importancia. Es evidente que la validez y la seriedad de los resultados que se obtengan tendrán que ver con el método de investigación que se utilice.

Para la obtención de un conocimiento existen varios caminos. No todos son totalmente aceptables desde el punto de vista del común de la gente, pero en general, todos se utilizan de una u otra manera, ya sea en la vida cotidiana o en el trabajo. La clasificación de métodos de conocimiento desarrollada por Charles Peirce (1) aclara dudas y es conveniente mencionarla someramente aquí, tal y como es explicada por Kerlinger (1986), de la manera que se muestra a continuación en la siguiente tabla:

METODOS DE CONOCIMIENTO. (Según Peirce)

1. Método de Tenacidad.
2. Método de Autoridad.
3. Método de Intuición (o a Priori).
4. Método Científico.

El autor describe las cuatro formas de conocimiento :

"La primera es el 'Método de Tenacidad'. En el los hombres se aferran a la verdad, una verdad que saben cierta porque la creen firmemente, porque siempre la han creído cierta. La frecuente repetición de semejantes "verdades" parece confirmar su validez. Los datos psicológicos recientes nos han demostrado que los hombres se adhieren a sus creencias frente a hechos que claramente las contradicen. Y además deducirán "nuevos" conocimientos de proposiciones que acaso sean falsas.

(1). Kerlinger, Fred N. Investigación del Comportamiento
Editorial Interamericana, 2a. Edición,
México, D.F. 1986, pp. 2-10.

El segundo método de conocimiento o de fijar una creencia es el 'Método de la Autoridad'. Es un método de creencia establecida. Si la Biblia lo dice, así debe de ser; si un afamado físico dice que Dios existe, así debe de ser. Si una idea esta respaldada por el peso de la tradición y de la sanción pública, será cierta. Este método, señala Peirce, es superior al de tenacidad porque el progreso humano, aunque lento, puede alcanzarse por medio de él. En realidad, la vida no sería posible sin el método de autoridad, pues muchas de las cosas que debemos de aceptar se fundan en él. En consecuencia, no debe llegarse a la conclusión de que es deficiente, sólo lo es en determinadas circunstancias.

El 'Método a Priori' es la tercera forma de conocer o fijar una creencia (Cohen y Nagel lo llaman 'Método de Intuición'). Basa su superioridad en el supuesto de que las proposiciones aceptadas por el "apriorista" son evidentes por sí mismas. Adviértase que las proposiciones a priori "conducen con la razón" y no necesariamente con la experiencia. Se piensa que los hombres, por libre comunicación e intercambio, pueden alcanzar la verdad porque sus inclinaciones naturales tienden hacia ella. La dificultad de esta posición racionalista reside en la expresión "conducen con la razón"...

El cuarto método es el 'Método de la ciencia'. Afirma Peirce:

"Por consiguiente para satisfacer nuestras dudas... es necesario descubrir un método por el cual nuestras creencias se funden, no en cosas humanas, sino en cierta permanencia externa; en algo ajeno a los efectos de nuestro pensamiento... El método debe ser tal que la conclusión final de todos los hombres sea fundamental... es ésta: hay cosas reales cuyos caracteres son absolutamente independientes de nuestras opiniones".

El enfoque científico tiene una característica que no posee ningún otro: se corrige a sí mismo. En todo el camino del conocimiento científico hay comprobaciones internas, que han sido concebidas y conclusiones del científico en su búsqueda de un conocimiento fidedigno y externo a él. El científico no acepta la veracidad de una aseveración, aunque los datos al inicio le parezcan prometedores. Insiste en someterla a prueba y en que cualquier procedimiento de verificación debe quedar abierto a la inspección pública.

Dice Peirce que las comprobaciones empleadas en la investigación científica están ancladas lo más posible en la realidad externa del científico y a sus opiniones, percepciones, juicios, valores, actitudes y emociones personales. Acaso la palabra más indicada para expresar esto sea "objetividad".

Las ventajas del uso del método científico para obtener un conocimiento son evidentes. El presente escrito basará su guía de trabajo sobre los fundamentos del citado método científico. Si bien no es el único camino, sí representa el más aceptado dentro de aquellos que pretenden tener un marco de seriedad en la investigación. Este método cuenta además, como característica intrínseca y sumamente importante, la de utilizar la comprobación como instrumento de trabajo, ya sea incluyendo la comprobación formal (es decir, la llamada demostración) o la comprobación empírica (la llamada verificación).

Para efecto de seguir una metodología, tomamos en cuenta los pasos del método científico listados en varias fuentes bibliográficas. Compilando la información de una de ellas (López Cano, 1986), se consideró que los siguientes pasos eran los más viables para la investigación que se pretende en este trabajo:

PASOS DEL MÉTODO CIENTÍFICO.

1. Planteamiento del problema.
2. Formulación de Hipótesis.
3. Comprobación de Hipótesis.
4. Análisis.
5. Posibles soluciones.
6. Conclusión.
7. Desarrollo a fondo de una solución viable.

(Basado en López Cano, 1986).(2).

Los anteriores puntos están desarrollados en el presente escrito según el orden mencionado en los pasos del método científico, según la siguiente capitulación:

- (2). López Cano, J.L. Método e Hipótesis Científicos.
Editorial Trillas, Sa. Reimpresión,
México, 1978. pp.63-69

CAPITULO

DESARROLLO

I, II	Planteamiento del problema (Paso 1).
III	Formulación de Hipótesis (Paso 2).
IV	Comprobación de Hipótesis (Paso 3).
V	Análisis de resultados (Paso 4).
VI	Posibles soluciones y conclusiones (Pasos 5 y 6).
VII	Desarrollo de una solución viable (Paso 7).

Para una mejor comprensión del sistema seguido, se muestra un gráfico que representa el diagrama conceptual del proceso de investigación en la figura 1.

La fase de PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA (Paso 1) se expone dentro de los capítulos I (Antecedentes) y II (Enunciado del Problema). Es en esta parte donde se consideran algunos de los problemas más importantes que enfrenta la arquitectura en este momento, a los que por lo tanto deben de tratarse de buscarse soluciones. Asimismo se analiza la situación actual que enfrentamos hacia un sólo de esos problemas: el del uso correcto de los recursos energéticos, con una visión específica al campo del diseño arquitectónico. Este análisis se realiza en tres aspectos:

El primero revisa los distintos tipos de fuentes de energía con las que el arquitecto cuenta, para después centrarse en aquellas fuentes no convencionales que podrían ser utilizados mediante sistemas pasivos o de bajo consumo energético. Se exponen las ventajas que significa la utilización de la energía solar en la arquitectura tanto de manera individual como colectiva. Se elige la opción de tomar los usos pasivos de la energía solar como campo de estudio en el presente escrito.

El segundo muestra de una forma general la situación actual de los sistemas docentes en México, de manera que se presenta la posibilidad de enseñanza de estrategias pasivas de energía solar especialmente a través del taller de diseño.

El tercero expone la situación actual que enfrenta el estudiante que desea incursionar dentro de los campos de estrategias de diseño solar: los obstáculos que se presentan para el logro de un conocimiento básico, asimismo como las posibilidades que se tienen para lograr este fin.

METODOLOGÍA

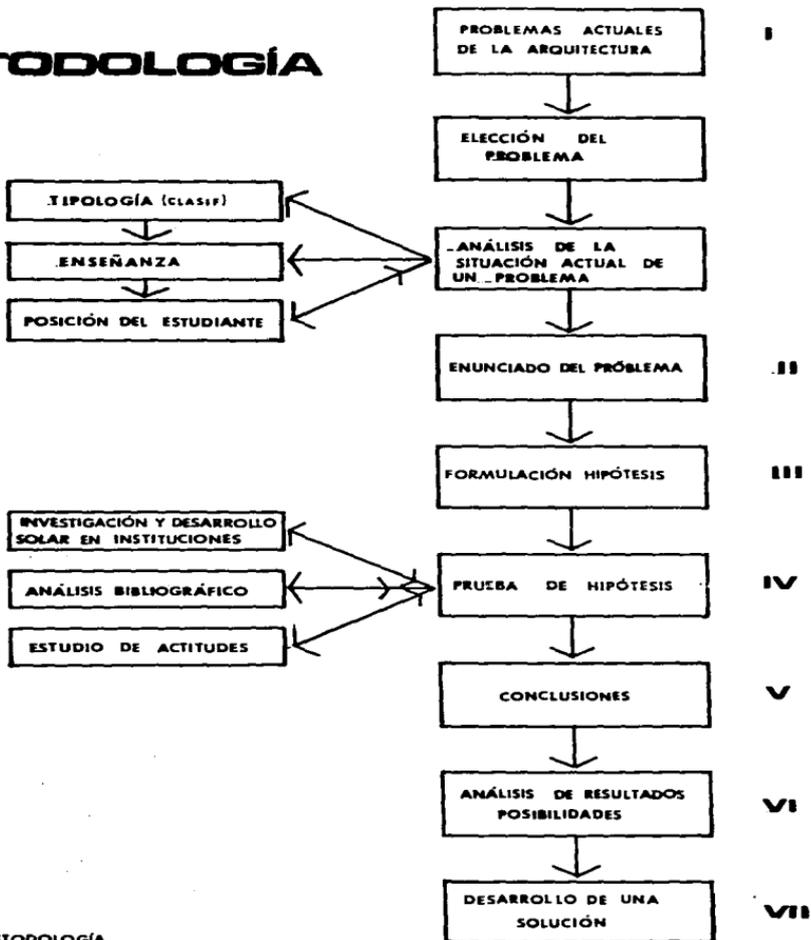


Figura 1. METODOLOGÍA

Para completar la fase de planteamiento del problema, el capítulo II enuncia el problema a tratar: la enseñanza del diseño solar que utilice sistemas pasivos en su funcionamiento.

La fase de FORMULACION DE HIPOTESIS se trata en el capítulo III, donde se muestran algunas bases generales que se tomaron como base para la formulación y enunciado de las hipótesis.

El capítulo IV desarrolla algunas de las pruebas objetivas de las hipótesis mencionadas en el capítulo anterior, por lo que equivale al paso de COMPROBACION DE HIPOTESIS del método científico. Con el fin de comprobar las hipótesis se realizaron tres estudios distintos:

El primero fué el de determinar cuantitativamente el porcentaje de escuelas de enseñanza superior o de instituciones que realizan actividades de docencia o de investigación en campos relacionados con la energía solar.

El segundo estudio se centra en las características generales de la bibliografía relacionada con la energía solar, en el ámbito de nuestro país. Se presentan algunas conclusiones interesantes relacionadas con la posibilidad de adquisición de libros sobre energía solar.

El tercer estudio determina las actitudes de varios grupos representativos hacia la energía solar. El estudio se realiza por medio de una encuesta que interroga a grupos cercanamente relacionados con el diseño arquitectónico o con los usuarios de edificaciones que utilizan sistemas pasivos de energía solar.

La fase de ANALISIS Y CONCLUSIONES se expone a continuación en los capítulos V y VI, donde se analizan los resultados obtenidos de las pruebas de las hipótesis. Se estiman algunas de las posibles soluciones para resolver el problema enunciado anteriormente en el capítulo II.

Finalmente la parte de DESARROLLO DE UNA SOLUCION VIABLE se trata en el capítulo VII, en un tomo aparte, donde se muestra un escrito que puede funcionar para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del diseño solar pasivo en la arquitectura.

**ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA SOLAR
APLICADAS AL DISEÑO ARQUITECTONICO.**

I. ANTECEDENTES.

A.. PROBLEMAS ACTUALES DE LA ARQUITECTURA.

La formación de los actuales y futuros arquitectos requiere del conocimiento básico de los cambios que surgen día tras día en los campos de interés de la Arquitectura. En esta época las principales transformaciones se están dando en tres ámbitos que se pueden catalogar como sigue:

1. La escasez de vivienda, debida a factores tales como la explosión demográfica, la centralización de la población, y los factores económicos.
2. Problemas en la estabilidad en el suministro, uso ilimitado, y disponibilidad de los energéticos.
3. Problemas económicos a nivel nacional e internacional, de una alta complejidad en su solución y con un impacto decisivo en el diseño y construcción de edificaciones.

Estas transformaciones están provocando cambios en las premisas que los arquitectos y diseñadores tenían establecidas. Una respuesta correcta y oportuna a éstos cambios de la Arquitectura, inclusive a nivel de formación de nuevos profesionistas, llevará consigo una mejor adaptación para la solución de problemas. Por ello será conveniente profundizar en los aspectos de cambio que actualmente afectan a la formación de arquitectos y diseñadores.

1. Problema de Vivienda.

Nuestro país enfrenta serios problemas relacionados con la vivienda, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- a. Distribución de la población de una manera no uniforme, a menudo en grandes concentraciones urbanas. Se sabe que cerca del 50% de la población total del país se encuentra en ciudades de más de un millón de habitantes, lo que hace más difícil el suministro de servicios y aumenta los problemas de convivencia.

Si comparamos la densidad de población de dos entidades opuestamente distintas, el panorama es dramático: por ejemplo, mientras que en Quintana Roo y en Baja California Sur la densidad de población es cercana a 2 Hab/Km², en la capital de la república se tiene una densidad de 4,585 Hab/Km², en 1981, según datos de Hernández, 1984 (3).

- b. Inadecuada localización de los recursos en relación a los centros de población.

En general, la población ha tendido a concentrarse en los lugares de mayor desarrollo industrial y con mayores servicios. Ello no siempre va acompañado por la relación óptima entre los asentamientos humanos y la cercanía a los recursos naturales aprovechables. Tomemos un ejemplo. En la región del sureste se concentra el 42% de los recursos hídricos del país, pero sólo cuenta con el 12% de la población total. El centro de la república sólo tiene el 4% de los recursos hídricos totales, pero en esta zona habitan el 60% de los habitantes de México. Aún sin tener los grandes recursos acuíferos del sur de la república, la parte central concentra el 62% de la industria del país.

(3). Hernández, Everardo. Ecotécnicas para la Vivienda en México Ponencia para el PLEA 84, México D.F. SEDUE-INFONAVIT, México 1984. cap 1.

c. Uso inadecuado del suelo.

Tal es el caso de zonas urbanas que se desarrollan en tierra especialmente propia para la agricultura o la ganadería, zonas que pudieran formar parte de un elemento de equilibrio del clima de la ciudad. Para algunos autores (Hernandez et al., 1984) el fenómeno más importante de alteración climática en cualquier centro de población es el reemplazamiento de la cubierta vegetal por planchas de concreto, asfalto, o materiales ajenos al lugar. (4).

Los anteriores problemas conllevan otros por necesidad. La concentración de la población y una situación económica precaria lleva paulativamente a incrementar la densidad de población por vivienda. La información al respecto no es muy alentadora. Las cifras oficiales para la relación habitantes/vivienda para 1950 eran de 4.91, mientras que para la década de los setentas se incrementó a 6.12, y al parecer la tendencia de este cociente es al aumento. Cada vez más gente tiene necesidad de vivir en una misma habitación. La figura 2 muestra el comportamiento del cociente habitantes/vivienda desde 1900, así como los pronósticos para el resto del presente siglo. Como se puede observar, en el mejor de los casos, la relación de personas que habitan una misma vivienda bajaría a ser una cantidad similar a la que tenía el país al inicio del siglo.

Pero, cual es la visión de la creación de nueva vivienda?

A este respecto la figura 3 muestra los datos obtenidos por los censos de población en México, además de las estimaciones (una baja y otra media) para el resto del siglo. Si bien el incremento en construcción de viviendas es dramático, ello no debe de formar una falsa idea de un auge constructivo con un superavit habitacional en el país. Esta tendencia de aumento en el número de viviendas responde en gran parte al enorme incremento en la población que se ha registrado principalmente en la segunda mitad del siglo XX en México (recordemos que aproximadamente el 70% de las nuevas viviendas que anualmente se edifican son producto de la autoconstrucción). Una visión más real de las necesidades habitacionales sería el comparar el tamaño de la población total contra el número de viviendas con que se cuenta. En este aspecto, los datos que se obtienen son los siguientes: La oferta de vivienda no alcanza a satisfacer la

(4). Op. cit. cap. I.

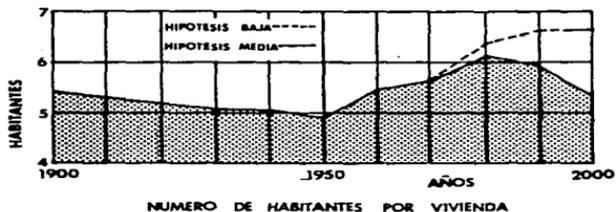


Figura 2. Comportamiento del cociente habitantes/vivienda para nuestro país desde principios de siglo. (Fuente: Censos de población, 1980)

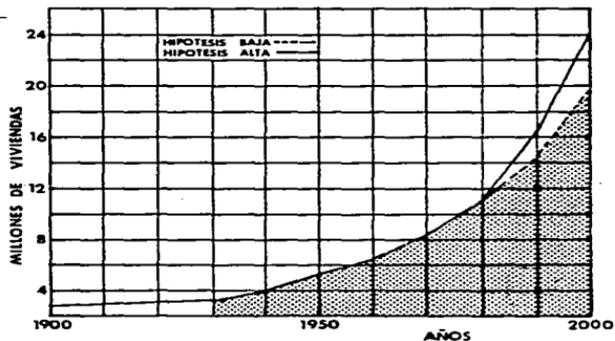


Figura 3. Censo y estimaciones de viviendas en México en este siglo. (Censos pob. 1980.)

demanda de nuestro país: en 1973 el déficit anual se estimó en 400,000 viviendas, mientras que para 1980 la cifra estimada se elevó a 700,000 (Hernández et al. 1984). (5)

De las viviendas que existen, veamos algunas de sus características. Los datos referentes a la vivienda en México que muestra el censo de población de 1980 no son alentadores: En la vivienda en general de los pobladores del país (tanto urbanos como rurales), tenemos que el 68 % no cuentan con un cuarto de baño con agua; el 59 % no tienen drenaje en su vivienda; el 51 % no cuenta con el servicio de agua entubada; el 44 % usa carbón o leña para cocinar; 41 % sin electricidad, y la misma cantidad con viviendas con pisos de tierra; 38 % son viviendas de un solo cuarto, y 29 % son de dos cuartos. La realidad es impactante. Vemos que en un alto porcentaje la vivienda en México no reúne las condiciones mínimas de habitabilidad, ya sea en saneamiento o en provisión energética.

El panorama rural es todavía más sombrío. El mismo censo de 1980 muestra que el 59 % de la población rural habita edificaciones sin ventanas; el 50% tienen muros o techos en estado inconveniente; 65% tienen pisos en mal estado; 58 % tienen una superficie construida de 40 m2 aproximadamente.

2. Problema de los Energéticos.

La llamada "crisis energética" representa ahora, más que un problema de escasez de recursos, una situación de disponibilidad no uniforme, en el espacio y en el tiempo, de estos recursos. Ello ha llevado consigo problemas conjuntos, tales como inestabilidad y alza repentina en los precios, variaciones drásticas entre la oferta y la demanda, etc., los cuales llevan su carga de problemas sociopolíticos conexos.

Hasta décadas recientes, los energéticos en la economía mundial estaban representados básicamente por los combustibles fósiles que se obtenían a precios relativamente bajos, e inclusive descendentes en términos reales. A principios de la década de los setentas, esta característica comenzó a cambiar:

(5). Op. cit. cap. I.

los precios de los hidrocarburos se fueron paulatinamente a la alza, no sin grandes variaciones (tanto a la alta como a la baja), manifestándose el temor de los países industrializados de una posible interrupción en el suministro de energéticos.

Varios autores han tratado de determinar el comportamiento del mercado de los energéticos para el futuro próximo. Predecir esto parece poco menos que imposible, pero aún así es conveniente notar algunas de las posibles situaciones con las cuales deberemos de enfrentarnos. Según Alonso Concheiro (6), los costos reales de los energéticos seguramente seguirán aumentando.

Menciona que a pesar de los esfuerzos tecnológicos que se desarrollan para detener o invertir la tendencia a la alza en los costos de energía, parece que al menos en las próximas dos décadas será difícil que esto se logre.

Un paso lógico para determinar la posible gravedad del problema sería el predecir la posible demanda de energía en el futuro próximo. Esta tarea no es fácil. Se encuentra influida por un número de variables que pueden pesar drásticamente en el equilibrio o en el desarrollo del sistema de demanda. Considerese, por ejemplo, que sería necesario tomar en cuenta, entre otros muchos, los siguientes factores: el crecimiento económico, el crecimiento de la población, la composición del producto interno bruto del país en cuestión, el estilo de vida, las preocupaciones ecológicas de la mayoría de sus habitantes, las políticas económicas y energéticas, los nuevos descubrimientos de fuentes de hidrocarburos, la política internacional, la situación del mercado, el eventual descubrimiento de otro tipo de combustibles, etc.

La situación es compleja. Algunos autores han tratado de estimar la demanda energética del país relacionándola con algún otro factor con el cual pudiera hacerse una inducción lógica que resultara más fácil de calcular. Algunos estudios (Eden, 1981; Ford Foundation, 1978) concuerdan en que la demanda de energía y el crecimiento económico están fuertemente relacionados, siendo la tasa de crecimiento de la primera ligeramente superior a la del segundo. Si bien esta relación es interesante, no resuelve totalmente el problema de la estimación de la futura demanda energética de un país puesto que la manera de predecir el crecimiento en demanda de energía equivale, con ciertas restricciones, a predecir el crecimiento económico del país, cuestión no menos difícil de calcular que la primera.

(6). Alonso Concheiro, A. Alternativas Energéticas. FCE-CONACYT, 1a. Edición, México D.F. 1985. pp. 23-51.

Cómo imaginar el impacto que podrían tener ciertos tipos de comportamiento social sobre el consumo de energéticos? Existen experiencias históricas, por ejemplo, sobre campañas de ahorro de energéticos a nivel social masivo en algunos países industrializados, con resultados positivos desde el punto de vista de la reducción del consumo de hidrocarburos. La conducta de distintas sociedades, por otro lado, puede llevar a considerar premisas que en el fondo resulten falsas. No será posible tomar como absolutamente válidos todos los resultados que se obtengan en experimentos con características radicalmente distintas a la de nuestra circunstancia. Por ejemplo, las sociedades con patrones de altos niveles de concentración urbana tienden a tener un consumo energético mayor comparadas con aquellas sociedades con una distribución de población más uniforme.

Además de los problemas de índole técnica, existen decisiones económicas y políticas que juegan un papel preponderante. El análisis histórico de la oferta y la demanda de los energéticos en nuestro país podría darnos una idea aproximada de su comportamiento.

Alonso Concheiro (7) menciona, entre otras, la siguiente información sobre tendencias históricas en la oferta y demanda de energéticos para México:

1. Los precios de los energéticos al consumidor se han mantenido bajos y relativamente estables desde la década de los sesentas.
2. La oferta de recursos energéticos está controlada en su totalidad por el Estado. En 1974, Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad y Cia. de Luz y Fuerza del Centro representaban entre ellas la tercera parte de la inversión pública.
3. México puede considerarse entre los pocos países que son a la vez grandes productores y consumidores de energía.
4. La estructura de la oferta de energía primaria con destino interno ha permanecido prácticamente igual en los últimos 10 años, sustentándose principalmente en los hidrocarburos.

(7). Op. cit. pp. 40-41

En 1972 la composición de la oferta por fuentes energéticas era :

90.6 %	Hidrocarburos
5.3 %	Carbón
4.1 %	Energía Hidráulica

mientras que para 1979 dicha composición fue:

87.5 %	Hidrocarburos
4.1 %	Carbón
6.2 %	Energía Hidráulica
0.3 %	Geotérmica
1.9 %	Importaciones

Ya para 1982, la contribución de los hidrocarburos en la oferta de energía primaria del mercado nacional representó el 92.3 % (Fuente: Hernández, 1984). (8)

5. Por lo que respecta a la energía secundaria, la mayor parte de la demanda se cubre con productos petrolíferos.

De los puntos anteriores se deduce que el país tiene que depender en gran parte de los hidrocarburos para satisfacer su demanda energética y cualquier cambio drástico en las reservas, costos, precio de producción o transformación, tecnología, mercado, políticas, etc. que afecte directa o indirectamente a la producción, suministro y consumo de hidrocarburos afectaría el sistema.

Parecería que la política obvia a seguir en nuestro país para uso de energía sería la de adecuar el tipo de fuente y la tecnología más apropiadas, diversificando así el suministro energético. Vemos que los recursos energéticos no están igualmente disponibles. Además existe poca uniformidad en relación a los usuarios de algunos tipos de energía. Por ejemplo, en lo referente a la electricidad, se estima que el 50% de la población rural no cuenta con este servicio (a nivel global, el 41 % de los pobladores en 1980 no contaban con

(8). Op. cit. cep.1.

servicio eléctrico), mientras que el 61% de la población consume el 98% de la energía eléctrica generada. Pero este panorama no es exclusivo de la energía eléctrica. Más de la tercera parte de la población total del país (37%) se concentra en comunidades con menos de 2500 habitantes, donde en muchos de los casos, el sólo abastecimiento de servicios a cada pueblo llega a ser un problema infranqueable.

Es aquí donde las fuentes de energía no convencionales pueden jugar un papel determinante en el desarrollo de las comunidades.

Otros factores se mencionan con frecuencia: las inversiones de capital no son similares para los distintos tipos de fuentes de energía, ni su costo de transporte, ni su escala de transmisión (que podría compensar algunos costos), además que algunos equipos han sido diseñados para funcionar exclusivamente con cierto tipo de combustible y el cambio hacia alguna otra fuente energética sería económicamente poco factible.

La posibilidad de diversificación de fuentes energéticas es una alternativa interesante para un país en desarrollo como el nuestro. En los pronósticos energéticos de los países industrializados, cuando se ha estudiado la proyección del desarrollo de fuentes de energía no convencionales (energía solar, eólica, o la biomasa, por ejemplo) las conclusiones a las que llegan frecuentemente incluyen recomendaciones para que también los países en desarrollo aprovechen las ventajas del uso de sistemas con fuentes alternas de energía en gran escala. Asimismo concluyen que la aplicación de estos sistemas en el caso de países que se encuentran en un nivel medio o bajo de desarrollo es mucho más fácil y conveniente de realizar, pues resulta más práctico para estas naciones diversificar sus fuentes energéticas cuando éstas todavía no están totalmente establecidas.

Existe una amplia gama de aplicación a estos descubrimientos. Una de las maneras en que los arquitectos podemos ampliar nuestro acervo de conocimientos para superar estos obstáculos es incursionando dentro del campo de las estrategias para el uso pasivo de la energía solar. Este tipo de energía es abundante en nuestro país, de costo prácticamente nulo, y que generalmente está disponible para su aprovechamiento.

3. Problemas Económicos.

Es un hecho que nuestro país ha enfrentado serios problemas económicos en los últimos años. Evidentemente la crisis enfocada desde un nivel económico tiene un impacto definitivo sobre el desarrollo de la Arquitectura. Ahora mas que nunca es necesario pensar en todas las posibilidades de ahorro en espacios, materiales y mano de obra.

Una visión general de la situación económica de nuestro país nos la podría dar el analizar el comportamiento de la industria de la construcción en los últimos años. Esta industria representa un papel clave en la evolución de nuestra economía debido a varias razones. Por una parte su importancia es básica debido a su alta contribución al proceso de formación de capital, por otra, a que genera un elevado volumen de empleo directo e indirecto, y finalmente, a sus múltiples relaciones con otras actividades industriales como la siderúrgica, cementera, del vidrio, etc. Como generadora de valor agregado, contribuye en un porcentaje considerable a la formación de capital de nuestra economía. En la década pasada esta industria aportó el 57.5 % en promedio del total de inversión fija bruta (9) y en el transcurso de la presente ascendió al 60.2 %, correspondiendo el resto al concepto de maquinaria y equipo (tanto nacional como importado).

Sin embargo, quizás la razón más importante de considerar el comportamiento de la industria de la construcción, al compararla con otras, es que presenta una sensibilidad más que proporcional a las fluctuaciones de la economía en su conjunto y del sector industrial. Esto quiere decir que en los periodos de auge esta industria supera el crecimiento de la economía pero en las etapas recesivas se deprime en mayor proporción.

(9). "Panorama Económico."

Publicación trimestral editada por el Grupo de Estudios Económicos de Bancomer, S.N.C., México, Vol. XXXVI 2o. Trimestre de 1987, p. 21

La figura 4 muestra el comportamiento del crecimiento anual, en porcentaje, de distintos aspectos de nuestra economía expresada por medio del producto interno bruto (PIB) generado por tres diferentes aspectos: el PIB nacional, el PIB industrial general, y finalmente, para efectos de comparación, el PIB de la industria de la construcción. La gráfica muestra los valores de crecimiento (positivo o negativo) de estos tres parámetros en los últimos ocho años. Primeramente observamos que las tendencias de los PIB nacional e industrial son relativamente coincidentes, sin serias variaciones una de otra: las líneas tienden a seguir la misma trayectoria en general. La proyección del PIB de la industria de la construcción, por otro lado, muestra variaciones mas dramáticas, estando a un nivel mayor en la época de bonanza, y decreciendo a niveles más bajos en la época de recesión, lo cual confirma lo expresado anteriormente de que este parámetro tiene una sensibilidad mucho mayor a los cambios económicos en nuestro país.

También observamos que si bien el crecimiento económico se mantuvo a niveles aceptables durante los años 1978-1981, la situación cambió dramáticamente a partir de este año, para tener dos grandes etapas recesivas en 1983 y 1986. Estas bajas son significativas como instrumentos para poder evaluar la gravedad de la situación dentro de un panorama más general. La industria de la construcción fue el sector que observó la baja más pronunciada de toda la economía durante 1986, al registrar una tasa negativa de crecimiento de 9.1 % en terminos reales, seguida por la minería y la de manufacturas, sectores que registraron decrecimientos del 5.8 % y 5.6 %, respectivamente.

Una de las razones para explicar el fenómeno recesivo en este sector es el alza constante y dramática del costo de materiales de construcción, debido al proceso inflacionario experimentado en los últimos años. Este efecto de alza constante de precios lógicamente disminuye el volumen de obra a realizarse, porque muchos proyectos se modifican al incrementarse sensiblemente el costo de la obra. En el caso de la vivienda, al aumentarse su costo, será cada vez mas difícil venderla a los particulares por el propio deterioro del salario. En términos generales, los materiales aumentan de precio a ritmos que pueden llegar a cifras de tres dígitos. Para ello basta un ejemplo: la variación anual de aumento de precios en el periodo 1985-1986 prácticamente fue del doble en algunos materiales: veso, 99.6%; la arena y grava, 94.5%; vidrio, 93.5%; varilla, 81.7%. La situación, por lo menos hasta el momento, no ha mejorado sensiblemente: en los primeros meses de 1987, los precios en la construcción continúan en ascenso en relación al mismo periodo de 1986 (Panorama Económico, 1987) y la capacidad ociosa en la industria de la construcción continúa siendo elevada (alrededor del 40%) debido principalmente a la lenta recuperación, tanto pública como privada, de la demanda de obra.

CRECIMIENTO ANUAL
(En porcentaje)

PIB NACIONAL — — — —
PIB INDUSTRIAL — — — —
PIB CONSTRUCCION — — — —

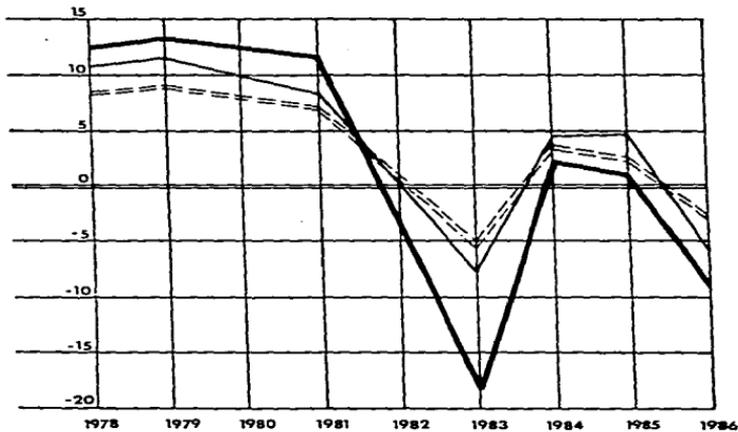


Figura 4 Crecimiento anual, en porcentaje, de distintos aspectos de nuestra economía, expresada en producto interno bruto. (PIB).
(Fuente: Panorama Económico 1987).

B. APROVECHAMIENTO DE LOS ENERGETICOS EN ARQUITECTURA.

1. Fuentes Alternas de Energia.

Es innegable la importancia que tiene el correcto aprovechamiento de los recursos energéticos para el desarrollo de un país. Tanto para los diseñadores de espacios como para los usuarios de la arquitectura, el proyectar y el exigir que se proyecte un edificio que utilice racionalmente la energía con la que se cuenta debe ser una premisa básica.

Quizás para la mayoría de las personas el problema del uso correcto de la energía es básicamente un asunto de pesos y centavos, que en la mayoría de los casos conlleva un confort no solo económico sino psicológico. Pero los ahorros que se pueden dar en el ámbito del aprovechamiento de la energía significan no solo un mejoramiento a nivel individual del aspecto económico de los usuarios, sino que abarca un panorama mucho más amplio. El buscar la eficiencia energética de nuestros proyectos y el mantenimiento mínimo de ellos también trae consigo un beneficio a nivel nacional: las acciones individuales traen como consecuencia una mejora en la situación económica del país, con una mayor posibilidad de incrementar el nivel de vida de nuestros descendientes.

La posibilidad de cambio en nuestro país está en puerta. Los diseñadores de espacios arquitectónicos contamos con los instrumentos para mejorar los aspectos en donde se desperdician los recursos energéticos. El conocimiento de las estrategias que han resultado exitosas en casos similares debe ser parte del acervo cultural del arquitecto, y por ello debe de difundirse el conocimiento de tales usos.

Anteriormente se expusieron algunos de los obstáculos principales con los que se enfrentan, a presente o a futuro, los profesionistas dedicados al diseño arquitectónico: problemas económicos, de vivienda y de uso racional de la energía. Se deduce que es conveniente que, como reacción al cambio, la enseñanza se adecúe con nuevas estrategias de diseño en la formación de aquellas personas relacionadas directamente con el diseño arquitectónico.

El aprovechamiento de todos los recursos energéticos que tenemos, y no sólo de unos cuantos, traerá como consecuencia una ampliación de las posibilidades con las que cuenta el arquitecto. El tipo de energía que se aproveche, y la forma en que ella se utilice, dependerán en última instancia del juicio del diseñador o del mismo usuario. El conocer nuevas estrategias de diseño aumenta el número de opciones con las que podemos trabajar. Desafortunadamente son poco conocidas las aplicaciones prácticas que podemos hacer de estos tipos de energía, sobre todo aquellas fuentes no convencionales.

Los tipos de fuentes energéticas que se pueden aprovechar son vastas. Diversas clasificaciones se han hecho tratando de ordenar lógicamente los distintos tipos de ellas. Una de estas clasificaciones se presenta a continuación. La Tabla I muestra una clasificación somera de las fuentes de energía, tanto renovables como no renovables, convencionales y no convencionales, con las que actualmente contamos.

El potencial es inmenso. Las estrategias en el uso pasivo de la energía, así como la utilización mínima de los recursos merecen un tratamiento especial. Los ejemplos son varios. En la literatura especializada se cita que el confort interior de las edificaciones se puede mantener con sólo una fracción mínima de la cantidad de energía que actualmente se gasta en mantenimiento, siendo esta reducción cercana al 80 o 90% (10).

Especial atención debemos dedicar al desarrollo de sistemas en donde la eficiencia en el aprovechamiento de energía sea máximo. Algunas de las características de las fuentes energéticas con aplicaciones pasivas o de bajo consumo están resumidas a continuación (según Balcomb, 1984):

- a. Uso mínimo o nulo de energía externa. Los sistemas pasivos, por ejemplo, dependen totalmente en los mecanismos naturales de conducción, convección radiación y evaporación. Otros sistemas no-pasivos (ya sea híbridos o activos; usan un mínimo de energía externa para su funcionamiento, para hacer mover pequeños ventiladores, bombas de agua, etc.

(10). Balcomb, J.D. "Passive and Low Energy Research and Development: a Global View". Proceedings of the International Conference on Passive and Low Energy Ecotechniques applied to Housing. Mexico City, 1984. Pergamon Press, 1984. pp.1-10.

- b. Deben de ser simples y confiables en su funcionamiento. Los sistemas pasivos frecuentemente se diseñan como parte integral de la estructura del edificio, utilizando elementos básicos como tabique, concreto, o vidrio. En caso de requerir mantenimiento, no son necesarias habilidades especiales para efectuarlo. Los sistemas de bajo consumo energético tienden a utilizar elementos mecánicos bastante simples.
- c. Deben ser de bajo costo y, en lo posible, de uso múltiple. Un buen diseño que incorpore elementos de aprovechamiento natural de la energía y que además proporcione un espacio extra para realizar actividades propias de los usuarios del edificio. Bajo costo y simplicidad están relacionadas muy estrechamente.
- d. Buen funcionamiento. Un buen diseño demuestra que su funcionamiento puede ser sumamente atractivo, tanto desde el punto de vista económico como de confort.

Si bien todas las posibilidades de aprovechamiento energético deben ser consideradas, existe una fuente de energía que se antoja particularmente interesante: la energía solar. Este tipo de energía tiene peculiares características que se listan someramente a continuación:

- Fuente inagotable de energía.
- No contaminante.
- Disponible.
- Desconcentrada.
- Gratuita.
- No dañina.
- De rendimientos decrecientes en costos.
- No sujeto a presiones geopolíticas.
- Aprovechable con los niveles tecnológicos disponibles.

TABLA I

FUENTES DE ENERGIA

PRIMARIA RENOVABLES

- * Solar Directa.
- * Solar Indirecta.
 - Viento.
 - Caídas de agua.
 - Biomasa.
 - Mareas.
 - Radiac. terrestre.
 - Oceanotérmica.
- * Geotérmica.
- * Desperdicios Orgánicos.

SECUNDARIA NO RENOVABLES.

- * Petróleo.
- * Carbón Mineral.
- * Gas Natural.
- * Alquitrán, esquistos, turba.
- * Uranio.

SECUNDARIA CONVENCIONAL

- * Electricidad.
- * Gas LP.
- * Derivados del petróleo:
(gasolina, turbosina, kerosene, etc.)

SECUNDARIA NO CONVENCIONAL

- * Biogás.
- * Carbón Vegetal.
- * Madera.
- * Metanol.
- * Hidrógeno.
- * Calor de desperdicio.
- * Electricidad de plantas aisladas.
- * Aglomerados.

(Cuadro tomado de "ABC de la Climatización Natural Mediante Uso Directo e Indirecto de la Energía Solar", por el Dr. Everardo Hernández. Revista de CONACYT: Información Científica y Tecnológica, Vol. 6, Num. 93, Junio 1984, p.16).

2. Enseñanza de Estrategias de Diseño Utilizando Energía Solar.

No cabe duda que la importancia del aprovechamiento de la energía solar va cobrando mayor ímpetu en la medida en que los arquitectos van valorando la necesidad de ahorrar recursos. No todos los diseñadores toman en cuenta esta necesidad, pero es innegable que la consideración de cambios cualitativos en la enseñanza del diseño podría ser una opción interesante. Estos cambios podrían ayudar a reducir los prejuicios favorables hacia la resolución, en muchos casos cuestionable, de los problemas de diseño sólo por medios de equipo mecánico.

Al respecto, frecuentemente se menciona la convicción de que existe crisis en las prácticas sociales profesionales. Fernando Tudela (11), por ejemplo, opina:

"...las prácticas sociales de los diseñadores se han confinado en su campo de acción tradicional, comparativamente cada vez más limitado. Dichas prácticas han seguido desarrollándose exclusivamente en el marco del sector formal urbano, al margen de los problemas de las grandes mayorías nacionales. La envergadura de los nuevos problemas ambientales desborda ya o desbordará muy pronto la capacidad de acción de las prácticas profesionales actualmente establecidas. Aún en el caso de que se dieran las condiciones sociales y políticas necesarias para que los sectores profesionales se decidieran a abordar la problemática ambiental contemporánea en toda su complejidad y extensión, probablemente no se encontrarían en condiciones de hacerlo con éxito por falta de una formación adecuada."

" Se vuelve pues urgente un reciclaje de los recursos humanos profesionales existentes y una transformación de las raíces educativas de las correspondientes prácticas sociales. Mientras no se inicie este replanteamiento, se seguirá padeciendo la frecuente insensibilidad de los profesionales (arquitectos, ingenieros, urbanistas, etc.), frente a aquellos tipos de problemas que no afecten gravemente a los reducidos sectores dominantes de la población, ya sea porque casi no se presenten en ese contexto social, o porque tengan fácil solución cuando existan suficientes recursos económicos."

(11). Tudela, Fernando.

Ecodiseño,
Universidad Autónoma Metropolitana,
Xochimilco, D.F., (1982). p. 11.

Para muchos autores, y especialmente para aquellos que dedican sus actividades a la docencia, la necesidad de actualizar la formación de los nuevos profesionistas del diseño es una premisa básica para la consecución del fin educativo.

El considerar los avances que se han logrado dentro del campo de la arquitectura para el entendimiento de los fenómenos naturales y su interacción con las edificaciones podría ayudar a resolver malestares potenciales que inconscientemente creamos al omitir bases de diseño en nuestros proyectos. Ello no quiere decir que diseño y técnica deban de ser dos partes irreconciliables, donde una sólo se puede dar sin la otra; lo cierto es todo lo contrario. A este respecto, Tudela también opina (12):

" Al conceptualizar el diseño y la tecnología como variables independientes se consume entre ambos campos un divorcio cuyo origen podría ubicarse en el neoplatonismo renacentista. Se dificulta así una visión integrada de las determinaciones mutuas, instaurándose una peculiar división del trabajo: la tecnología suele pagar los platos que rompe el diseño, resolviendo ortopedicamente (mediante artificios estructurales ilógicos, sistemas mecánicos que resuelven a alto costo problemas artificiales, etc.) malformaciones generadas por la práctica del diseño. En realidad, la tecnología ni siquiera suele considerarse en los medios profesionales como variable independiente sino como una constante, como un conjunto incuestionable en sus planteamientos básicos."

Ahora bien, sabemos que es necesario el difundir entre los diseñadores del espacio arquitectónico el conocimiento básico sobre aspectos que pueden ser relevantes como respuestas a problemas de diseño, en este caso específico, el uso pasivo de la energía solar. El cuestionamiento que surge inmediatamente es el de determinar cómo lograr este objetivo.

Es conveniente conocer la situación actual que guardan los sistemas docentes en su enfoque hacia la enseñanza de usos pasivos de la energía solar, por ello podríamos conceptualizar este aspecto en base a los intereses que pretenden distintas personas relacionadas con el campo del diseño.

(12). Op. cit. p.12

Las personas que se relacionan directamente con el diseño arquitectónico conforman básicamente dos grupos para los que se puede aplicar un enfoque distinto desde el punto de vista de difusión de conocimiento de energía solar pasiva.

El primero estaría compuesto por los profesionistas ya egresados, aquellos que ejercen la profesión, en su mayoría formados dentro de los cánones tradicionales de las escuelas de Arquitectura. Este grupo tiene la desventaja de que para adquirir este tipo de conocimientos sólo dependen de su propio interés en el tema. Obviamente este interés podrá ser fomentado mediante la difusión que podrían proporcionar los colegios profesionales, las revistas especializadas y los libros de arquitectura y campos afines. Es probable que este grupo no esté sensibilizado, en su mayoría, a la importancia de adquirir conocimiento sobre el uso de la energía natural; por este motivo sería necesario diseñar estrategias específicas de difusión y motivación.

Por otro lado están los estudiantes de carreras de diseño a niveles superiores (tanto a nivel licenciatura como a nivel posgrado) que todavía no egresan de las instituciones, mismas que tienen la posibilidad de proporcionar la preparación necesaria en éstos temas. El interés de los alumnos puede ser tanto o mayor que el del grupo de los profesionistas egresados, contando además con la gran ventaja de tener a la mano los instrumentos de transmisión de conocimiento. El docente que elija como método de enseñanza el utilizar sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar, encontrará que al tiempo que transmite cierto conocimiento de la materia, comunicará información y conocimiento que resultarán un complemento sumamente útil y que será aprendido por el estudiante de manera conjunta.

Ahora bien, es muy probable que los enfoques de difusión de usos pasivos de la energía solar para los dos grupos anteriores no sea el mismo. Para el primer conjunto, el de los profesionistas ya egresados y que ejercen la profesión con regularidad, una posibilidad real sería la de recurrir a libros, cursos y seminarios. Afortunadamente la situación actual frente a estos dos últimos medios de difusión ha sido una de constante crecimiento en los últimos años, debido principalmente a una mayor preocupación de la comunidad de arquitectos por el uso racional de la energía en sus proyectos. Las exposiciones esporádicas de conocimientos a nivel grupal siguen, sin embargo, básicamente relegadas a universidades y cuerpos colegiados.

En lo que respecta a la bibliografía especializada sobre el tema que se puede adquirir en nuestro país, la situación no está bien documentada. El presente escrito pretende hacer un análisis de este aspecto (Capítulo IV, parte B) cuyo objetivo es el de determinar las características cualitativas de los libros que pueden conseguir las personas interesadas en el tema.

Para el segundo grupo, el de los estudiantes inscritos a una universidad o institución de enseñanza superior éstos instrumentos también juegan un papel importante en su formación como diseñadores del espacio, pero no son los únicos. Además de ellos existe la posibilidad real de promover la enseñanza de estrategias en el uso natural de la energía dentro de las mismas materias que se cursan. La instauración inmediata de una materia de curso obligatorio cuyo objetivo único sea el de tratar a profundidad los usos pasivos de la energía solar es quizás, en este momento, poco probable. Un enfoque más flexible que le diera a la materia la característica de opcional quizás fuera más práctico. A este respecto es conveniente señalar los esfuerzos que algunas instituciones de enseñanza superior han hecho por promover la enseñanza de éstos temas dentro de alguna de sus materias: estos campos han sido generalmente tratados como temas aislados dentro de materias clasificadas dentro del área de las tecnológicas. Si bien la intención es altamente positiva, la aplicación práctica de los conocimientos que ahí se adquieren a problemas reales podría ser drásticamente incrementada si se incluyeran como parte integral del sistema del taller de diseño.

La posibilidad de incorporar al taller de diseño un contenido de enseñanza complementario, en este caso los usos pasivos de la energía solar, para lograr a final de cuentas un diseño "integral" donde no exista el divorcio tradicional entre el arte, la creatividad y la técnica, es una posibilidad sumamente interesante. El conocimiento real se afirma y comprueba al ser aplicado en la realidad y no al quedarse únicamente como referencia teórica. El interés de los futuros arquitectos hacia el uso racional de los recursos energéticos quedará sensibilizado desde el momento en que como alumno empiezan a aplicar estrategias exitosas en sus diseños. Quizás más importante aún, el conocer y aplicar este tipo de conocimientos conllevará la posibilidad de difusión a un nivel más amplio, ya sea como instrumento formativo de nuevas generaciones de arquitectos o como asesores de los usuarios presentes y futuros de edificaciones que incorporen sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía en sus diseños.

El taller de diseño es básicamente la columna vertebral de la formación del arquitecto. La integración a esta materia de contenidos de enseñanza relacionados con el uso natural de la energía es un aspecto altamente promisorio, aunque es justo decir que posiblemente no esté libre de obstáculos. Si de hecho la enseñanza del diseño arquitectónico requiere de docentes capacitados, la incorporación de nuevas estrategias de diseño seguramente exigirá un esfuerzo extra por parte de profesores y alumnos.

Cual es la situación que guardan las instituciones de enseñanza superior en lo referente a esta integración de usos pasivos de la energía solar a la materia de taller de diseño?

Desafortunadamente el panorama no es muy alentador. Pocos de los talleres de diseño tratan el tema de una manera regular, y cuando lo hacen se debe generalmente más al alto interés del docente responsable, usualmente con motivaciones definidas sobre este tipo de estrategias, que como respuesta a decisiones institucionales sobre el enfoque que debe tener el taller de diseño. Dentro de los planes de estudio vigentes de las universidades no existe una posición definida en la que, de manera explícita, se determine una integración de las estrategias en el aprovechamiento natural de la energía al taller de diseño arquitectónico en un semestre definido.

La mayoría de los planes de estudios de escuelas de arquitectura sólo muestran aspectos generales que pueden o no tener relación con los usos pasivos de la energía solar, de acuerdo con el criterio del maestro responsable del taller, pues no definen explícitamente el objetivo de exposición de estrategias solares.

3. Situación del Estudiante.

En el ejercicio del diseño arquitectónico se notan las limitaciones que enfrenta el estudiante cuando se presentan consideraciones relacionadas con el uso pasivo de la energía solar.

Dichas limitaciones no son necesariamente debidas a la falta de voluntad por parte del alumnado en adquirir conocimientos más profundos sobre éstos temas, sino que en la mayoría de los casos pueden ser atribuibles a la carencia de información práctica sobre el tema.

Si la curiosidad del estudiante le lleva a investigar más allá del material que se proporciona en clase, se encontrará con la dificultad de que la información está dispersa en artículos, libros y reportes, la mayoría en diferentes idiomas, y su iniciativa queda anulada decidiendo enfocar sus esfuerzos a búsquedas que considera que pueden resultar más exitosas y productivas. De ahí que cuando ejerza su profesión y se encuentre con problemas relacionados con éstos temas los resuelve usualmente más por intuición que por razonamiento.

La literatura que puede obtenerse sobre el tema de usos pasivos de la energía solar presenta generalmente los siguientes problemas:

1. Los libros no tratan los temas con la suficiente profundidad.
2. En general son difíciles de conseguir, escasos, de alto precio, y usualmente deben ser ordenados especialmente, con la consecuente tardanza en la entrega.
3. La mayoría de la bibliografía se encuentra escrita en idiomas extranjeros.

4. La información está dispersa. Si bien hay libros que tratan a profundidad ciertos temas, se limitan sólo a ellos sin abarcar otros relacionados que pueden ser igualmente interesantes y útiles.
5. En la mayoría de los casos, la bibliografía es tan especializada que se ha enfocado más hacia la investigación que hacia la enseñanza. El uso de términos técnicos para explicar determinados fenómenos es común en la literatura especializada. Pocas veces se da la información previa al lector para el caso de que sea la primera vez que incursione en el área. De ésta manera, en ocasiones resulta difícil seguir la lectura de publicaciones especializadas en campos específicos si no se tiene una preparación previa.

Además no existe una guía bibliográfica que sirva al menos como una orientación inicial para incursionar en el tema.

6. Muchos de los textos únicamente presentan la teoría sin proporcionar ejemplos que pudieran clarificar o facilitar la comprensión de los temas. Aun en los casos donde hay ejemplos, la mayoría son trabajados en unidades de medición poco usuales en nuestro país (p.e. conceptos del sistema métrico inglés), aumentando considerablemente la confusión en el estudiante.

C. BREVE RELACION HISTORICA DE LA ENSEÑANZA INSTITUCIONAL DE LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO.

Es conveniente conocer algunos de los antecedentes históricos que tiene la enseñanza de la energía solar realizada por las diversas instituciones en México. Cabe señalar que se buscan las bases históricas de la enseñanza desde el punto de vista institucional, puesto que es en éstos lugares donde generalmente se han organizado cursos formales de manera regular para la enseñanza de éstos temas.

El considerar únicamente el aspecto institucional no quiere decir que la enseñanza sólo se haya dado en estos lugares. Inclusive, antes de que el conocimiento se transmitiera en escuelas, lo más probable es que la enseñanza fuera de una manera informal, a nivel personal, y, cuando menos en sus principios, relacionada cercanamente con la religión.

De ello hay muchos ejemplos en nuestro país. Simplemente el incursionar dentro de un aspecto básico en el uso de la energía solar: la orientación, nos puede dar una idea de la gran importancia que tiene uno de los elementos básicos de diseño climatológico. Al estudiar la orientación de sitios y pirámides de la época precortesiana en nuestro país, nos llevaría a mencionar por lo menos a media docena de ejemplos claros y convincentes de que la preocupación por el Sol existía desde tiempos remotos. Es bien conocido que entre los sitios más importantes y mejor estudiados en México donde existen relaciones entre el principio de orientación y fechas solares y/o estelares, se encuentran los siguientes, sólo por mencionar algunos: Teotihuacan, Alta Vista, Xochicalco, Cholula, Malinalco, Tenochtitlan, Monte Alban, Caballito Blanco, Chichen Itza, Uxmal, Uaxantun, Copan y Palenque. Tanto por los estudios realizados en los últimos años, como por los hechos concluyentes que se observan en ellos, se deduce que un gran número de orientaciones estaban diseñadas intencionalmente para marcar una dirección determinada. Al respecto Broda (13) opina:

- (13). Broda, Johanna. "Arqueoastronomía y Desarrollo de las Ciencias en el Mexico Prehispánico". en Historia de la Astronomía en México Serie La Ciencia en México. Editado por SEP, FCE, CONACYT, México D.F. 1986.

" La importancia de estos fenómenos no aflora a primera vista en la documentación etnohistórica. Los cronistas del siglo XVI escribieron escasamente sobre estos hechos, ya que no entendían el significado de las orientaciones y su relación con la astronomía. Esta última era un tema que interesaba poco a los frailes y a los conquistadores españoles. En ausencia de testimonio histórico sobre estos hechos, han sido más bien los restos arqueológicos los que han dado la clave para su comprensión."

" La coordinación que existía entre el tiempo y el espacio en la cosmovisión mesoamericana encontró su expresión en la arquitectura mediante la orientación de pirámides y sitios arqueológicos. Estas orientaciones pueden ser relacionadas, en la mayoría de los casos, con las fechas de la salida o puesta del Sol en días específicos del ciclo solar, mientras que algunas de ellas se conectan también a fenómenos estelares."

La utilización de estrategias relacionadas directamente con el movimiento solar y sus consecuencias físicas (movimientos del aire para producir ventilación, por ejemplo) no fueron exclusivas de las civilizaciones prehispánicas. Durante la colonia era práctica común la de preocuparse por la orientación de las construcciones religiosas de manera que se aprovecharan al máximo los recursos eólicos y solares.

Sobre los conventos del siglo XVI y los cuidados que se tenían para ubicar cada uno de los espacios arquitectónicos que los componen, el Arq. Flores Marini (14) comenta:

"Por lo común las iglesias están orientadas al poniente, alenadas con espadana, de una sola nave sin torres ni crucero, techumbre con bóveda de cañón o nervaduras, sin cúpula; coro y presbiterio, este último marcada a partir del llamado "arco triunfal". El convento, generalmente al lado sur..."

- (14). Flores Marini, C. "La Arquitectura de los Conventos en el Siglo XVI" en Conventos del Siglo Dieciséis. Artes de Mexico. No. 86/87. Año XII. Mexico D.F. 1966. p. 4.

Diego de Basalenque, en 1673, al relatar la historia del establecimiento de los primeros conventos agustinos en lo que ahora es México, ya comentaba sobre la orientación de las construcciones religiosas de Michoacán (15):

"Hacia el mediodía el convento; al oriente el hospital, al norte la escuela de cantores, y de muchachos para leer y escribir, al poniente el cementerio con sus capillas donde los niños aprenden la doctrina."

Aquí vemos la importancia, tanto religiosa como climática, de los movimientos solares para definir las posiciones de los elementos del programa arquitectónico dentro del proyecto. Si bien la colocación de las distintas partes que forman el convento del siglo XVI generalmente se ordenaban de una forma ya tradicional, esto no fué una regla inflexible. Comenta Flores Marini (16):

"Con un desarrollo arquitectónico anárquico durante los primeros años, [los conventos del siglo XVI] pronto tienen un programa definido con las variantes que principalmente impuso la climatología."

"La colocación del convento obedece fundamentalmente al grado de asoleamiento, así donde lo benigno del clima lo permite éste se coloca al lado norte, como en Tepoztlán."

Si bien es innegable la importancia que este tipo de intenciones tuvieron para el desarrollo de la arquitectura tanto en tiempos precortesianos como durante la Colonia, también es

(15). Basalenque, Diego de.

Historia de la Provincia de San Nicolás de Tolentino de Michoacán del orden N.P. San Agustín. extractos en Los Agustinos, aquellos Misioneros Hacendados. Col. Cien del Mundo, SEP, 1era. Ed. México D.F. 1985.

(16). Op. cit. p.4.

cierto que en la mayoría de los casos la educación sobre temas solares se daba a nivel informal. La enseñanza formal, dada por las instituciones, surge en una época tan obscura desde el punto de vista bibliográfico que resulta difícil el establecer una fecha determinada que permita declarar a ciencia cierta el inicio de la educación institucional en México.

Ya para el siglo XVIII se encuentra establecida la cátedra de Astrología y Matemáticas (nótese que la primera materia todavía no estaba diferenciada totalmente de la Astronomía) de la Real y Pontificia Universidad (17). Una característica importante de esta materia es que la cátedra se impartía para los estudiantes de medicina, por lo cual los que tuvieron a su cargo la transmisión de conocimiento fueron, en gran parte, médicos. La Real y Pontificia Universidad no fue, sin embargo, la única que impartió este tipo de cursos relacionados con el movimiento solar. Asimismo existían otras universidades y colegios coloniales que, como el de Todos Santos, tuvieron durante algún tiempo seminarios de Matemáticas y Astronomía.

La evolución del pensamiento académico durante el siglo XIX llevó a que los cursos especializados fueran cambiando paulatinamente de su enfoque médico hacia una visión más arquitectónica, aunque no se puede decir que llegaron a ser autónomos.

Para principios de siglo, en 1905, se funda la primera sociedad civil organizada en México dedicada a promover la enseñanza de la astronomía entre el público en general: la Sociedad Astronómica de México. Es aquí donde se imparten cursos no sólo de interés para los aficionados a la ciencia de Urania, sino también para aquellas personas que pueden aplicar prácticamente los conocimientos sobre los movimientos solares a las construcciones.

Ya bien entrado este siglo, los cursos relacionados de alguna manera con el movimiento del sol y su relación con el ambiente, fueron una realidad cuando se establece la materia de Cosmografía en las escuelas preparatorias y normales, en calidad

- (17). Moreno, Roberto. "Astronomía Mexicana del siglo XVIII" en *Historia de la Astronomía en México* Serie La Ciencia en México. Editado por SEP, FCE, CONACYT, México D.F. 1986.

de obligatoria. Del libro de texto Curso de Cosmografía del maestro Joaquín Gallo, que circulaba ya por la década de los cuarentas, tomo esta intención del autor (18):

"Los futuros ingenieros y arquitectos encontrarán en este curso, ampliamente tratado, lo relativo al movimiento del Sol, para que más adelante, en sus proyectos de edificios, puedan aprovechar lo más posible la luz y el calor del Sol, gracias a una conveniente orientación."

Posteriormente en los años sesentas, se reforman los programas educativos, y se suprime esta materia en las Escuelas Normales, quedando como optativa en las preparatorias (19).

Cursos especializados de temas relacionados con los movimientos solares se empiezan a impartir en carreras como Geografía, Ingeniero Topógrafo y Geodesta, Ingenierías en general, Arquitectura, etc, aunque en la mayoría de las escuelas los aspectos relacionados con la influencia solar en las construcciones generalmente se encontraban (e inclusive todavía se encuentran) subvencionados a materias más generales.

Los esfuerzos de instituciones universitarias en el ámbito de la investigación y enseñanza de los usos de la energía solar no han sido pocos. En el caso de la U.N.A.M., por ejemplo, se había tenido el proyecto de desarrollar estudios sobre este tema desde hace ya varios años, en dependencias como los Institutos de Geofísica, de Geografía, de Ingeniería, y de Investigación de Materiales. Varios proyectos de estudio y monitoreo se llevan a cabo en estas dependencias universitarias, pero siempre como proyecto aislado, generalmente no considerado permanente, y como

(18). Gallo, Joaquín. Curso de Cosmografía.
Editorial Progreso, S.A.
México D.F., 1973. P.3.

(19). Gurrola R., Jesús. La Cosmografía en la Enseñanza de la Geografía.
Editorial Trillas, México D.F., 1971.

parte de otros tantos que las instituciones desarrollan en su conjunto. Para el año de 1984, México cuenta por primera vez con una institución ya funcionando, dedicada exclusivamente al estudio y enseñanza de la energía solar. La inauguración oficial se hace en agosto de 1985, donde la Universidad Autónoma de México, a través del Instituto de Investigación de Materiales, establece en Temixco, Morelos, el Laboratorio de Energía Solar.

Dicho centro cuenta con ciertas características que lo hacen único en su tipo: por una parte, es el único laboratorio en América Latina que se dedica al estudio exclusivo del aprovechamiento de la energía solar; por otro, su diseño arquitectónico fue pensado desde sus inicios teniendo en mente la captación, distribución, y uso natural de la energía solar. Además de sus actividades de investigación, el Laboratorio de Energía Solar también imparte cursos académicos y de actualización, entre los cuales destacan los estudios de maestría y próximamente los de doctorado, en ciencias relacionadas con el uso, ya sea pasivo o activo, de la energía solar.

El laboratorio forma parte de la política de descentralización de la U.N.A.M., la cual busca la creación de nuevos centros de estudio fuera de los límites de Ciudad Universitaria en el Distrito Federal. El laboratorio no es el único que ha seguido esta tendencia, pero si fue uno de los primeros centros: específicamente fue la tercera subdependencia en emigrar a lo que ahora se llama Nucleo Morelos, que es la región comprendida por la ciudad y las cercanías de Cuernavaca. Actualmente (Mayo, 1987) el Laboratorio de Energía Solar desarrolla varias actividades, entre las cuales se pueden contar las siguientes:

a. Proyectos de Investigación.

1. Transferencia de Masa y Energía.
2. Refrigeración Solar.
3. Celdas Solares (Fotovoltaicas).
4. Fototermia.
5. Grupo de Física Teórica.
6. Sistemas Pasivos de Climatización.

b. Enseñanza de Materias relacionadas con la Energía Solar.

1. Maestría en Energía Solar.
2. Maestría en Ciencias de Materiales.
3. Cursos de Actualización.
4. Conferencias y Difusión.
5. Doctorado (en preparación).

II. ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

Existen situaciones perfectibles en lo que se refiere al diseño de viviendas y edificaciones en México. Los problemas de escasez de construcciones, su localización centralizada en zonas del país, algunas de ellas en medios no propios para su desarrollo, hacen que el problema habitacional se vaya agravando paulatinamente.

Por otro lado el problema de los energéticos puede enunciarse como uno de disponibilidad no uniforme, más que de escasez. La dependencia casi total del país en la energía producida por los hidrocarburos puede crear una situación preocupante en caso de que existiesen cambios en las políticas nacionales o internacionales de la producción, comercio y consumo del petróleo y sus derivados. Como arquitectos y diseñadores preocupados por tal situación nuestra responsabilidad es considerar el empleo, por lo menos en cierto porcentaje, de fuentes alternas de energía (solar, eólica o biomasa, por ejemplo).

Los problemas económicos encontrados en los últimos años por nuestro país hacen urgente la consideración de nuevas alternativas en el diseño, construcción y mantenimiento de las edificaciones que se realicen en el país.

Se desea que el arquitecto, y los diseñadores de espacios en general sean conscientes de estos cambios y cuando menos tengan la posibilidad de aplicar estrategias alternas en el aprovechamiento de la energía disponible.

ES CONVENIENTE QUE RECONOCER LAS RAZONES POR LAS CUALES NO SE APLICAN ESTE TIPO DE ESTRATEGIAS, ESPECIFICAMENTE LOS USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR, Y EN CASO DE SER CONVENIENTE, ESTABLECER UNA SOLUCION PARA FACILITAR EL CONOCIMIENTO DE ELLAS ENTRE LOS PROFESIONALES DEL DISEÑO. DICHA SOLUCION DEBERA SER ENFOCADA A LA CREACION DE DISEÑOS ATRACTIVOS, CONVENIENTES, Y ECONOMICOS PARA MEJORAR AUNQUE SEA EN UN PEQUEÑO PORCENTAJE, Y PREFERIBLEMENTE ELIMINAR, LA SITUACION ACTUAL DE DESPERDICIO ENERGETICO EN NUESTRAS EDIFICACIONES.

III. HIPOTESIS.

A. BASES GENERALES.

El tener una idea preconcebida sobre la posible solución al problema, es parte de la metodología que utilizamos. Este planteamiento no es, sin embargo, gratuito. Proviene en la mayoría de los casos, de una preparación intensa para tratar de entender el problema, donde frecuentemente se recurre a fuentes bibliográficas, a la experiencia (propia y ajena), y a la intuición. Sobre esto H. Poincare afirma:

"A menudo se afirma que los experimentos deberían realizarse sin ideas preconcebidas. Esto es imposible, pues entonces los experimentos no sólo serían infructíferos sino que aunque lo deseáramos no podríamos lograrlo."

Surge de esta necesidad la hipótesis, lo que el investigador supone que debe de suceder; el tratar de relacionar dos o más variables con la indicación implícita de la necesidad de verificar estas relaciones. Es la posibilidad de demostrar una hipótesis, como verdadera o falsa, lo que aporta en gran parte su validez al método científico. El establecer una hipótesis también proporciona ventajas. Una de ellas es la de dirigir la investigación, mediante instrumentos que permiten la comprobación (ya sea demostración o verificación) de las mismas hipótesis.

B. HIPOTESIS PRINCIPALES.

1. El aprovechamiento natural de los recursos con que contamos, especialmente aquellos que se pueden referir directamente hacia el uso natural de la energía solar, en todos sus aspectos, puede ser incrementado sustancialmente mediante un mejor conocimiento de los procesos físicos que intervienen en la relación de la edificación con su entorno.

2. Una de las formas en que se puede alcanzar una mejoría en el nivel de entendimiento de los procesos naturales que intervienen en la relación edificación/medio ambiente es el lograr un acercamiento correcto y sencillo en la enseñanza de aspectos naturales en el diseño arquitectónico.
3. La actitud dubitativa o francamente negativa de ciertos grupos de gente hacia la aplicación de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar, y muy especialmente en aquellos que se encuentran cercanamente relacionados con el diseño arquitectónico, es proporcional al nivel de desconocimiento que se tiene sobre el tema.

C. HIPOTESIS SECUNDARIAS.

4. El conocimiento de algunas estrategias pasivas en aprovechamiento de la energía solar, así como su aplicación arquitectónica, se remontan a etapas históricas mucho más lejanas que lo que comúnmente se piensa.
5. La aplicación de métodos numéricos o del cálculo analítico o gráfico puede ser un instrumento práctico de diseño. Estos métodos pueden, si no sustituir, por lo menos complementar, el acto de intuición que muchos diseñadores utilizan conciente o inconcientemente durante el proceso de diseño.
6. Los métodos numéricos pueden servir como elementos confiables de evaluación del funcionamiento de una edificación, y por lo tanto tienen la posibilidad de proporcionar una visión objetiva de las características de diseño de cada sistema.
7. La correcta aplicación de estrategias para el uso pasivo de la energía solar redundará en un mejor funcionamiento de las edificaciones cuando se les compara con aquellas que no han utilizado ningún tipo de conceptos para aprovechar la energía de una manera natural. Ello nos llevará a la solución, total o parcial, de problemas generados por diseños que no han considerado este tipo de opciones naturales en su proceso.

IV. PRUEBA DE HIPOTESIS.

A. INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA ENERGIA SOLAR EN UNIVERSIDADES, TECNOLOGICOS Y OTRAS INSTITUCIONES.

1. Planteamiento.

Con efecto de tener una mejor idea de la situación general en la que se encuentra la enseñanza de los sistemas de energía solar en nuestro país, ya sea considerada por sí misma o combinada con la investigación, es conveniente analizar cuantitativamente la situación de los lugares en donde se imparten cursos o se realiza investigación sobre el tema, a nivel educación superior.

A fin de tener una base de comparación sobre la cual fundar juicios objetivos, se pretende hacer un análisis del número de escuelas, universidades e instituciones de enseñanza superior que de alguna manera realizan labores de docencia de una forma regular enfocadas directamente a la instrucción sobre temas relacionados con la energía solar (ya sea utilizando sistemas activos o pasivos), para compararlas posteriormente con el número total de instituciones que enseñan arquitectura o campos relacionados.

Una comparación entre estos dos parámetros: las escuelas que enseñan temas relacionados con la energía solar, y el número total de escuelas de diseño arquitectónico, podrá darnos una idea general de la situación cuantitativa de instituciones que se interesan en la enseñanza del diseño tecnológico enfocado al uso de energía solar.

Primeramente, para la selección de aquellas instituciones que de alguna forma están relacionadas con la enseñanza del diseño arquitectónico y que deberían de considerarse dentro del presente análisis, se utilizaron los siguientes criterios:

1. Se consideraron como significantes cuantitativamente para el presente análisis todas aquellas universidades, instituciones de educación tecnológica, o escuelas de educación superior que se encuentran directamente relacionadas con la enseñanza del diseño arquitectónico y ramas afines.

Este criterio, aunque aparentemente sencillo, lleva consigo varias premisas que fueron necesarias considerar para lograr una base lógica de comparación entre instituciones. Por ejemplo, en el Anuario Estadístico 1985 (ANUIES) se citan, dentro de la concentración nacional de la población de licenciatura por área y carrera, lo siguiente:

CONCENTRACION NACIONAL DE LA POBLACION
DE LICENCIATURA POR AREA Y CARRERA.
(extracto)

ARQUITECTURA Y DISEÑO.

Arquitecto
Diseño Gráfico
Diseño Industrial
Diseño Textil
Diseño de Muebles
Diseño de Objetos
Ingeniero Arquitecto
Ing. Arquitecto en Administración de Obras.
Ing. Arquitecto en Asentamientos Humanos
Lic. en Arquitectura y Urbanismo
Lic. en Diseño Arquitectónico
Lic. en Diseño Gráfico e Industrial
Lic. en Diseño Industrial de Interiores
Lic. en Diseño de Indumentaria
Lic. en Diseño de Interiores
Lic. en Diseño de los Asentamientos Humanos.

Fuente: Anuario Estadístico 1985.
ANUIES, México D.F. 1986.

Para efectos de análisis, sólo se consideraron las siguientes carreras del cuadro anterior:

Arquitecto
Ingeniero Arquitecto
Ing. Arquitecto en Administración de Obras.
Ing. Arquitecto en Asentamientos Humanos
Lic. en Arquitectura y Urbanismo
Lic. en Diseño Arquitectónico
Urbanismo
Lic. en Diseño de los Asentamientos Humanos.

desechando algunas carreras que se consideraron que no estaban directamente relacionadas con el campo de investigación que pretendemos en el presente estudio.

Ello, lógicamente, no impide que exista gente en estas carreras con fuertes inquietudes hacia temas de aprovechamiento de energía solar. La selectividad en este caso se dió en razón a que las mayores posibilidades de interés en el tema que nos atañe se daría más frecuentemente en campos directamente relacionados con el diseño arquitectónico.

2. Se tomaron en cuenta los niveles de educación superior, considerando tanto licenciatura, especialización, maestría y doctorado, pero contabilizándose por separado.
3. Para efectos de análisis cuantitativo, se contaron aparte, como dos instituciones distintas, a los campus de una misma universidad o institución de enseñanza superior que se encuentren en diferentes entidades federativas de la república.
4. El número de estudiantes considerado es el total de alumnos a la fecha del estudio estadístico, es decir, aquellos de primer ingreso adicionados a los de reingreso (1985).

2. Investigación Cuantitativa de las Instituciones.

Para el análisis cuantitativo de la relación de escuelas de arquitectura que cumplen la enseñanza del diseño tecnológico aplicado a temas relacionados con la energía solar, se estudiaron los datos que se obtienen de los anuarios estadísticos de las instituciones de educación de nivel superior.

Basados en los criterios antes expuestos se consiguió la siguiente información, a nivel nacional, misma que se muestra en las siguientes tablas. Las características de aquellas escuelas o instituciones que tienen la posibilidad de enseñar de forma regular materias relacionadas con el diseño arquitectónico desde un punto de vista tecnológico se muestran en las tablas II, III y IV. El muestreo de escuelas que en realidad realizan algún tipo de labor docente o de investigación en este campo están listadas en la tabla V.

TABLA II.

POBLACION ESTUDIANTIL DE NIVEL LICENCIATURA
EN AREA DE DISEÑO ARQUITECTONICO Y RAMAS AFINES
POR ENTIDAD FEDERATIVA.
(1985)

ESTADO	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	ESC.
Aguascalientes	148						73		1
Baja California Norte	1175								3
Baja California Sur	0								0
Campeche	93								1
Coahuila	1439								6
Colima	102								2
Chiapas	206								1
Chihuahua	468								2
Distrito Federal	5406	3886						68	9
Durango	119								1
Guanajuato	659								2
Guerrero	208			78	117				2
Hidalgo	184								1
Jalisco	3995	157							4
México	4106					59			5
Michoacán	1619								3
Morelos	283								1
Nayarit	145								1
Nuevo León	2710						3		4
Oaxaca	643								2
Puebla	4153								3
Queretaro	103								2
Quintana Roo	0		135	97					0
San Luis Potosí	439								1
Sinaloa	1202								2
Sonora	0								0
Tabasco	0								0
Tamaulipas	864								4
Tlaxcala	0								0
Veracruz	1527								4
Yucatán	346								1
Zacatecas	150								1
	32.492	4043	135	175	176	3	73	68	69

SIMBOLOGÍA:

ESC = numero de escuelas en el estado.

I	Arquitecto
II	Ingeniero Arquitecto
III	Ing. Arquitecto en Administración de Obras.
IV	Ing. Arquitecto en Asentamientos Humanos
V	Lic. en Arquitectura y Urbanismo
VI	Lic. en Diseño Arquitectónico
VII	Urbanismo
VIII	Lic. en Diseño de los Asentamientos Humanos.

TABLA III.

POBLACION ESTUDIANTIL DE NIVEL LICENCIATURA
EN AREA DE DISENO ARQUITECTONICO Y RAMAS AFINES
(1985)

	<u>ARQUITECTURA Y DISENO</u>	<u>POBLACION</u>
I	Arquitecto	32,492
II	Ingeniero Arquitecto	4,043
III	Ing. Arquitecto en Administración de Obras.	135
IV	Ing. Arquitecto en Asentamientos Humanos	175
V	Lic. en Arquitectura y Urbanismo	176
VI	Lic. en Diseño Arquitectónico	3
VII	Urbanismo	73
VIII	Lic. en Diseño de los Asentamientos Humanos.	68

		37,165

Fuente: Anuario Estadístico 1985.
ANUIES, México D.F. 1986.

TABLA IV.

POBLACION ESTUDIANTIL A NIVEL POSGRADO
DE AREA DE DISENO ARQUITECTONICO Y RAMAS AFINES
(1985)

NIVEL ESPECIALIZACION

	<u>POBLACION</u>	<u>ESCUELAS</u>
Sist. del Proy. Arq.	15	1
	----	----
Total:	15	1

NIVEL MAESTRIA

Arquitectura	54	1
Arquitectura Solar	8	1
Arquitectura-Tecnología	20	1
Diseño Arquitectónico	16	1
Investigación y Urbanismo	11	1
Urbanismo	55	1
	----	----
Total	164	6

NIVEL DOCTORADO

Arquitectura	18	
Urbanismo	12	1
	---	---
Total	30	1

Donde la distribución a nivel de entidades federativas se da de la siguiente manera:

<u>NIVEL</u>	<u>ENTIDAD FEDERATIVA</u>	<u>ESCUELAS</u>	<u>TOTAL</u>
ESPECIALIZACION	Edo. México	1	1
MAESTRIA	Baja Cal. Norte	1	
	Coahuila	1	
	Distrito Federal	1	
	Jalisco	1	
	Nuevo León	1	5
DOCTORADO	Distrito Federal	1	1

En lo referente a la cantidad de escuelas de nivel superior que cuentan con cursos regulares enfocados a la enseñanza e investigación de energía solar, se tomaron los datos ya publicados por investigadores en el área, mismos que se actualizaron en información para que la comparación pudiera ser válida. Concretamente se tomó un análisis cuantitativo a nivel nacional, presentado en 1984, al cual se le actualizaron algunos datos. Tal estudio ha sido comentado en la literatura especializada de nuestro país (Hernández, 1984), y realizado por otras instituciones (DIGAASES-SAHOP).

La tabla V muestra de manera sumaria los resultados obtenidos de varias fuentes, sobre las instituciones que de alguna manera realizan actividades relacionadas con el uso de la energía solar, de una manera sistemática.

Es de notar que del número total de instituciones que realizan algún tipo de investigación o desarrollo dentro del campo de la energía solar (29), sólo ocho de ellas llevan a cabo actividades de docencia.

TABLA V

INVESTIGACION Y DESARROLLO DE LA ENERGIA SOLAR EN UNIVERSIDADES TECNOLOGICAS Y OTRAS INSTITUCIONES

30-8

INSTITUCIONES	DESARROLLOS DE ENERGIA SOLAR				MATERIALIZACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACION															
	PROYECTOS DE INVESTIGACION	PROYECTOS DE INVESTIGACION	PROYECTOS DE INVESTIGACION	PROYECTOS DE INVESTIGACION																
U. A. M.																				
- INSTITUTO DE INGENIERIA																				
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE MATERIALES																				
- INSTITUTO DE GEOFISICA																				
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MATEMATICAS APLICADAS A SISTEMAS																				
U. A. M.																				
- UNIDAD AZCAPOTZALCO																				
- UNIDAD IXTAPALAPA																				
UNIVERSIDAD LA SALLE																				
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA																				
I. P. N.																				
- CENTRO DE INV. Y ESTUDIOS AVANZADOS																				
- DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA																				
- DEPARTAMENTO DE FISICA																				
- ESCUELA SUPERIOR DE INY. Y ING. TECAMACHALCO																				
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELECTRICAS																				
CENTRO DE ESTUDIOS ECONOMICOS Y SOCIALES DEL TERCER MUNDO																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAMPOM																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA																				
UNIVERSIDAD DE SONORA																				
- ESCUELA DE ALTOS ESTUDIOS EN FISICA																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CD. JUAREZ																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL EDO. DE MEXICO																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT																				
INSTITUTO TECNOLOGICO DE ESTUDIOS																				
- SUBESTACIONES DE MONTERREY																				
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SOBRE RECURSOS BIOTECN. JALAPA, VER.																				
INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE (GUADALAJARA)																				
INSTITUTO REGIONAL DE SALTILLO																				
INSTITUTO REGIONAL DE TIJUANA, B.C.																				
INSTITUTO REGIONAL DE LA PAZ, B.C.S.																				
INSTITUTO REGIONAL DE CULIACAN																				
INSTITUTO TECNOLOGICO DE MEXICO																				
- CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS DE GRADUADOS E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS																				
TECNOLOGICO DE OAXACA																				
TECNOLOGICO DE CD. JUAREZ																				
TECNOLOGICO DE AGUASCALIENTES																				
UNIVERSIDAD DE AGUASCALIENTES																				
UNIVERSIDAD DE VERACRUZ																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE S.L.P. INST. DE FISICA																				
INSTITUTO TEC. REGIONAL DE MATANZOS																				
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE ZACATECAS																				

Fuente: DIGAASES-SAHIP

3. CONCLUSIONES.

1. El número de universidades, tecnológicos y escuelas de educación superior que se dedican a la enseñanza a nivel licenciatura del diseño arquitectónico y áreas afines se encuentran más o menos uniformemente distribuidas por toda la república. Las entidades federativas que cuentan con mayor población estudiantil dentro de éstos campos son:

ENTIDAD	POBLACION	ESCUELAS
Distrito Federal	9360	9
México	4165	5
Puebla	4153	3
Jalisco	4152	4
Nuevo León	2713	4

2. El número total de escuelas a nivel licenciatura con capacidad para la docencia de temas directamente relacionados con el diseño arquitectónico es cuando menos de 69 (para el año de 1985).
3. En el nivel posgrado, sin embargo, la distribución de escuelas de educación superior enfocadas al diseño arquitectónico y ramas afines es muy poco uniforme, quizás debido al número reducido de instituciones que ofrecen estos estudios (especialización: 1 ; maestría: 5; doctorado: 1).
4. Existen por lo menos 29 instituciones donde se llevan a cabo de manera regular investigación y desarrollo de temas relacionados directamente con energía solar. De ellos, ocho solamente son citadas como desarrollando al mismo tiempo labores de docencia, lo cual representa solo un 27.5 % de las instituciones que realizan labores de investigación.
5. Cuando se compara el número de instituciones que podrían dar este tipo de enseñanza con el número de universidades que realmente lo proporcionan, el porcentaje es todavía menor: de las 69 escuelas de educación superior en arquitectura sólo 8 tienen labores regulares de docencia enfocada al aprovechamiento de la energía solar, lo cual representa un porcentaje muy bajo: el 11.5%. Ello quiere decir que de las escuelas de arquitectura a nivel licenciatura, casi nueve de cada diez no cuentan con cursos regulares relacionados con el tema. Es conveniente hacer notar el gran potencial que tienen estas escuelas para proporcionar actividades de enseñanza en temas relacionados con el aprovechamiento, activo o pasivo, de la energía solar.

6. Los datos antes expuestos están referidos en base a datos calculados utilizando los Anuarios Estadísticos (1985) de licenciatura y posgrado publicados por ANUIES (Asociación de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior), los cuales son los más recientes. Seguramente en los años siguientes más instituciones de enseñanza superior han decidido enfocar parte de su labor docente hacia la enseñanza del diseño tecnológico (y nuevas maestrías creadas con enfoque hacia la helioarquitectura, como en Colima y en Temixco), aunque también por otro lado el número de escuelas de arquitectura aumenta, por lo que la proporción antes analizada (diseño arquitectónico/diseño arquitectónico tecnológico) es probable que no se incremente drásticamente.

B. SEMBLANZA BIBLIOGRAFICA SOBRE USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR.

1. Planteamiento.

Es de primera importancia para nuestro estudio el conocimiento del estado de los textos que tratan las estrategias de diseño, en especial aquellos relacionados con los usos pasivos de la energía solar, considerando además su relación a la enseñanza del diseño arquitectónico.

Por esta razón se hizo un análisis general sobre la situación existente en nuestro país respecto a éste tema, de manera que pudiera ser relacionado con las hipótesis que se plantean en el presente escrito. Para ello se utilizó el método de análisis estadístico sobre encuestas a una muestra limitada, con las siguientes características:

1. Se tomó una muestra limitada de personas (5) consideradas como ampliamente conocedoras del tema, y como representativas de un grupo de profesionales dedicados a la enseñanza del diseño arquitectónico dentro de su aspecto tecnológico, y más específicamente, con profundos conocimientos de la utilización de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar.

2. Se les pidió a estas personas que dieran su opinión sobre los libros más útiles, importantes, o necesarios para lograr la enseñanza y aprendizaje del tema de usos pasivos de la energía solar para gentes directamente relacionadas con el diseño arquitectónico, tomando en cuenta que la elección de los textos tuviera las siguientes características:

La elección se limita a libros directamente relacionados con aspectos del uso pasivo de la energía solar. Aquella literatura que toque este tema como parte de su contenido no deberá ser tomada en cuenta para la presente encuesta.

- Se tomarán los cincuenta libros que se consideren de mayor interés desde el punto de vista didáctico.
- El usuario final de la literatura se considera el estudiante interesado en cuestiones que tratan aspectos de usos pasivos de energía solar, y más específicamente, aquellas personas directamente relacionadas con el diseño arquitectónico, todos dentro de la circunstancia de enseñanza de nuestro país.
- Para efectos de la encuesta, la elección no tiene ninguna limitante en lo que respecta a idioma en que los libros estén escritos, su lugar de publicación o venta, su valor comercial, o su facilidad de obtención.
- Siendo este un campo de alto grado de desarrollo e investigación, se sugiere que los textos elegidos no tengan más de 8 años de haber sido publicados.
- Para efectos de la encuesta, se prefirió el eliminar los artículos publicados en el renglón de usos pasivos de la energía solar, básicamente por su gran variedad y cantidad. Se consideró que el tomarlos en cuenta podría dar resultados erróneos en la apreciación de la situación real del problema de adecuación de los textos al proceso de enseñanza-aprendizaje, máxime que en la mayoría de los casos el alumno recurre más a libros que a artículos especializados.

3. De los libros estudiados se tomaron en cuenta algunos aspectos, unos totalmente objetivos, y otros basados en la opinión subjetiva de los electores. Las características que se consideraron fueron las siguientes:

- El idioma en que están escritos: generalmente Español, Inglés, Francés o Alemán, y en su caso el idioma original de las traducciones.

- El sistema de unidades de medición que utilizan: Sistema Internacional (SI) , el sistema Inglés de Medición (Inch-Pound System: I-P) . o ambos.
- La facilidad de encontrarlos a la venta o en bibliotecas que no sean especializadas. Los títulos bajo los cuales se clasificó el total de los libros fueron de "disponible" o "no disponible". queriendo calificar la facilidad o la dificultad de encontrar la literatura citada para su uso. El tiempo límite que se consideró fue de una semana: cualquier tiempo mayor para conseguir un libro se clasificó dentro de la categoría de "no disponible" de inmediato.
- Se pretendió dar una opinión simplificada sobre si los libros tenían o no un enfoque didáctico. Tal decisión fue hecha por medio de la opinión personal de las gentes que recomendaron los textos, tomando en cuenta la existencia o inexistencia de contenido presentado de una forma conveniente para el proceso de enseñanza-aprendizaje, sea intencionada o no por el autor. La evaluación en éste caso tuvo que ser fuertemente subjetiva. Ya que un estudio más objetivo y con una mayor actitud crítica sobre este aspecto representaría un fuerte gasto de tiempo, esfuerzo, opinión y discusión. Por ello se consideró que los resultados obtenidos por el método de evaluación subjetiva no variarían drásticamente de aquellos que se pudieran obtener por medio de una estudio mucho más complejo. y por lo tanto se pueden tomar como válidos.
- Se consideró el aspecto de si existían o no ejemplos resueltos de la teoría que se expone en el texto, con el fin de clarificar al alumno la exposición del conocimiento. La norma que se siguió para clasificar los libros dentro de éste aspecto fue el de definir si existen ejemplos resueltos en el contenido de una manera mas o menos sistemática (un ejemplo por capítulo, por ejemplo). Así, aunque un libro contara con uno o dos ejemplos debidamente resueltos dentro de su contenido total, no fue considerado como apropiado para su clasificación dentro de aquellos que basan su exposición en teoría-aplicación si es que no contaba con ejemplos de una manera regular.

Como aspecto adicional, se evaluaron dos características dentro de los libros que estaban traducidos de otros idiomas al español: una, conocer si la mayoría de las traducciones estaban trabajadas en el sistema internacional (SI) de unidades de medición, o por el contrario, en el sistema inglés; segundo, si existía alguna modificación o complementación en los datos (climáticos, económicos, fiscales, p.e.) que se exponían en la edición original para adecuar el texto hacia las circunstancias de los lectores de habla hispana.

4. Siendo la evaluación de la literatura especializada realizada desde un punto de vista cualitativo más que cuantitativo, la cantidad de electores de la muestra pudo ser suficientemente pequeña puesto que no se analizó el contenido, calidad o profundidad de la bibliografía, sino solo algunas cualidades que se consideraron relevantes para definir aspectos interesantes para confirmar o refutar las hipótesis expuestas. El aumentar el número de electores calificados en libros relevantes para el proceso enseñanza-aprendizaje de la energía solar no hubiera modificado los resultados de una manera apreciable.

2. Investigación y Resultados.

Del análisis de los cincuenta libros considerados como más relevantes para el proceso de enseñanza-aprendizaje, dentro del contexto de nuestro país, se dedujeron los datos que se muestran en la siguiente tabla:

TABLA VI.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS
LIBROS RELACIONADOS CON EL USO PASIVO DE
LA ENERGIA SOLAR.

(Abril-Mayo 1987, Mexico D.F.)

1. Idiomas en los que se encuentran escritos los textos:

Idioma original:	Inglés	58 %
	Español	16 %
Traducciones :	Inglés-español	20 %
	Francés-español	4 %
	Alemán-español	2 %

2. Sistema de Unidades de Medición que utilizan:

Sistema Internacional (SI)	40 %
Sistema Inglés (Inch-Pound)	54 %
Ambos sistemas (SI + I-P)	6 %

3. Disponibilidad, evaluada en base a la facilidad de poder adquirirlos u obtenerlos a través de una biblioteca.

Disponibles	28 %
No disponibles	66 %
S/Info	6 %

4. Libros orientados de una manera considerada adecuada desde el punto de vista del proceso enseñanza-aprendizaje:

Didácticos	36 %
No didácticos	60 %
S/Info.	4 %

5. Libros en los que se encuentran ejemplos resueltos para facilitar la comprensión del tema al estudiante:

Con ejemplos resueltos	34 %
Sin ejemplos resueltos	60 %
S/Info.	6 %

6. De las traducciones de libros especializados al español, que sistema de medidas utilizan:

Sistema Internacional (SI)	64 %
Sistema Inglés (Inch-Pound)	36 %
Ambos sistemas (SI + I-P)	0 %

7. De las traducciones de libros especializados al español, cuántos complementan su información para que se adecúe a las necesidades de países de habla hispana:

Sin Modificaciones	100 %
Con modificaciones	0 %

NOTAS:

"S/Info." significa que no se obtuvieron datos.

Las cantidades se expresan cerrando a los números enteros más cercanos (p.e. 58.7 = 59 %).

3. Conclusiones.

- a. Vemos que la mayor parte de los libros especializados en el tema de uso pasivo de la energía solar están escritos en idiomas distintos al español (Inglés, 58 %), seguidos por traducciones de otros idiomas al español (26 %). Aquellos directamente relacionados con el tema, de autores hispano-parlantes sólo representan el 16 % de la totalidad de los libros.

- b. De los libros considerados como relevantes para el proceso de enseñanza-aprendizaje, aquellos que utilizan el sistema métrico inglés (Inch-Pound System: I-P) sobrepasan ligeramente a los que utilizan el sistema métrico decimal (Sistema Internacional: SI). La diferencia parece no ser estadísticamente relevante, por lo que podemos considerar que la cantidad de libros que utilizan estos sistemas es muy similar. Quizás en el futuro, con la tendencia a cambiar a un sistema único, estos índices puedan variar sensiblemente.
- c. La mayor parte de los libros presentan problemas en su obtención u adquisición (66 % vs 28 %). Aproximadamente dos de cada tres textos son difíciles de conseguir.
- d. La mayoría de la literatura especializada no tiene un enfoque definitivamente didáctico, que pudiera facilitar al alumno el acercamiento a estos temas. Asimismo, se nota la falta de estrategias de enseñanza por medio de ejemplos resueltos en los citados textos. No se encontró una relación total y definitiva en relación a que todos los libros considerados como didácticos (aspecto intencionado o no por el autor) fueran los que contarán con ejemplos resueltos, y de manera inversa, todos los libros que tuvieran problemas resultados fuesen considerados como con un enfoque apropiado desde el punto de vista de su aplicación al proceso enseñanza-aprendizaje.
- e. De las traducciones al español, la mayoría provienen del idioma inglés (77 % del total de traducciones). En lo que respecta a las traducciones de otros idiomas distintos del inglés, y aunque quizás las cifras no sean totalmente confiables desde el punto de vista estadístico, parece ser que los idiomas que le siguen como origen son el francés (15 %) y el alemán (8 %).
- f. De las traducciones de otros idiomas al español, ninguna mostró la adecuación de la información a la circunstancia de los países hispano-parlantes, de modo que los datos que se presentan en la citada literatura están referidos a otros elementos climáticos, aspectos fiscales o necesidades probablemente distintas a las de los países latinoamericanos.

C. ENCUESTA SOBRE ACTITUDES DE GRUPOS RELACIONADOS CON EL CAMPO DEL DISEÑO HACIA EL USO PASIVO DE LA ENERGÍA SOLAR.

1. Planteamiento.

Para efectos de comprobación de algunas de las hipótesis expuestas en la presente tesis, es conveniente conocer las actitudes de ciertos grupos, sobre todo los relacionados con el campo del diseño hacia los usos pasivos de la energía solar.

El considerar únicamente a personas interesadas en aspectos de edificación y diseño de proyectos tiene la finalidad de centrarse en el objeto de estudio. Las actitudes del público en general sólo serán consideradas aquí desde su punto de vista como usuarios. La forma de pensar del diseñador, por otro lado, es conveniente conocerla no sólo desde ese punto de vista, sino también ser considerada como potencial instrumento de cambio. Es precisamente en este grupo de gente, los allegados al campo del diseño, los que pueden dar la pauta para el inicio en la aplicación de usos pasivos de energía solar en nuestro país.

La forma clásica de estimar las actitudes de la gente, dentro de ciertos marcos teóricos y con características específicas ha sido la encuesta. Las razones para la elección de este tipo de metodología de investigación, y en particular de la elección de la encuesta como método de conocimiento en este caso particular ya han sido comentadas en la sección IV, de manera que nos limitaremos a comentar la forma en que se llevó a cabo la investigación en esta situación particular.

Al iniciar la encuesta hubo, por necesidad, que definir algunos de los parámetros dentro de los cuáles sería conveniente realizar la actividad de medición. Para ello, los criterios que se utilizaron fueron los siguientes:

- a. Se encuestó a gente relacionada con el campo del diseño arquitectónico, independiente de su situación como usuario, diseñador o estudiante.
- b. Para efectos de comparación, se contabilizó la encuesta dentro de tres grupos distintos:

- * Personas relacionadas directamente con el diseño arquitectónico, pero con pocos o nulos conocimientos sobre las estrategias prácticas del uso pasivo de la energía solar (Grupo I).
 - * Personas allegadas al diseño arquitectónico, pero con una base bastante firme sobre los usos de la energía solar, preferiblemente aquellas personas que ejercen la profesión de diseñadores dentro del campo de la arquitectura, y aún más si realizan actividades de docencia o investigación (Grupo II).
 - * Los usuarios de edificios que incorporan en su diseño estrategias del aprovechamiento natural de la energía, preferiblemente usos pasivos de la energía solar (Grupo III).
- c. Si bien el fin primordial de la encuesta fué determinar las actitudes de grupos frente a los usos pasivos de la energía solar, para efectos del cuestionario en el grupo de personas consideradas con conocimientos sobre energía solar, se incluyeron asimismo aquellas con bases sólidas en energía solar activa (es decir, aquellos sistemas que utilizan algún tipo de equipo mecánico o eléctrico). Las razones para ello son por una parte práctica y por otra lógica: en primera instancia, aunque la situación ideal fuera el tomar en cuenta la actitud de gente relacionada con la investigación y enseñanza del diseño pasivo de la energía solar, fué difícil encontrar un número grande de personas con un amplio conocimiento de aplicaciones pasivas para lograr resultados estadísticamente confiables. Por otro lado, los profesionales de los sistemas activos tienen también un acervo de datos sobre los sistemas pasivos, e inclusive a menudo sus proyectos involucran estrategias de los dos sistemas, tanto activos como pasivos. La opinión de los especialistas es, por consiguiente, también relevante para nuestros fines.
- d. Los factores que determinaron los aspectos a encuestar fueron motivados por el establecimiento de las hipótesis primarias que había que comprobar. La mayoría de las preguntas fueron, de esta manera, enfocadas con un fin que las relacionaba directamente con la comprobación de las hipótesis principales. Como lecturas básicas de guía se utilizó bibliografía enfocada directamente hacia el diseño y realización de encuestas (p.e.: Lininger, 1975; Oppenheim, 1966; Kerlinger, 1986, etc.).

- e. Las preguntas también consideraron el efecto de retroalimentación del encuestado. Para poder obtener resultados confiables, dentro de lo posible, se diseñaron preguntas con un mismo sentido, pero enunciadas de forma distinta. Si bien las preguntas no eran exactamente iguales, el sentido buscado en las actitudes era bastante parecido. Por ejemplo, al preguntar la opinión al encuestado acerca de las características de edificaciones con estrategias pasivas en el uso de la energía solar dentro de su diseño, se preguntaba: Son atractivos porque los usuarios están, en general, satisfechos con sus diseños? (Pregunta 14) Y más adelante se preguntaba: Son atractivos porque las expectativas del usuario quedaron satisfechas? (Pregunta 18).
- f. Los cálculos estadísticos fueron realizados en base a teoría estadística paramétrica clásica (Spiegel, 1961; Harnett, 1975; Chou, 1986). Para efecto de reducir la carga de trabajo, aumentar la exactitud e incrementar la rapidez de los cálculos, se realizaron las estimaciones por medio de programas automatizados de computadora. Estos programas están basados en teoría estadística clásica, y fueron modificados ligeramente para adecuarlos al problema. El Apéndice 'B' muestra el listado de algunos de estos programas tal y como fueron utilizados en el cálculo de las muestras. La bibliografía consultada referente a la cuestión de estimación estadística se muestra adjunta a estos programas.

El interés fundamental que se buscó en el cálculo estadístico fue enfocado a tres aspectos. Primeramente, se necesitaba evaluar los parámetros estadísticos sencillos más convenientes para describir la situación del problema. Como era de esperar, éstos parámetros resultaron coincidir con aquellos que cita la literatura especializada como los más usuales (media aritmética, media geométrica, varianza, desviación estandard, etc.).

En segundo lugar, el programa cuenta también con la ventaja de poder realizar cálculos mediante datos agrupados o sin agrupar, de manera que, en caso necesario, los resultados parciales pueden ser recalculados fácilmente con objeto de cotejarlos con el resultado final.

El tercer aspecto considerado dentro del cálculo estadístico fue el tamaño de la muestra según el grado de confiabilidad deseado. Éste fue determinado en base a la teoría clásica.

Esta parte de la investigación está basada en fundamentos de teoría de estimación, donde se determinan estimaciones imprevistas para varias estadísticas a partir de muestras, y determinando el número de muestras que deben tomarse para reducir la probabilidad de error para que estas estimaciones sean máximas.

Para efectos de funcionamiento, el programa (asimismo listado en el Apéndice B) requirió introducir el tamaño, la media, y la varianza de la muestra. Como resultado se obtiene la estimación imprevista de la varianza de la población, con siete niveles de confianza distintos. Una vez que se ha corrido el programa se puede conocer el tamaño necesario de la muestra para obtener un grado de confianza conveniente.

Para efectos de diversificar la muestra, se trató de encuestar a personas no sólo de distintos grupos, sino de instituciones diferentes. El desconocer si existe o no alguna tendencia a homogeneizar la forma de pensar de los docentes o investigadores por el hecho de trabajar un tiempo relativamente largo en una institución, llevó a la conclusión de eliminar esta posibilidad aumentando la diversificación de encuestados.

En el caso de los arquitectos, estudiantes, docentes e investigadores, se tomaron las opiniones del personal que labora en varias instituciones de enseñanza superior. En el caso de los usuarios se trató de abarcar la mayor gama posible dentro de la distribución climática de México, aunque en este aspecto la gran mayoría de los encuestados corresponde a la zona centro de la república. Algunos de los centros donde se realizaron encuestas se mencionan a continuación: UNAM (Facultad de Arquitectura, División de Posgrado de Arquitectura, Instituto de Ingeniería, Instituto de Investigación de Materiales, Laboratorio de Energía Solar en Temixco, Mor.), IPN (CINVESTAV), Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados), así como grupos ecológicos y comunidades con una fuerte preocupación ecologista.

2. Desarrollo de la Encuesta.

En base a estos datos se efectuó un borrador de lo que después sería el cuestionario. Se realizó una primera prueba con un número limitado de gente para detectar errores y corregir ambigüedades. Se trató que, en lo posible, los encuestados en éste primer intento tuvieran nociones sobre el objetivo final del cuestionario dentro del trabajo general de la presente investigación, para de ésta manera promover una retroalimentación positiva y honesta de la crítica hacia la encuesta. Parece que éste objetivo se logró dentro de un buen margen.

Los problemas que se notaron con mayor frecuencia en el primer borrador fueron varios. El detectarlos a tiempo ahorró muchos recursos en tiempo y esfuerzo. Algunos de los desaciertos detectados se describen a continuación.

Quizás el error más común fué el de suponer que el encuestado conocía el lenguaje técnico usual de la bibliografía relacionada con la energía solar. En muchas ocasiones ocurrió que conceptos que para el encuestante parecían obvios o evidentes, nó lo eran en lo absoluto para el encuestado. El lenguaje tuvo que ser cambiado y en ocasiones notas explicativas tuvieron que ser agregadas.

Otro tipo de correcciones necesarias fué el de hacer las preguntas lo más concretas posibles, tratando de eliminar las ambigüedades en lo posible. Si bien en algunas de ellas esto fué relativamente fácil de lograr, en otras requirió un estudio más profundo sobre todas las posibilidades de respuesta que se podían enfrentar. Inclusive la forma de enunciar una misma pregunta daba diferentes resultados aparentes. La decisión final tuvo que ser la de diseñar el cuestionario de forma que se lograran los resultados más objetivos posibles, tratando de eliminar tendencias, ya fueran concientes o inconcientes, del entrevistador en la encuesta.

El temor inicial de que la extensión del cuestionario influyera negativamente en su aplicación práctica no se concretó en absoluto. El cuestionario final, mostrado en el Apéndice 'A' consta de 53 preguntas con un número mínimo de 70 respuestas, ya que existen preguntas donde se pide al encuestado varias evaluaciones críticas sobre un mismo aspecto. La aplicación exitosa de la encuesta quizás se debió, en mayor o menor grado, a los siguientes aspectos:

- * El tema a tratar es considerado por la mayoría de la gente como relativamente nuevo, y por lo mismo, resulta atractivo.
- * Los encuestados sentían que su aportación era realmente valiosa.
- * Las preguntas se diseñaron de manera que fueran lo más concretas posibles.
- * No se plantearon cuestionamientos agresivos: no había preguntas que atentarán contra la seguridad del encuestado, ya fuera en su forma de pensar o de actuar.

En el primer borrador se consideraban un número relativamente grande de posibilidades de respuesta en la parte referente a los posibles problemas que surgían en los edificios de diseño convencional contra aquellos que habían utilizado estrategias en el aprovechamiento pasivo de la energía. Al tratar de evaluar los problemas que consideraban relevantes en edificaciones que utilizaran energía solar, por ejemplo, se les preguntaba si catalogaban en problema como no existente, muy ligero, mediano, serio o muy serio (Intolerable). A estos adjetivos era necesario darles un valor numérico para efectos de proceso de datos, quedando los valores dentro del rango de cero a 4, de la siguiente forma:

- 0. No Existente.
- 1. Muy Ligero.
- 2. Mediano.
- 3. Serio.
- 4. Muy serio (Intolerable).

Una de las consecuencias positivas que se esperaban de este tipo múltiple de evaluación era el de determinar con mayor exactitud las actitudes concretas de la gente hacia cierto problema. El tener cinco opciones precisaba en mayor proporción los criterios de los encuestados. Al momento de la aplicación, sin embargo, tanto el uso del sistema aritmético (del cero al cuatro) como el de jerarquía de adjetivos (no existente a intolerable) quitaba tanto la atención en la respuesta que había ocasiones en que la pregunta se olvidaba. Hubo pues que reducir las opciones de respuesta a las mínimas, de manera que se considerara el problema como no existente, regular o serio, de la siguiente manera:

ESCALA DE LA ENCUESTA

0.	Nada.
1.	Poco.
2.	Mucho.

Las respuestas, sin embargo, pudieron ser aprovechadas por el entrevistador en cuestión de exactitud, tomando en cuenta la respuesta oral del entrevistado en los casos en los que no existía una respuesta definitiva. Al reponder, por ejemplo, que la evaluación crítica de un problema "estaría entre mucho y poco", la respuesta fue evaluada con una calificación de 1.5 (en este caso únicamente se consideraron medios puntos). El sistema de fraccionar las calificaciones de respuesta permitió seguir conservando parte de la exactitud deseada, sin perder la atención del entrevistado con sistemas de evaluación poco - utilizados, y que por lo tanto exigían un esfuerzo extra de la persona cuestionada.

Para efectos de cálculo, los resultados fueron finalmente transformados a la escala más precisa, de cinco calificaciones (0 a 4), por medio de la ponderación de los valores obtenidos en la encuesta, y que se muestran en la parte de 'Resultados' como la media aritmética corregida.

3. Resultados.

Los resultados de la encuesta de actitudes que se realizó a tres grupos directamente relacionados con el diseño arquitectónico, y especialmente interesados en el uso pasivo de la energía solar, están marcados como partes I, II y III, y que corresponden a la siguiente clasificación:

- Parte I. Arquitectos y Estudiantes, con pocos o nulos conocimientos sobre estrategias de diseño utilizando pasivamente la energía solar.
- Parte II. Profesionales en el Uso Pasivo de la Energía Solar: aquellas personas allegadas al diseño arquitectónico con una base bastante firme de conocimientos sobre estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar.
- Parte III. Usuarios de Diseños que incorporan en su funcionamiento algún tipo de estrategias en el uso pasivo de la energía solar.

El cuestionario completo se muestra en el Apéndice "A" al final del presente escrito. Básicamente se utilizó un sólo formato para la entrevista con los integrantes de los tres grupos, aunque en el caso de los usuarios se agregaron algunos cuestionamientos más específicos a algunas de las preguntas que se hacían, detallando las actitudes más representativas del grupo encuestado.

Los resultados detallados de los cuestionarios aplicados a cada uno de los grupos se muestran en el Apéndice "C", para simplificar la lectura del presente escrito. El lector podrá fácilmente referirse a estos resultados en caso de desearlo. En este apéndice, las preguntas que muestran las hojas de resultados han sido resumidas por cuestión de espacio. Los enunciados completos del cuestionario se pueden encontrar en la versión original de la encuesta (Apéndice A).

Finalmente es conveniente comentar que la mayoría de los encuestados forman parte de la población del centro de la república mexicana, y por tal motivo algunas de las respuestas reflejan el modo de pensar hacia situaciones aplicables a esta región. En los casos en que alguna pregunta se considerara dudosa por la ubicación climática de los diseños, se tomó en cuenta, por razones de homogeneidad, que los proyectos se realizaban en el centro de México. Además es conveniente mencionar que las encuestas se realizaron durante los primeros 8 meses del año 1987.

4. Conclusiones de la Encuesta.

a. Presentación.

La comparación de las distintas actitudes de los grupos encuestados nos puede proporcionar un panorama preciso sobre la forma de pensar de cada uno de ellos. La propia comparación podrá dar alguna idea sobre los aspectos que resultan más claros para cada conjunto, así como aquellos en que se detecten actitudes dudosas. Por otro lado resulta obvio que el pertenecer a alguno de estos grupos no lleva por necesidad la característica obligatoria de compartir los juicios que el común de la gente tiene hacia ciertas situaciones de diseño. Los datos que aquí se presentan son promedios de distintas formas de pensar, que mucho reflejan la formación, educación y experiencia que cada grupo tenga.

Haciendo mención a estos detalles, pasaremos a comparar las distintas actitudes de los grupos encuestados, mismos que se referirán en este capítulo como

- Grupo I (Arquitectos y Estudiantes sin una base firme en el uso de la energía solar)
- Grupo II (Profesionales en el uso de estrategias que involucran la energía solar) y
- Grupo III (Usuarios de diseños que involucran este tipo de estrategias).

Asimismo se divide la presentación de las conclusiones en base a las siguientes partes:

1. Características de conocimiento de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar en la muestra.
2. Análisis de actitudes de los distintos grupos hacia los usos pasivos de la energía solar.
3. Origen de la información.

4. Análisis de actitudes de los distintos grupos hacia las razones por las cuales no se aplican estrategias solares de diseño.
5. Evaluación de problemas tanto en diseños convencionales como solares.

De ésta manera, se presentan a continuación algunas de las conclusiones que pueden deducirse de los resultados de la encuesta.

b. Desarrollo.

1. Características de conocimiento de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar en la muestra.

El conocimiento que los encuestados mencionan tener sobre los usos pasivos de la energía solar (dentro de una escala de 'sí', 'no' y 'regular') se polariza hacia dos actitudes:

Una, la de considerar que se tienen conocimientos vagos o medianos sobre el tema, y que fue la situación más socorrida en los grupos I y III (82.7 % y 77.8 %, respectivamente). Esto quiere decir, que en promedio, el 80 % de las personas encuestadas que no aplican profesionalmente estrategias relacionadas con el aprovechamiento de la energía solar se consideran con conocimientos medianos hacia estos temas.

La segunda actitud es la que considera que se tienen conocimientos relativamente firmes sobre el tema. Esta opinión fue la que tomó aproximadamente la mitad de los encuestados el Grupo II (55.4 %), es decir los profesionales que aplican estrategias solares metódicamente en sus diseños, aunque de por sí en la determinación de las características del grupo, todos deberían de haberse calificado con conocimientos firmes.

De los tres grupos, relativamente poca gente se calificó como desconocedora del tema. Quizás los datos reflejan la adopción por los encuestados de la actitud más segura en la calificación de los conocimientos: el considerarse como teniendo una idea medianamente completa sobre el tema, pero sin irse a los extremos del desconocimiento total o de un conocimiento bastante completo.

2. Análisis de actitudes de los distintos grupos hacia los usos pasivos de la energía solar.

Prácticamente la totalidad de los encuestados consideró que la utilización pasiva de la energía solar era apropiada porque representaba una mejora económica para los usuarios de las edificaciones, sobre todo en el ahorro de pago de servicios energéticos externos (cuentas de electricidad, gas, etc.).

En lo referente a si los edificios que utilizan estas estrategias proporcionan una sensación más agradable del ambiente natural, la mayoría de los encuestados opinó positivamente (Grupos I, 65.2%; II, 100%; III, 100%). Quizás la pequeña variación que se detecta en el grupo I fue el reflejo de parte de los estudiantes y arquitectos encuestados que consideran que algunos ambientes pueden mantenerse dentro de niveles de confort térmico con mayor facilidad mediante sistemas de acondicionamiento artificial (aire acondicionado o calefacción, p.e.) pero que no consideraron el aspecto psicológico. El resultado final, sin embargo, permanece sin cambio, pues se puede considerar que la mayoría de los encuestados cree que los diseños que integran estrategias en el uso pasivo de la energía solar proporcionan una sensación más agradable del ambiente natural.

Esta última afirmación parece estar confirmada cuando se comparan las respuestas de los tres grupos a otra pregunta diseñada para cotejar respuestas. La pregunta 10 enuncia si los diseños 'solares' serán más confortables que los diseños convencionales (sin especificar si el confort es solo térmico, o también involucra aspectos psicológicos, económicos, sociales, etc). Los resultados en este caso muestran muy poca discrepancia (Grupos I, 91.3 %, II, 96.5 %, III, 88.9 %), coincidiendo todos que, en general, los diseños que incorporan estrategias solares son más confortables.

Un aspecto que podría parecer sorprendente es que en la pregunta donde se cuestionaba si los diseños que involucran éste tipo de estrategias gustan más (para ellos) en general, cuando se les compara con los diseños convencionales, la mayor parte de los encuestados contestó positivamente (Grupos I, 91.3 %, II, 79.3 %, III, 100 %) sin tener grandes variaciones en los porcentajes. Esto se debe quizás a que la totalidad de las personas estaban relacionadas directamente con el diseño arquitectónico, y que por lo tanto contaban supuestamente con una sensibilidad estética relativamente desarrollada, entendido este concepto como integrador de función y forma para lograr algo bello o agradable, y no solo como forma.

Los datos que se obtuvieron de los usuarios mostraron que la totalidad de ellos consideraron a los edificios que usan ese tipo de estrategias como más atractivos que los convencionales. Cuando se les preguntó sobre los resultados que se obtendrían cuando se considerara la totalidad de la población de nuestro país la respuesta fue totalmente distinta: los usuarios creen que la mayor parte de nuestra población no sabría a ciencia cierta qué responder a ésta pregunta (66.6 %), dejando un pequeño porcentaje a las decisiones polarizadas.

La cuestión del ahorro de recursos (Pregunta 4) así como si los edificios que incorporan en su diseño estrategias solares son importantes por utilizar fuentes alternas de energía (Pregunta 3) prácticamente no tuvo discrepancias. En el aspecto de ahorro de recursos, la gran mayoría de los encuestados (Grupos I, 100%; II, 99.3 %; III, 100 %) estuvo de acuerdo que el utilizar éste tipo de estrategias en el uso pasivo de la energía solar traería como consecuencia una economía de recursos (y no sólo de dinero como se admitió en la pregunta 1). Respecto a la segunda cuestión, la de si eran importantes éste tipo de diseños por utilizar fuentes alternas de energía, prácticamente la totalidad de los encuestados respondió afirmativamente (100 % en los tres grupos).

Sobre la cuestión de si es más fácil diseñar edificios que involucren estrategias en el aprovechamiento pasivo de la energía solar (pregunta referida al caso de cada usuario) se consideró, en general, que ésta situación no se daba. La mayor parte de las respuestas consideraron más difícil diseñar utilizando las estrategias mencionadas (Grupos I, 91.3%; II, 77.8 %; III, 94.5%). Resulta pues, para los encuestados, mucho más fácil diseñar edificaciones sin este tipo de estrategias. Cuando se les cuestionó por las razones que se podrían dar para explicar esta situación, la mayoría mencionaba el desconocimiento práctico del tema, y la necesidad de dedicar tiempo a la investigación y al estudio de estrategias de diseño especiales. Los usuarios, sin embargo, consideraron que sería relativamente más fácil para un arquitecto con los conocimientos necesarios diseñar una edificación lógica y correcta, que para una persona en la misma circunstancia que no contara con esa información y práctica.

Un aspecto que resultaba inquietante era el de definir si el tener un proyecto que se anunciara como 'incorporando aspectos solares' (es decir, utilizando la energía solar de una manera pasiva o activa) representaba un símbolo de estatus o de privilegio social para los dueños. Asimismo, y cercanamente relacionado con este aspecto, resultaba interesante investigar si se considera que los usuarios de este tipo de edificaciones tienen, en general, un nivel superior de cultura cuando se les compara con la totalidad de los usuarios en circunstancias similares. Se utilizó la palabra 'cultura' y no 'educación' pues

la primera no solo involucra el concepto de educación institucional, sino otros muchos aspectos que pueden ser relevantes desde el punto de vista de desarrollo del ser humano.

En ambos aspectos, los datos obtenidos muestran coincidencias interesantes por grupo. Tanto el Grupo I (Arquitectos y Estudiantes) como el III (Usuarios) consideran que en la realidad sí existe cierto elemento de orgullo social en tener una edificación que integre este tipo de sistemas, aunque haya mucha gente que no esté dispuesta a aceptarlo. Como comentario, sin embargo, usualmente se mencionaba que el placer más importante de tener una casa solar no lo daba el saber que ésta resultaba diferente e interesante a los ojos ajenos, sino el placer propio se tenía al saberse usuario de una edificación correctamente diseñada. El grupo II (Profesionales en la utilización de estrategias solares), por otro lado, consideró que ninguno de estos dos factores, estatus o cultura, podrían relacionarse con los usuarios de este tipo de edificios.

Una observación puede ser pertinente en este respecto. Es muy probable que si exista una relación entre una mayor cultura y los usuarios de este tipo de casas. Si no tomamos en cuenta el aspecto de poder económico (que en última instancia podría no tener una relación directa con una mayor o menor educación o cultura), es posible que aquellos individuos que han demostrado tener una preocupación por experimentar tecnologías 'no convencionales' como la solar se hayan preocupado también por incursionar en otros temas que consideran interesantes y que por lo tanto, muestren una mayor cultura. En efecto, en la observación 'a priori' por los encuestados, se notó que la mayoría de los usuarios no sólo tenían buena posición social y una situación económica estable, sino que eran gente con fuertes preocupaciones ecológicas, usualmente con un nivel de educación alto (prácticamente todos parecían haber tenido una formación universitaria), y con grandes motivaciones hacia la experimentación de fórmulas no convencionales. Si bien parece que sí existe una relación entre una mayor cultura y el ser usuario voluntario de una edificación 'solar', la determinación cuantitativa de este aspecto, así como las características tipo de los usuarios de estos diseños en nuestro país, requerirían de un estudio aparte.

Asimismo se consideraron algunas preguntas que incorporaban el aspecto funcional de los edificios. Particularmente interesante se antojaba el comparar las opiniones de aquellos que se dedican a diseñar arquitectura con las personas que la usan, que realmente se dan cuenta de los problemas (y a veces de las virtudes) de sus proyectos. Algunos de los aspectos considerados no presentaron mayor variación: prácticamente los tres grupos estuvieron de acuerdo en que los diseños que involucran sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar son más simples (Grupos I, 73.9 %; II, 98.7 %; III, 100 %) y más silenciosos

(los tres grupos 100.0 %).

Un aspecto importante era el conocer el estado de satisfacción de los usuarios, y la disponibilidad para utilizar estrategias en futuros proyectos. En relación a la cuestión de si se consideraba que los usuarios estaban o no satisfechos con sus diseños, prácticamente todos los grupos contestaron afirmativamente (Grupos I, 100 %; II, 100 %; III, 94.5 %). En el último grupo existe una ligera discrepancia, estadísticamente no relevante, entre la opinión de los diseñadores y los usuarios (parece ser que en este caso, uno de los encuestados tuvo problemas de construcción, más no de diseño).

Por otro lado, a la pregunta de si uno estaría dispuesto a utilizar estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar, las características de cada grupo se mostraron más claramente. En el caso del Grupo I (Arquitectos y Estudiantes sin bases firmes en el tema), si bien aproximadamente la mitad de los encuestados respondió afirmativamente a la pregunta (52.2%), también vemos que aquellos que no están seguros de aplicar estas estrategias representan un porcentaje bastante alto (34.8 %), es decir, que aproximadamente una de cada tres personas de este grupo, aún relacionado directamente con el diseño arquitectónico, tiene fuertes dudas sobre la aplicación de sistemas pasivos al caso propio.

La situación de los grupos restantes es muy distinta. Estos conjuntos están compuestos por gente con conocimientos, ya sea teóricos o prácticos sobre energía solar, y que conocen las posibilidades y limitaciones de utilizar esta fuente de energía. Era de esperar que las respuestas fueran más definitivas, sin grandes actitudes dubitativas. Tanto el grupo II como el III coincidieron en que usarían (o volverían a usar) estrategias que involucran sistemas solares en sus edificaciones (100 % y 94.5 %, respectivamente). Esto no sólo nos muestra el nivel de aceptación, y de confianza de la gente que proyecta los diseños, sino también de la que los usa. Es, en cierta medida, una prueba del funcionamiento sumamente aceptable que tienen los sistemas solares pasivos.

La opinión que los diversos grupos tienen acerca de la necesidad de utilizar estrategias de aprovechamiento solar es bastante coincidente. Prácticamente la totalidad de ellos están de acuerdo en que es conveniente la aplicación de estrategias pasivas en los diseños arquitectónicos ubicados tanto en climas nacionales extremos (Grupos I, 95.6 %; II, 100 %; III, 100 %) como no extremos (Grupos I, 82.6 %; II, 93.8 %; III, 100 %), siendo los porcentajes de este último ligeramente menores que los de climas más drásticos, lo cual concuerda con lo que se podría esperar de las respuestas de los encuestados. El resultado final en ambos casos, sin embargo, es prácticamente que de cada 100

personas relacionadas con el diseño arquitectónico, aproximadamente 95 consideran que es necesario utilizar estrategias pasivas en los diseños arquitectónicos a todo lo largo del territorio nacional.

Si bien se considera conveniente para la mayoría de los encuestados la utilización de este tipo de estrategias en los diseños para clima mexicano, cuando se compara lo deseable con lo que se considera como realidad, la situación cambia drásticamente. A la pregunta "Usted considera que todos los arquitectos utilizan estrategias pasivas en el uso de la energía solar de alguna u otra forma?" los resultados no son nada halagadores. Tanto estudiantes, arquitectos, y profesionales en la aplicación de estrategias de diseño solar, opinan que la mayoría de las personas dedicadas al diseño no aplican este tipo de estrategias (los porcentajes obtenidos de opiniones positivas a este respecto son sumamente pobres: 13 % y 8.3 % para los grupos I y II, respectivamente). Para el grupo de los usuarios, aunque la situación mejora, no lo hace de una manera totalmente convincente (66.7 % opinan positivamente hacia la pregunta, 33.3 negativamente), e inclusive es probable que este resultado no sea totalmente confiable dado la posible variación por el reducido tamaño de la muestra.

3. Origen de la información.

Si se pretende de alguna manera mejorar la comunicación del conocimiento de ciertos temas hacia las personas relacionadas con el diseño arquitectónico, es conveniente saber no sólo que nivel de conocimiento se tiene en los diversos sectores de estudio, sino también cómo se obtuvo este conocimiento. La clave para poder tener una base más firme sobre la fuente transmisora de la información era la de saber cuál era el origen mismo del aprendizaje en los encuestados.

A este respecto, observamos que el mayor porcentaje de respuestas en todos los grupos se dió dentro del concepto de haber obtenido la información a través de cursos y conferencias (Grupos I, 56.5 %; II, 86.2 %; III, 88.8 %), mientras en el grupo de los usuarios la totalidad de ellos afirmó haber consultado literatura especializada.

La televisión no formó parte de un canal importante para comunicar inquietudes para conseguir información respecto a las estrategias que aquí se tratan. Los datos obtenidos con una opinión positiva hacia este aspecto son sumamente pobres (Grupos I, 13.0 %; II, 5.5 %; III, 33.3 %).

En lo referente a las revistas, tanto especializadas en arquitectura como en general, la situación no es totalmente convincente. Si bien la mayoría de los usuarios confirmaron haber consultado revistas de arquitectura para obtener este tipo de conocimiento, éste es sólo parcialmente explicable por el interés a la investigación hacia sistemas no convencionales de diseño. Los estudiantes, arquitectos, y profesionales de diseño solar, por otro lado, no presentaron resultados tan positivos, e inclusive en el grupo de profesionales en la aplicación de estrategias solares, el porcentaje de personas que comentaron sobre haber adquirido información solar de revistas de arquitectura no llega al 30 %.

Si bien el papel que presentan los familiares como factor de transmisión de información sobre energía solar es sumamente bajo (Grupos I, 8.7 %; II, 2.7 %; III, 0.0 %) el de los amigos expone una situación muy interesante. Los resultados con respecto a haber obtenido información a través de amigos para los tres grupos son los siguientes: para el grupo I, 0.0 %; para el grupo II, 25 %, mientras que para el grupo III, 100 %. De esta manera vemos que mientras aumenta el nivel de conocimiento y de interacción práctica con diseños solares, asimismo aumenta el contacto con personas interesadas en el tema, lo que trae como consecuencia un intercambio de información entre las personas.

4. Análisis de actitudes de los distintos grupos hacia las razones por las cuales no se aplican estrategias solares de diseño.

¿Porqué no se aplican actualmente en gran escala estrategias pasivas de diseño utilizando la energía solar?

Una de las premisas básicas al elaborar el cuestionario fué la de elaborar las preguntas de manera que sirvieran para comprobar o refutar las hipótesis principales que se presentaron anteriormente en este escrito. Es por ello que se consideró conveniente el conocer las opiniones de las gentes relacionadas con el diseño sobre las razones por las cuales no se aplican en gran escala estrategias solares en los diseños.

Un aspecto sumamente importante lo representa el conocimiento o desconocimiento de estas estrategias por parte de los arquitectos y de los usuarios, como factor obstaculizante en su aplicación. En efecto, si el arquitecto no conoce los fundamentos del diseño que aprovecha pasivamente la energía solar, será sumamente difícil que los aplique prácticamente a sus proyectos. Por otro lado, si los usuarios desconocen asimismo que existen nuevas posibilidades de diseño, no podrán exigir al

diseñador que se apliquen este tipo de estrategias.

La opinión generalizada de los tres grupos a este respecto es altamente coincidente. Los tres grupos consideran que las estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar no se aplican debido al desconocimiento de los arquitectos (Grupos I, 95.7 %; II, 100 %; III, 100 %) y de los usuarios (todos los grupos, 100 %). Ello trae como consecuencia lógica que al momento en que se elimina el obstáculo del desconocimiento de esta información, se facilitará la aplicación de estas practicas en los proyectos arquitectónicos.

Como punto importante hay que recalcar que el desconocimiento del tema por parte de arquitectos (y usuarios, en una menor escala) se señaló por la mayor parte de los encuestados como el problema más importante por el cual no se aplican los sistemas pasivos en los diseños actuales, aún cuando se acepta la participación de otros elementos que evitan la utilización de estas estrategias a gran escala.

Existen, por otro lado, algunas creencias que resultaron refutadas por los datos obtenidos de la encuesta. Algunas de las situaciones presentadas debían de ser puestas a prueba para conocer si realmente se consideraban obstáculos serios en la aplicación de estrategias solares. Algunos de las que no fueron considerados como problemas relevantes fueron las siguientes:

TABLA VII.

PREGUNTA	RESPUESTA NEGATIVA.		
	I	II	III.
21. Son demasiado complicadas.	87.0 %	94.5 %	100.0 %
22. Son demasiado costosas.	93.5 %	86.2 %	88.9 %
25. No funcionan satisfactoriamente.	91.3 %	97.3 %	88.9 %
26. No se sabe con seguridad si funcionan.	95.7 %	100.0 %	55.5 %
27. No son confiables.	87.0 %	100.0 %	88.9 %
31. Se necesita gente especializada para construirlos.	65.3 %	61.2 %	88.9 %
32. Son mas vulnerables que los diseños convencionales.	65.3 %	76.4 %	100.0 %
33. No son atractivos comercialmente.	34.8 %	94.5 %	88.9 %
34. No son atractivos por su forma.	65.2 %	98.7 %	88.9 %

Como podemos ver por los anteriores resultados, se desmitifican ciertos aspectos que tradicionalmente se consideraban como elementos limitantes para el desarrollo del diseño solar en México. Al respecto de las anteriores propuestas, es conveniente hacer algunas consideraciones:

Por un lado nos damos cuenta que tanto usuarios como diseñadores consideran que el utilizar sistemas pasivos no incrementa la complejidad que puede tener un diseño, así como tampoco se afecta su confiabilidad. La mayoría también estima que la duda de saber si el sistema va o no a funcionar a su terminación no es una limitante importante para su aplicación.

En relación a su costo, la mayoría de los encuestados opinan que el utilizar sistemas pasivos no influye drásticamente en un incremento de él, y sí, por el contrario, puede reducir en un beneficio económico, cuando menos a mediano plazo. Al inquirir a los usuarios si consideraban que esta actitud sería similar en la mayoría de la población el panorama cambia: el 94.4 % de ellos estima que la gente cree que son costosos, sin serlo en realidad. Esto podría dar una pauta de una de las razones por las cuales no se aplican este tipo de estrategias en gran escala.

Es interesante notar que las personas que han estado más cercanamente relacionadas con el funcionamiento de las edificaciones, es decir, los usuarios, consideran que no se necesita personal especializado para construir edificaciones que utilicen sistemas pasivos, pero sin embargo sí consideran que es necesario tener una persona con conocimientos de este tipo para diseñar correctamente un proyecto con características especiales. Otro aspecto interesante que los usuarios comentan es que se tiene la idea de que las edificaciones que utilizan estos sistemas no son necesariamente más vulnerables (por ejemplo a robos), y lo son tanto como cualquier otra construcción que no tome las medidas pertinentes para evitar el vandalismo (los estudiantes y arquitectos del grupo I estimaron que sí deberían de ser un poco más vulnerables que los diseños convencionales).

Por otro lado se confirmaron algunos aspectos interesantes mediante los datos que aportaron los encuestados referentes a las características de la información que es posible adquirir en México acerca de estos temas. Las respuestas de los grupos sirven para confirmar algunos de los puntos que ya fueron tratados en el estudio de libros relacionados con la energía solar en México, tratado en el inciso anterior. A este respecto, los encuestados opinan, en mayor o menor grado, que la información es relativamente difícil de conseguir (Grupos I, 60.8 %; II, 79.2 %; III, 66.7 %), que gran parte de ella está escrita en idiomas disínticos al nuestro (Grupos I, 73.9 %; II, 86.2 %; III, 100 %) y que la información bibliográfica es relativamente

costosa (Grupos I, 56.5 %; II, 55.7 %; III, 100 %). Cabe hacer notar que los promedios más bajos los estimó el grupo I, quizás debido al propio desconocimiento de la situación real sobre estos temas.

Finalmente, al tratar de evaluar si existe o no una demanda por parte de los usuarios, los resultados a este respecto se presentaron muy pobres. Los porcentajes de personas que estiman que existen usuarios que solicitan al arquitecto este tipo de sistemas son muy bajos (Grupo I, 4.3 %; II, 5.5 %; III, 0.0 %). La estimación dentro del subgrupo de usuarios con preocupaciones ecologistas, sin embargo, da un panorama más alentador (consideran que un 94.5 % de ellos solicitaría la aplicación de estos sistemas).

5. Evaluación de problemas tanto en diseños convencionales como solares.

Con el fin de estimar las actitudes de las posibles limitantes que se pueden presentar en diseños y construcciones que utilizan sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar, se pretendió evaluar cuantitativamente los problemas que se consideraron primordiales. Para lograr una evaluación más justa, se tomaron en cuenta las opiniones comparadas de los diseños convencionales contra los diseños que involucran sistemas pasivos solares, considerados todos en general.

Como ya se comentó anteriormente, los datos obtenidos fueron corregidos a una escala más precisa (del cero al cuatro), donde el cero representa la inexistencia de un problema, mientras que el cuatro lo califica como muy serio (considerando gamas intermedias de evaluación).

El problema que se mencionó como el más grave en las edificaciones convencionales fue el de no considerar la orientación para los diseños. En este caso las evaluaciones no tuvieron discrepancias drásticas, aseveración que queda confirmada por los bajos valores que se obtuvieron en la varianza (y por lo tanto en la desviación estandar). Ello quiere decir que la mayoría de los encuestados no sólo están de acuerdo en que la mala orientación es un problema primordial en los diseños convencionales, sino que la calificación otorgada por cada uno de ellos no es muy distinta a la del promedio total. Una pregunta similar, diseñada para cotejar respuestas, muestra resultados similares: la calificación promedio del problema a evaluarse se encuentra siempre cercana al adjetivo "serio", llegando en ocasiones a acercarse a "muy serio". La varianza y la desviación estandar en este caso también se mantuvieron como cantidades relativamente pequeñas, indicando poca variación entre las opiniones de los entrevistados.

El mismo problema, pero referido a edificaciones que utilizan sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar, como era de esperarse muestra un cambio no solo drástico sino totalmente opuesto para los dos casos de estudio. Para los tres grupos, mientras que el promedio evaluativo de la seriedad de los problemas (en la escala corregida de 0 a 4) para las edificaciones con diseños convencionales fué de 3.72 en el aspecto de problemas de mala orientación, para aquellas que utilizan sistemas pasivos solares el valor de este promedio es prácticamente nulo (cero), es decir, inexistente. En el aspecto de evaluación de problemas por un diseño malo o no apropiado, la comparación es similar: los promedios de los tres grupos son de 3.33 y de 0.18, para los diseños convencionales y solares, respectivamente. Las variaciones de calificación se mantuvieron bajas en ambos casos.

Otro de los problemas que son mencionados por los entrevistados como relevantes en el caso de los diseños convencionales, pero que prácticamente son inexistentes en el caso de los diseños 'solares' es el de tener habitaciones demasiado obscuras y frías. Para el caso de la obscuridad como problema, los promedios de los tres grupos encuestados son de 3.37 y de 0.082 para diseños convencionales y solares, respectivamente. Para el caso en que el confort térmico no se logra debido a bajas temperaturas los valores promedio de los grupos son de 2.90 y de 0.18, respectivamente. Coincidentemente tanto la varianza como la desviación estandar de estas evaluaciones se mantuvieron bajos, demostrando similitud en evaluaciones por los encuestados.

Si bien los problemas fueron evaluados de una manera crítica por los encuestados, es conveniente el recordar que representan características propias de cada grupo. Las divergencias mayores en calificación (reflejadas en los promedios de las varianzas y desviación estandar de los datos) se presentaron en el grupo I y II. El grupo de los usuarios mantuvo un nivel bajo en estos conceptos, lo que significa que las calificaciones otorgadas fueron muy similares, quizás por tener una experiencia mayor al respecto de los problemas que se pueden presentar con mayor frecuencia en sus edificaciones.

El considerar las evaluaciones en su conjunto, tomados como promedio de los tres grupos, puede dar una idea equivocada de las actitudes generales de la gente, pero también tiene sus aspectos benéficos. Ello nos puede dar una idea general de los juicios críticos que las personas relacionadas con el diseño arquitectónico tienen acerca de los problemas que se presentan con mayor frecuencia en los diseños convencionales y en los diseños que incorporan estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar. La siguiente tabla muestra sumariamente los datos de estos promedios:

TABLA VIII.

EVALUACION DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS ARQUITECTONICOS.

PROMEDIOS GENERALES DE LOS GRUPOS CONSIDERADOS.
(Escala 0 a 4)

PROBLEMA	DISEÑO CONVENCIONAL	DISEÑO 'SOLAR'
Habitaciones demasiado frías.	2.900	0.178
Habitaciones demasiado calientes.	2.526	0.228
Habitaciones demasiado oscuras.	3.378	0.082
Habitaciones demasiado húmedas.	2.669	0.043
Diseños costosos.	1.592	1.494
Construcción costosa.	2.955	1.432
Ignorancia de funcionamiento.	1.304	1.692
Goteras y fugas.	1.896	0.976
Destefimiento de telas y alfombras.	2.010	0.440
Deslumbramiento.	1.192	0.172
Condensación de vapor.	1.992	0.065
Cubrir ventanas inclinadas.	1.601	0.752
Mala orientación.	3.728	0.000
Diseno malo o nó apropiado.	3.336	0.182

ESCALA CORREGIDA

- 0 = No existente.
- 1 = Muy Ligero.
- 2 = Mediano.
- 3 = Serio.
- 4 = Muy serio.

Es conveniente hacer algunas consideraciones de la anterior tabla. Recordemos que los que representan son promedios aritméticos simples de los tres grupos considerados, sin ponderación alguna. Ello implica que quizás en ciertas instancias los valores aquí expresados no representen la realidad de una manera relativamente exacta, pero sí muestran la visión general de un conjunto de personas relacionadas directamente con el diseño arquitectónico. Esto es conveniente recordarlo porque a primera vista parecería que el problema más serio que tienen las edificaciones que integran sistemas solares pasivos es el de ignorar el funcionamiento del sistema. El promedio, sin embargo, está influido por la evaluación de los diseñadores que puede resultar excesivamente alta comparada con la de los usuarios (2.16 contra 0.222, respectivamente).

De la anterior tabla, asimismo, se puede ver que la evaluación del problema de costo en ambos tipos de diseño, tanto convencional como solar pasivo, es mínima, por lo que parece que confirma la aseveración de que el costo entre uno y otro tipos de diseño no influye dramáticamente en el costo final del proyecto. Descartando el rubro de la falta de conocimientos para manejar una edificación con sistemas solares pasivos, cuya situación ya se comentó, el rubro del costo sería el que ocupara la posición más importante dentro de los problemas de edificación. Ello sin embargo, debe de situarse dentro del contexto general de costos de edificación, y al comparar las calificaciones dadas con aquellas que se otorgaron a los diseños convencionales vemos que son similares.

Por último, es conveniente mencionar que existen problemas comentados por los encuestados que están directamente relacionados más con el aspecto constructivo que con el de diseño. Tal es el caso, por ejemplo, de los problemas de goteras y fugas, que tienden a presentarse tanto en diseños convencionales como aquellos que integran sistemas solares pasivos.

C. Comentarios de los Encuestados.

La presentación de las cifras que arrojan las respuestas a las preguntas del cuestionario tienen la ventaja de que muestran un panorama claro y objetivo de la situación que se investiga. Esta visión, sin embargo, puede no ser comprendida en su totalidad si no se consideran algunos de los juicios que los encuestados emitían acerca de situaciones que, en su mayoría, resultaban más controvertidas y profundas de lo que a primera vista se pensaba. Por ello es conveniente presentar aquí algunos de los comentarios que son más relevantes para la comprensión de la problemática en nuestro país sobre la aplicación de estrategias y sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar.

Primeramente es conveniente mencionar que el "término "solar", por asociación de ideas, da la sensación de transmitir calor por necesidad a todas las construcciones que utilizan sistemas de este tipo. Ello da por resultado que conceptos tales como "refrigeración solar" sean totalmente incomprensibles para algunos de los encuestados. El resultado final es que, en la mayoría de la gente no relacionada con el diseño, se genere la idea de que un diseño "solar" es más caliente que uno convencional.

Otras de las asociaciones directas con la palabra "solar", sobre todo entre las personas con preocupaciones por la tecnología contemporánea, es el de relacionarla directamente con estructuras de "alta tecnología". Sistemas solares, para muchos, están representados por celdas fotovoltaicas, sistemas de equipo eléctrico cuya energía fue generada primero por el Sol, etc. En estos casos la posibilidad de que la energía solar pudiera ser utilizada sin necesidad de alta tecnología se antojaba como una actitud poco contemporánea, quizás producto del subdesarrollo. Esta visión representa, quizás, un punto de vista demasiado estrecho para un aspecto de mayores posibilidades que las que brinda únicamente la llamada alta tecnología.

Un aspecto que para los usuarios encuestados era importante hacer resaltar era el hecho de que la gente, en general, piensa que la utilización de sistemas pasivos necesariamente redundan en un aumento en el costo de la construcción. Para los usuarios esto no es totalmente verdadero: los encuestados frecuentemente se encontraban con el comentario "no son costosos, sino que la gente cree que son costosos". Si bien es cierto que aceptaban que el desembolso económico que inicialmente se tiene que hacer al contratar un arquitecto con conocimientos de sistemas pasivos es ligeramente mayor cuando se le compara con los honorarios de

un diseñador "convencional". la mayoría de los usuarios opinan que este gasto queda ampliamente compensado por los ahorros que los propios diseños proporcionan.

Quizás uno de los comentarios más valiosos, proporcionado generalmente por los usuarios, fué el siguiente. Está generalmente aceptado que las estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar no se aplican principalmente por desconocimiento de los diseñadores y por que los usuarios no le exigen el utilizar sistemas pasivos en su diseño. Si bien esto es cierto, ello no elimina el hecho de que el arquitecto tiene la obligación de conocer estos sistemas, y aconsejar a su cliente sobre las opciones que para cada caso resulten más adecuadas. El usuario, por otro lado, no tiene la obligación de conocer esta información, y es por ello que requiere los servicios de una persona que se supone conocedora de la materia. La analogía presentada con más frecuencia en este caso fué la del médico y su paciente: el enfermo no tiene la obligación de conocer a fondo las enfermedades que le provocan sus dolencias; el médico, por el contrario, debe de conocerlas y estudiarlas profundamente.

Una de las preocupaciones iniciales que la encuesta contestó, pero en la cual es necesario profundizar, es sobre las posibles respuestas a la pregunta: "Si ha habido tanta inquietud por conocer los posibles usos arquitectónicos de la energía solar, porqué no se utiliza en gran escala? ¿Porqué no ha tenido mayor aceptación?"

Algunas de las respuestas se muestran resumidas en los cuadros estadísticos por grupo que anteriormente se presentaron: las estrategias solares no se aplican porque representen una carga económica adicional (los diseños no lo son más que los convencionales) o porque sean más difíciles de diseñar (inclusive la mayoría de los profesionales en el uso de este tipo de estrategias opinan que su utilización puede llevar a evitar problemas posteriores ya sea de construcción o de diseño) sino solo por desconocimiento.

Algunos aspectos que los encuestados comentaron para complementar esta idea fueron los siguientes:

- * Por un lado, el equipo mecánico ya tiene una imagen. Existe la gente que resuelve (artificialmente) el problema sin necesidad de complicaciones de estudio. Por este lado tenemos antecedentes: por el lado del diseño natural nó.

- Poca gente sabe que no resulta más costoso diseñar, construir y habitar una casa 'solar' cuando se le compara con un diseño convencional (e inclusive, en la mayoría de los casos, a final de cuentas resulta más económica, por ahorros en sus gastos de funcionamiento).

- No se aplican por la misma formación del Arquitecto, educado en un tipo de escuela ("funcionalista" o "racionalista", según comentan). Los diseñadores se preocupan más por la forma y el estilo, relegando en parte la función. Inclusive, gran parte de la arquitectura se deja llevar por la moda de la época, sin tomar en cuenta las circunstancias propias de cada sitio, así como sus limitaciones climáticas, hecho que va creando vicios de una manera paulatina (por ejemplo, las grandes áreas de vidrio en los edificios de climas cálidos). La arquitectura se ha dado en gran parte como copia de modelos, de ejemplos que pueden no ajustarse a nuestras necesidades.

- "El arquitecto mexicano es más intuitivo y creativo que estudioso. Los usos pasivos de la energía solar son un ejercicio de estudio que no estamos acostumbrados a jugar."

- Una gran parte del país no tiene rigores climáticos, y por supuesto, no tiene las características climáticas de otros países.

V. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.

En el capítulo anterior se muestran los resultados para la comprobación de algunas hipótesis que se plantearon inicialmente. Es conveniente analizar el sentido que pueden tener estos resultados dentro de un contexto más general, para entonces realizar un juicio crítico y objetivo sobre la situación actual y futura del proceso enseñanza-aprendizaje de estrategias en el aprovechamiento pasivo de la energía solar en México.

La comprobación de las hipótesis principales (descritas a detalle en el capítulo III) se efectuó por medio de los tres estudios que anteriormente se comentaron: Investigación y Docencia en Universidades, Situación Bibliográfica en México y Encuesta sobre Actitudes de Personas relacionadas con el campo del Diseño Solar. Algunos de los siguientes comentarios resultan pertinentes al respecto:

Como hipótesis principales se presentaron tres, mismas que se mencionan someramente a continuación:

La Hipótesis No. 1, plantea que el aprovechamiento natural de los recursos puede ser incrementado mediante un mejor conocimiento de los procesos físicos que intervienen en la relación de la edificación con su entorno.

La Hipótesis No. 2, propone que una forma de mejorar y aumentar el conocimiento para el aprovechamiento natural de la energía es por medio de una correcta enseñanza de las estrategias en el uso pasivo de la energía solar.

La Hipótesis No. 3, quizás la más importante, donde se plantea que las estrategias en el uso pasivo de la energía solar no se aplican por desconocimiento del tema, tanto por parte de los arquitectos como por parte de los usuarios.

Como comprobación de las anteriores hipótesis se mencionan algunos de los resultados y conclusiones obtenidos en la investigación.

- a. La proporción de instituciones de licenciatura y posgrado a nivel nacional que ofrecen cursos regulares que involucran de alguna manera el uso pasivo de la energía solar es mínima: de todas las instituciones de enseñanza superior en arquitectura que tiene el país, sólo el 11.5 % cuenta con cursos regulares (no necesariamente cada semestre, pero sí por lo menos una vez por año) que involucra la energía solar, tanto activa como pasiva, de alguna manera.

Ello quiere decir que prácticamente sólo una de cada diez escuelas imparte este tipo de enseñanza en México. Desde un punto de vista amplio existe el potencial para la enseñanza en el 90 % de las instituciones de formación de arquitectos. Si la situación en el uso de los energéticos, tanto a nivel nacional como internacional continúa de la forma en que hasta ahora se ha desarrollado, tendremos un aumento en el consumo de energía en el futuro mediato e inmediato. La probabilidad de que el precio de los energéticos se vaya incrementando cuando menos a un ritmo cercano o mayor a la de la inflación es muy alta.

Consideremos que nuestro país es altamente dependiente de los hidrocarburos como fuente no renovable de energía primaria; la composición de la oferta primaria de energía en el país muestra que los hidrocarburos prácticamente proveen el 90% de la energía primaria de México, situación que no ha cambiado por lo menos desde hace décadas. Los futuros arquitectos que se están formando en este momento egresan de escuelas donde en casi el 90% de los casos no se ha enseñado la manera de regular el aprovechamiento natural de la energía. Sin un enfoque correcto en la educación y formación de los nuevos diseñadores, no es raro que se continúe con el despilfarro, el surgimiento de problemas que se crearon por la simple ignorancia del arquitecto hacia las normas fundamentales del diseño con su entorno, el tratar de solucionar todos los casos defectuosos de diseño por medio de equipo mecánico (con sus respectivas consecuencias de costo, instalación, mantenimiento, incomodidad, ruido, espacio, etc.).

- b. Para el autodidacta que desea incursionar en el campo de la energía solar, el panorama bibliográfico es sombrío: la mayor parte de los libros especializados en el tema están escritos en idiomas distintos al español. Aquellos que han sido escritos por autores hispano-parlantes representan sólo el 16 % de la totalidad de libros especializados en el tema. Aun considerando que la ideosincrasia de autores extranjeros no siempre se puede adaptar a la realidad mexicana, y que por lo tanto esto puede traer como consecuencia algunas diferencias en la manera de pensar, éste no es el único

problemas: La investigación muestra que aproximadamente dos de cada tres libros son difíciles de conseguir, y que la posibilidad de encontrar dentro de las traducciones algún tipo de adaptación bibliográfica a nuestra realidad (climática o social, por ejemplo) es prácticamente nula.

Por ello tampoco es extraño que en la encuesta efectuada a estudiantes y arquitectos prácticamente sólo uno de cada tres comentó haber obtenido algún tipo de información a través de la bibliografía (libros y revistas). Si bien parece ser que la comunicación se ha dado más rápida y eficazmente a través de conferencias, el aspecto de existencia de libros adecuados de estudio y divulgación está poco desarrollado y muestra grandes posibilidades para crecer.

- c. Los problemas actuales de la Arquitectura deben influir necesariamente sobre la forma de pensar de los diseñadores. Es precisamente bajo su responsabilidad que se ordenan los cánones de la formación de los nuevos profesionistas. La difusión del conocimiento que lleve a obtener mejores soluciones de diseño, más apropiadas al clima, más confortables y con un mayor sentido ecológico, llevará como consecuencia una mejora no sólo a nivel individual sino colectivo en el aprovechamiento de los recursos de nuestro país. Esta difusión no debe estar sólo limitada a aquellos que se dedican profesionalmente a actividades relacionadas con la Arquitectura. Sabemos que prácticamente el 70% de las casas habitación que se construyen en la república son producto de la autoconstrucción, por lo que el conocimiento, aunque sea rudimentario, de las normas fundamentales del diseño climático por parte de los usuarios, debería ser fomentado a gran escala.
- d. La actitud dubitativa de la mayoría de la población en nuestro país hacia la aplicación de sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar puede decirse que se debe, en un mayor grado, al desconocimiento sobre el tema. Las actitudes de distintos tipos de gente relacionadas con el diseño mostraron que mientras más profundo sea el desconocimiento de estos temas, mayor será la actitud de duda hacia la aplicación práctica de ellos. Entre el grupo de estudiantes encuestados, por ejemplo, se notó que aunque este conjunto de personas estaban directamente relacionadas con el diseño arquitectónico, una de cada tres personas tenía fuertes dudas sobre la aplicación de estrategias y sistemas pasivos en sus diseños. La situación de los usuarios, más informados y generalmente más conocedores del tema, ya sea teórica o prácticamente, es diametralmente distinta. Ellos generalmente saben las limitaciones y posibilidades del

aprovechamiento natural de la energía solar, por lo que su nivel de conocimiento a este respecto se puede considerar alto. Las cifras estadísticas sobre actitudes dubitativas en este grupo fueron sumamente bajas (5.5%), mientras que el porcentaje de usuarios que volverían a utilizar sistemas pasivos supera el 94%.

e. México se encuentra en una zona geográfica que resulta atractiva desde el punto de vista de disponibilidad del recurso de la energía solar. Ello ha sido confirmado por varios estudios hechos sobre este aspecto. Entre las ventajas básicas por las cuales el aprovechamiento de esta fuente de energía puede ser interesante para el desarrollo de nuestro país están las siguientes:

1. Es fuente prácticamente inagotable de energía.
2. No contaminante.
3. Disponible.
4. Desconcentrada.
5. Gratuita.
6. No dañina.
7. De rendimientos, decrecientes en costos.
8. No sujeta a presiones geopolíticas.
9. Aprovechable a niveles tecnológicos existentes.

f. Asimismo es importante considerar algunas características intrínsecas de la energía solar que han impedido, por lo menos en el caso de los sistemas activos, que su aplicación se haya generalizado en gran escala:

1. La baja densidad de la energía solar por unidad de área, donde, sobre todo en el caso de los sistemas activos, hace necesario el recurrir a extensiones más o menos grandes de materiales para su captación.
2. Su intermitencia, lo que trae como consecuencia que en algunos casos se tenga que recurrir al diseño de elementos de almacenamiento energético.

Tomando estos aspectos en cuenta, notamos que los aspectos positivos del aprovechamiento pasivo de la energía solar sobrepasan, por mucho, a las limitantes de su uso. La posibilidad de cambio, por lo tanto, está en puerta.

- g. Un aspecto importante en la aplicación de estrategias pasivas solares es la cuestión del costo. Tanto la opinión de las personas encuestadas como los datos obtenidos de los usuarios y diseñadores de construcciones que involucran estrategias del tipo que aquí se estudia, coinciden en que el costo de una edificación con sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar no aumenta sensiblemente, cuando se le compara con una construcción similar convencional. La cuestión económica se refleja mayormente en la posibilidad de ahorro por el aprovechamiento racional de los recursos energéticos que se da por medio de conocimientos de los fenómenos naturales.
- h. Los problemas citados como más frecuentes en las edificaciones que incorporan sistemas solares pasivos se evalúan, en general, dentro del rango de "no existente" a "muy ligero", mientras en el caso de las construcciones con diseños convencionales existen problemas (como el de mala orientación) que pueden llegar al calificativo de "muy serio". En efecto, cuando se comparan las evaluaciones generales de los encuestados hacia su actitud evaluativa de los problemas, el promedio de aquellos que se dan en diseños solares es sumamente benigno.

Se podría pensar que estos datos presentan una visión demasiado optimista por provenir de un número reducido de edificaciones ubicadas en un país en pleno desarrollo. Cuando se comparan los resultados con estudios similares efectuados en otros países, las conclusiones básicas son, coincidentemente, las mismas. Tomemos un ejemplo. De un estudio sobre actitudes de usuarios de casas habitación que integran estrategias solares realizado en Arizona (Katz, 1983), los problemas que más frecuentemente se mencionan, así como su grado de seriedad dentro de la escala de cero a cuatro, fueron los siguientes (20):

(20). Adaptado de:

Katz, M.A. "Passive Solar Energy in Arizona: Homeowners' Attitudes and Perceptions" 8th National Passive Solar Conference. American Solar Energy Society, Inc. Santa Fe, New Mexico, 1983.

TABLA IX.

GRADO DE SERIEDAD DE LOS PROBLEMAS DE APLICACION
DE ESTRATEGIAS SOLARES PASIVAS EN ARIZONA.

<u>PROBLEMA</u>	<u>MEDIA CORREGIDA.</u>
Goteras y fugas.	0.89
Habitaciones demasiado frías.	0.74
Habitaciones demasiado calientes.	0.59
Condensación en las ventanas.	0.44
Desteñimiento de telas y alfombras.	0.41
Cubrir ventanas inclinadas.	0.36
Deslumbramiento.	0.26

ESCALA CORREGIDA

- 0 = No existente.
- 1 = Muy ligero.
- 2 = Mediano.
- 3 = Serio.
- 4 = Muy serio.

Los valores para los mismos problemas obtenidos de los usuarios de casas 'solares' en el centro de Mexico (21), evaluados dentro de la misma escala, son los siguientes que se muestran en la tabla X.:

(21). Tomado de :

Encuesta sobre Actitudes de Grupos relacionados con el Campo del Diseño hacia el Uso Pasivo de la Energía Solar. Capitulo IV. parte 4:Conclusiones de la Encuesta, en el presente escrito.

TABLA X.

GRADO DE SERIEDAD DE LOS PROBLEMAS DE APLICACION
DE ESTRATEGIAS SOLARES PASIVAS EN MEXICO.
(Promedios de los grupos considerados, 1987)

<u>PROBLEMA</u>	<u>MEDIA CORREGIDA.</u>
Goteras y fugas.	0.976
Habitaciones demasiado frías.	0.178
Habitaciones demasiado calientes.	0.228
Condensación en las ventanas.	0.065
Desteñimiento de telas y alfombras.	0.440
Cubrir ventanas inclinadas.	0.752
Deslumbramiento.	0.172

Una conclusión obvia al analizar ambos resultados es que, aún siendo resultados obtenidos de grupos en diferentes circunstancias (climáticas, políticas, educativas, sociales, económicas, p.e.), existen coincidencias impresionantes. En primer lugar notamos que ninguno de los promedios mencionados alcanza un nivel de problema mediano, y, por lo general, quedan entre el rango del calificativo "muy ligero" a no existente. El problema que se cita como más grave en el caso de la encuesta norteamericana es el de goteras y fugas (0.89) mientras que el valor en nuestro país es muy similar (0.976). Quizás lo importante de este aspecto es que este problema no puede ser enteramente atribuible al diseño de un sistema nuevo, y sí, en una gran parte, a un problema constructivo.

Asimismo existen coincidencias interesantes en los valores atribuidos por los encuestados de los dos países a algunos problemas: desteñimiento en telas y alfombras (0.41 y 0.44), deslumbramiento (0.26 y 0.172). En otros la variación es mucho mayor, como en el caso del problema de habitaciones demasiado frías (0.74 y 0.178). En este caso, sin embargo, debemos de considerar que las edificaciones de los encuestados se encuentran sometidas a distintos tipos de rigor climático.

La conclusión general, en este caso, es que la gravedad de los problemas asociados con el diseño de sistemas pasivos en el aprovechamiento de la energía solar se puede calificar como prácticamente nula y en el caso de haber problemas, éstos son de una seriedad mucho más baja cuando se les compara con los que se encuentran en edificaciones con diseños convencionales.

1. La conclusión final no puede sino ser que, por lo menos en muchos de los casos, las estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar no se aplican por el propio desconocimiento que existe tanto en el ámbito de los diseñadores como de los usuarios. Las ventajas que ofrece el utilizar este tipo de estrategias exceden, por mucho, el esfuerzo necesario para aprenderlas y aplicarlas, por lo que es conveniente la enseñanza de estos sistemas a un grupo mayor de gente, especialmente a aquellos relacionados directamente con el campo del diseño arquitectónico.

VI. SOLUCIONES AL PROBLEMA.

A. POSIBILIDADES.

En las páginas anteriores se ha comentado sobre la problemática que existe en nuestro país para la aplicación arquitectónica en gran escala de estrategias que hagan uso pasivo de la energía solar. Algunas conclusiones se obtuvieron de estudios hechos a base de investigación, entrevistas y encuestas. Del análisis de esas conclusiones observamos que una de las principales limitantes para el desarrollo arquitectónico de sistemas solares pasivos es el propio desconocimiento del tema.

Para efecto de facilitar la solución al problema del desconocimiento de los fenómenos físicos que intervienen en el aprovechamiento natural de la energía, es conveniente elegir un enfoque que resulte conveniente. Entre los grupos más importantes que se pueden considerar como idóneos para promover la enseñanza de este tipo de estrategias, figuran los siguientes:

1. Estudiantes de carreras de diseño arquitectónico.
2. Profesionistas directamente relacionados con el diseño arquitectónico (Arquitectos, Urbanistas, Ingenieros, etc.)
3. Usuarios, tanto actuales como potenciales, de edificaciones que integren en su diseño este tipo de estrategias. Este grupo abarca al público en general como usuario potencial de diseños solares.

Estos grupos podrán a su vez ser subdivididos mediante algún tipo de clasificación definitiva, como por ejemplo el nivel de conocimiento que tengan sobre sistemas solares.

Ahora bien, la forma de transmitir el conocimiento a cada uno de los grupos y subgrupos que integran el conjunto de personas interesadas en estos temas podrá ser muy diferente dependiendo de sus propias características. Veamos primeramente algunas de las posibilidades que se pueden aplicar a los distintos grupos que componen nuestro estudio.

Básicamente podemos dividir las estrategias de comunicación de la información en dos conjuntos: aquellas en las que se tiene una interacción directa entre los interesados y la persona encargada de transmitir la información, y por otro lado aquellas en que se tiene la comunicación en una sola dirección y sentido (hacia el interesado).

Las ventajas de los sistemas que involucran la interacción entre el interesado y el docente son obvias: la motivación generalmente llega a ser mayor, las dudas pueden ser aclaradas prácticamente de manera inmediata, la relación con personas conocedoras del tema puede ser más cercana. Este tipo de enseñanza se recomienda para aquellos interesados que desean adquirir un nivel de conocimiento más profundo que el de divulgación, llegando incluso a la aplicabilidad del conocimiento a ejemplos concretos. Por otro lado la desventaja más común es que este tipo de enseñanza sólo se puede dar a grupos relativamente pequeños.

Los medios de comunicación masiva proporcionan la gran ventaja de su amplia difusión a nivel cuantitativo, aunque generalmente no pueden contar con las ventajas motivacionales y de acercamiento que tiene la docencia interrelacional. Es muy probable que aunque la información llegue a un número mayor de gente por los medios comunes de comunicación en gran escala, ésta no se asimile, se desheche inmediatamente, o no se aprecie en su valor. Una de las ventajas de este sistema es, sin embargo, que podría funcionar satisfactoriamente para los casos donde se desea transmitir un conocimiento a nivel divulgación, sin tener objetivos inmediatos más profundos.

Algunas de las opciones más interesantes sobre estos medios de transmisión de conocimiento se presentan a continuación:

1. Difusión de la información a nivel grupal, sin interacción continua entre el interesado y el docente: programas de televisión, radio, documentales, reportajes en revistas, periódicos, campañas publicitarias, información impresa a través de los colegios de profesionistas, libros especializados sobre el tema: información impresa comercial con un enfoque didáctico, etc.
2. Divulgación con interacción entre interesados y docentes, pudiendo ser tanto individual como grupal: cursos especializados informales, cursos con valor académico en las instituciones de enseñanza superior, conferencias, visitas guiadas a ejemplos construidos que involucren en su diseño este tipo de estrategias, pláticas, etc.

Veamos algunas de las posibilidades que se pueden aplicar al grupo de usuarios, tanto actuales como potenciales. Como ya se ha mencionado anteriormente, entre los comentarios más relevantes de los encuestados encontramos que ellos consideran que los usuarios no tienen la obligación de estar enterados de todas las posibilidades de diseño, si no que por el contrario, es deber del diseñador el presentar al cliente todas las opciones que se consideren viables para la solución de los problemas del proyecto. Este comentario parece tener validez suficiente para elegir métodos informales de comunicación de la información hacia los usuarios que serán muy distintos a los que se pueden aplicar con aquellas personas que se dedican, o se piensan dedicar, al diseño de obra arquitectónica. Entre las posibilidades reales que se tienen para divulgar la información en el grupo de usuarios están las estrategias de comunicación a nivel masivo; el nivel de comunicación que se desea en primera instancia es el de divulgación y no el de conocimiento extenso y profundo. Esto quizás no sea aplicable a todos los casos: aquellos usuarios actuales de diseños que involucran estrategias solares han demostrado tener un conocimiento bastante mayor al del común de la gente sobre las normas generales de funcionamiento de sus edificaciones, por lo que en caso de desear ampliar su conocimiento sobre estos temas, podrían recurrir a estrategias interrelacionales de enseñanza.

La situación de las personas que se dedican o se piensan dedicar al diseño arquitectónico es distinta: ellos tienen la obligación de, sino dominar, por lo menos conocer las posibilidades que tienen los distintos sistemas de aprovechamiento energético aplicados al diseño. El grado de conocimiento que idealmente se busca no sólo es el de divulgación sino uno más profundo, llegando si fuera posible a niveles de aplicabilidad práctica. Para estos casos, las estrategias interrelacionales de enseñanza juegan un papel fundamental. Entre las estrategias de este tipo se encuentran las siguientes:

- * cursos especializados informales.
- * cursos con valor académico en las instituciones de enseñanza superior.
- * conferencias.
- * visitas guiadas a ejemplos construidos que involucren en su diseño este tipo de estrategias.
- * pláticas.
- * relación diseñador-cliente.
- * relación usuario actual-usuario potencial.

B. UNA POSIBILIDAD: EL CAMBIO A NIVEL ESCOLAR.

Para efectos de desarrollo, tomaremos una de estas posibilidades de cambio para analizar sus ventajas y desventajas potenciales en su aplicación práctica: la enseñanza a nivel escolar de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar.

Quizás una de las posibilidades más interesantes sea la de considerar a aquellos alumnos que estudian a un nivel de enseñanza superior y que además cursan carreras relacionadas directamente con el diseño arquitectónico. Si bien los fundamentos generales de los temas a tratar se pueden presentar a nivel muy general en etapas anteriores de la educación formal de un estudiante (p.e. en las escuelas preparatorias), en la etapa de formación profesional de un alumno es cuando se cuenta con mayor potencial de interés por parte de él, y por lo mismo, podrá tener una aplicabilidad práctica mucho mayor. El considerar, por lo menos en esta etapa, a aquellas personas que piensan dedicarse profesionalmente a las actividades de diseño arquitectónico nos proporciona la ventaja de que ellos podrán mostrar un interés más profundo y continuo hacia este tipo de temas en comparación con estudiantes que consideran que la enseñanza de estos conocimientos no está directamente relacionada con sus intereses inmediatos. En estos casos la motivación se encuentra fuertemente ligada a la aplicación práctica que se pueda hacer del conocimiento por adquirir. Comenta un autor al respecto (Artero, 1968):

" La motivación es el enlace de los fines fijados por el maestro con las apetencias, los intereses y las necesidades de los alumnos. Es el esfuerzo "vitalizado", en oposición al esfuerzo sin interés que no provoca de un modo espontáneo las actividades del alumno."

Lo interesante de realizar el cambio a nivel estudiantil es que es precisamente en este grupo donde se encuentran las actitudes más críticas y los cuestionamientos más serios sobre la validez de las prácticas arquitectónicas actuales. El cambio, pues, puede ser una realidad que requiera un mínimo de esfuerzo cuando se le compara con la calidad de resultados que se pueden obtener.

Conveniente es, también, analizar las posibles ventajas y desventajas que representaría el incorporar dentro de la formación de los futuros diseñadores, la enseñanza de estrategias solares pasivas. Quizás la mayor limitante en este momento sea

que el cambio requiere un esfuerzo grande proveniente de los encargados tanto de organizar como de impartir la educación. Ello no quiere decir que incorporar la enseñanza de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar tenga por necesidad que cambiar los programas actuales de estudio, pero sí por lo menos, requerirá un esfuerzo adicional de los docentes por incorporar este tipo de conocimientos a las materias relacionadas que se considere convenientes. Las posibilidades son innumerables: un aspecto interesante sería por ejemplo, el de involucrar al alumno a la problemática climática y su relación con la envolvente arquitectónica en uno de los temas tratados dentro del taller de diseño. La teoría podría presentarse someramente dentro de alguna materia relacionada con la arquitectura y su adecuación al medio. En fin, las posibilidades son muy amplias, pero requieren de un esfuerzo.

Las ventajas sobrepasan a los aspectos obstaculizantes que presenta el problema. Por un lado, se presenta la oportunidad de cambio a nivel formativo, que es mucho más fácil de realizar que cuando los vicios se han apoderado tanto de la mente del diseñador que resultan sumamente difícil de eliminar. Por otro, se está formando a los futuros profesionistas con nuevos instrumentos de diseño que seguramente serán de utilidad cada vez que se involucren en una labor de diseño. La motivación hacia el interés por estos temas, como ya se comentó, es mucho más fácil que se origine en una aula donde el contacto con el docente es mayor donde las dudas pueden ser resueltas de inmediato, y donde cualquier cuestionamiento puede ser presentado con espíritu crítico. Las ventajas mayores, sin embargo, es probable que no puedan ser visualizadas en el aula, sino que se darán dentro del ámbito del desarrollo profesional del arquitecto. El beneficio final lo obtendrán tanto el diseñador como el usuario, tanto a nivel individual como dentro de un contexto social general.

Una de las limitantes que se tienen en este momento es la falta de estructuras bibliográficas que soporten la enseñanza de estos temas en nuestro país. Algunos comentarios sobre la problemática que enfrentamos actualmente sobre la calidad de referencias bibliográficas en México se expusieron anteriormente. Lo que es evidente es que es necesario un apoyo bibliográfico mayor en estos campos, que involucre con una visión didáctica conceptos tales como calidad, profundidad, y sencillez en la presentación.

Una de las proposiciones se presenta en el capítulo VIII. El escrito presenta los conceptos fundamentales de las estrategias exitosas de diseño, especialmente dentro de los aspectos de intercambio de calor. Este manual no pretende ser,

por necesidad. texto de un curso en especial. sino que tiene la intención de servir de guía de referencia para el diseñador hacia ciertos conceptos que son fundamentales en el aspecto de diseño con la naturaleza. No pretende, siquiera, estar limitado a la consulta de estudiantes de carreras relacionadas con el diseño arquitectónico, puesto que su aplicabilidad puede darse también a nivel de personas interesadas en estos temas. Para efectos de sencillez en su manejo, se presenta este capítulo en tomo separado al del presente escrito.

VII. CONCLUSION.

Mediante el análisis de las situaciones relacionadas con el uso pasivo de la energía solar aplicado al diseño arquitectónico, se pudieron comprobar las hipótesis mencionadas anteriormente:

- * El aprovechamiento natural de los recursos con que contamos, especialmente aquellos que se pueden referir al uso pasivo de la energía solar, puede ser mejorado sustancialmente mediante un mejor conocimiento por parte de los usuarios y diseñadores de espacios arquitectónicos.
- * Un acercamiento correcto y sencillo en la enseñanza de los procesos físicos y de diseño que intervienen en el uso pasivo de la energía solar puede ser una de las formas en que se puede lograr un mejor entendimiento de la situación.
- * La actitud dubitativa de ciertos grupos de gente hacia la aplicación de estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar es proporcional al nivel de desconocimiento que se tiene de estas estrategias y su aplicación.
- * Una de las principales razones por las cuales no se aplican estrategias pasivas en el aprovechamiento de la energía solar en gran escala en los proyectos en nuestro país es el mismo desconocimiento de estos temas por parte de los arquitectos. Es obligación por lo menos conocer las posibilidades y limitantes que ofrece el utilizar este tipo de sistemas, como necesidad profesional.

INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA SUPERIOR QUE OFRECEN ESTUDIOS EN ENERGIA SOLAR

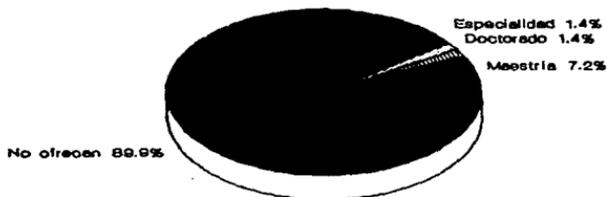


FIGURA 5. Porcentaje considerando los estudios formales que se ofrecen.

INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA SUPERIOR QUE CUENTAN C/ LABORES REGULARES DE DOCENCIA

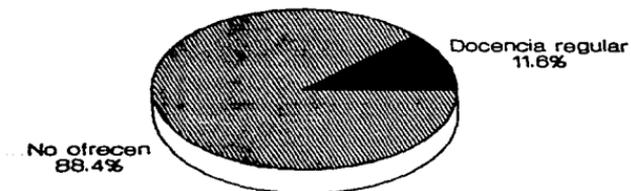


FIGURA 6. Considera el porcentaje de instituciones que ofrecen cursos no formales.

BIBLIOGRAFIA SOLAR PASIVA. IDIOMAS DE LOS TEXTOS.

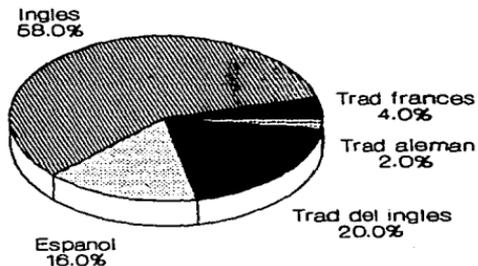


FIGURA 7. Porcentaje considerando los idiomas originales y las traducciones.

BIBLIOGRAFIA SOLAR PASIVA SISTEMAS DE UNIDADES DE MEDICION

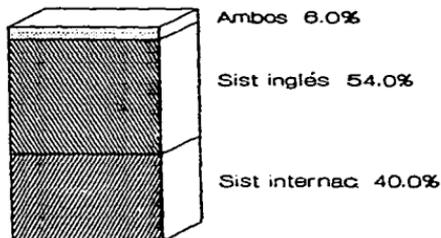


FIGURA 8. Porcentajes de sistemas de medición utilizados en la bibliografía analizada.

ENCUESTA SOBRE ACTITUDES HACIA LA ENERGIA SOLAR PASIVA

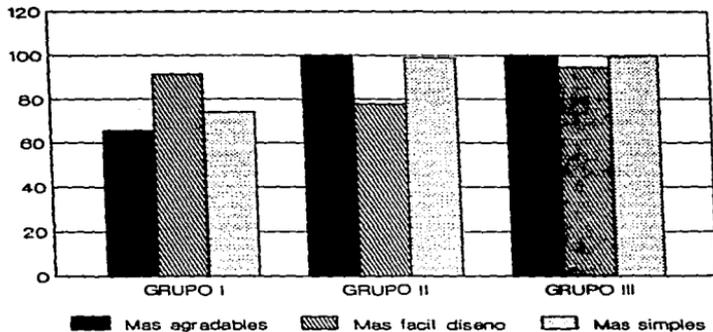


FIGURA 9. Comparacion de sistemas pasivos contra convencionales.

ENCUESTA SOBRE ACTITUDES HACIA LA ENERGIA SOLAR PASIVA

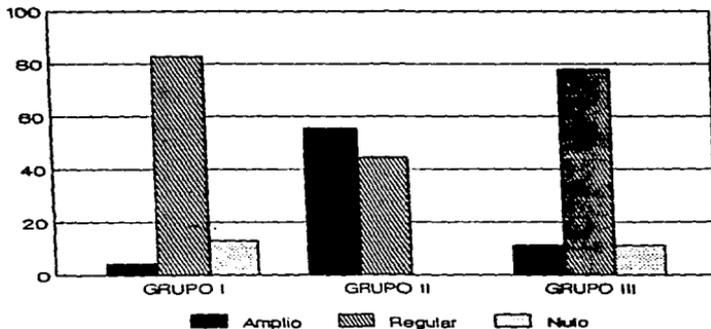


FIGURA 10. Conocimiento que los encuestados dicen tener sobre UPES

ENCUESTA SOBRE ACTITUDES HACIA LA ENERGIA SOLAR PASIVA

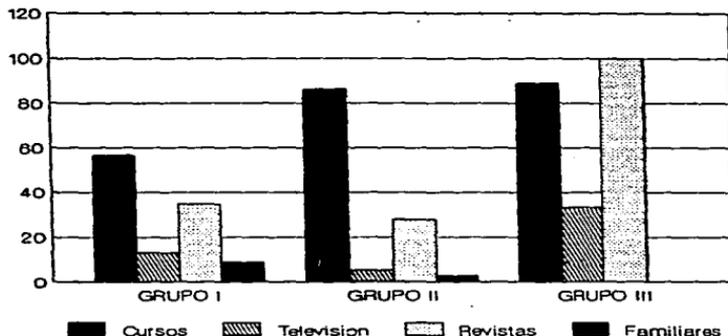


FIGURA 11. Origen de la información sobre energía solar pasiva a encuestados

ENCUESTA SOBRE ACTITUDES UPES PROBLEMAS P/ OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

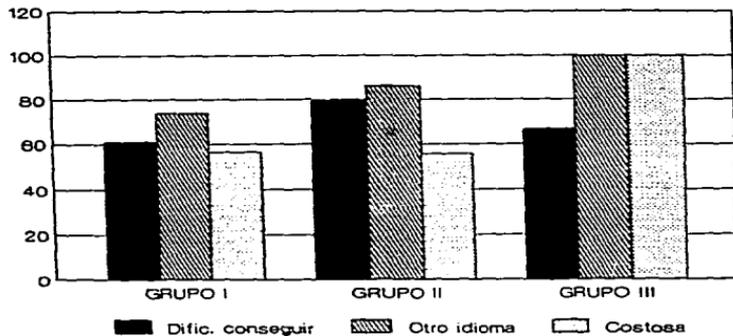


FIGURA 12. Porcentaje de personas que consideran los problemas como existentes

Los resultados de los análisis que comprueban las anteriores hipótesis pueden ser revisados gráficamente en las figuras 5 a 12, donde es evidente que es conveniente el tener un cambio de actitud radical en nuestro enfoque de diseño convencional. Entre las necesidades básicas que se desprenden de estos resultados está el tener un conocimiento mínimo de los usos pasivos de la energía solar. Para obtener el conocimiento básico en estos temas se pueden recurrir a varias fuentes: algunas que involucran la comunicación directa entre el interesado y el docente, y otras que no tienen este tipo de interrelación. Una opción interesante es la de modificar la formación de los futuros profesionistas para que tengan estos conocimientos de un diseño más acorde con la naturaleza.

Entre los grupos más importantes que se pueden considerar como idóneos para promover la enseñanza de este tipo de estrategias, figuran los siguientes:

1. Estudiantes de carreras de diseño arquitectónico.
2. Profesionistas directamente relacionados con el diseño arquitectónico (Arquitectos, Urbanistas, Ingenieros, etc.)
3. Usuarios, tanto actuales como potenciales, de edificaciones que integren en su diseño este tipo de estrategias. Este grupo abarca al público en general como usuario potencial de diseños solares.

La posibilidad de integrar dentro del sistema de enseñanza de los estudiantes de diseño arquitectónico temas relacionados con la aplicabilidad de estrategias naturales en el aprovechamiento de la energía es real. Tanto a nivel licenciatura como a nivel posgrado el cambio podría dar frutos importantes tanto a corto como a largo plazo, y es precisamente aquí donde el cambio puede ser realmente impactante: estamos formando a los futuros arquitectos de este país, a profesionistas que encontrarán nuevas circunstancias a las cuales hay que adaptarse. La inversión en recursos y esfuerzo es mínima en comparación con los resultados que se pueden obtener.

"... el miedo a saber es en el fondo el miedo a hacer, porque todo conocimiento entraña una responsabilidad [decía Abraham Maslow]. Estos nuevos descubrimientos desvelan aspectos de la realidad, que por su rica complejidad, escapan al análisis pero no obstante podemos comprenderlos. En algún nivel - lo llamaremos corazón, cerebro derecho, entrañas o inconciente colectivo- reconocemos la justeza e incluso la sencillez de los principios que implican; se corresponden con un saber profundamente enraizado en nuestro interior. La ciencia no está haciendo más que confirmar paradojas e intuiciones con las que la humanidad se ha tropezado repetidas veces, pero empeñándose tercamente en no verlas. Nos está diciendo que nuestras instituciones sociales y nuestras mismas formas de vida están violando la naturaleza. Nos dedicamos a fragmentar y a congelar lo que deberíamos dejar moverse por ser dinámico. Establecemos jerarquías de poder antinaturales. Competimos, cuando en realidad podríamos cooperar. Si leemos los letreros que aparecen en la cartelera de la ciencia, veremos la necesidad crítica de cambio en que nos encontramos; un cambio que consiste en vivir de acuerdo con la naturaleza, y no contra ella."

(Tomado de: Ferguson, 1985).

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- Alonso Concheiro, A. Alternativas Energéticas.
CONACYT y Fondo de Cultura Económica,
editores, 1era. Edición, México D.F.
1985.
- ANUIES. Anuario Estadístico 1985.
Licenciaturas
Asociación Nacional de Universidades
e Institutos de Enseñanza Superior,
México D.F., 1986.
- ANUIES. Anuario Estadístico 1985.
Posgrado.
Asociación Nacional de Universidades
e Institutos de Enseñanza Superior,
México D.F., 1986.
- Artero, B. Félix. Preparación y Control de Actividades
Escolares.
Editorial Herrero. México D.F., 1968.
- Balcomb, J.D. "Passive and Low Energy Research and
Development: a Global View".
Proceedings of the International
Conference on Passive and Low Energy
Ecotechniques applied to Housing,
México City, 1984.
Pergamon Press, 1984.
- Basalencue, Diego de. Historia de la Provincia de San Nicolás
de Tolentino de Michoacán del orden N.F.
San Agustín.
extractos en Los Agustinos, aquellos
Misioneros Hacendados.
Col. Cien del Mundo, SEP, 1era. Ed.
México D.F. 1985.
- Broda, Johanna. "Arqueoastronomía y Desarrollo de las
Ciencias en el México Prehispánico".
en Historia de la Astronomía en México
Serie La Ciencia en México. Editado por
SEP, FCE. CONACYT, Mexico D.F. 1986.

- Buchler, dir. Philosophical Writings of Peirce.
Chapt. 2, Dover Editions, New York,
1955.
- Chou, Ya-Lun. Análisis Estadístico.
Nueva Editorial Interamericana, 2a. ed.
México D.F., 1986.
- Eden, R. et al. Energy Economics: Growth, Resources,
and Policies.
Cambridge University Press, Cambridge,
1981.
- Ferguson, Marilyn. La Conspiración de Acuario.
Editorial Kairos, Barcelona, 1985.
- Flores Marini, C. "La Arquitectura de los Conventos en el
Siglo XVI"
en Conventos del Siglo Dieciseis.
Artes de Mexico, No. 86/87, Año XII,
México D.F. 1966.
- Ford Foundation. Energy: The Next Twenty Years.
Harper and Row Publ., Cambridge, 1979.
- Gallo, Joaquín. Curso de Cosmografía.
Editorial Progreso, S.A.
Mexico D.F., 1973.
- García Chávez, R. "La Integración del Diseño Solar Bio-
climático en la Curricula de las
Escuelas de Arquitectura en México".
Memorias del 3er. Seminario Internacio-
nal PLEA, 1984. SEDUE-INFONAVIT 1984.
- Gurrola R., Jesús. La Cosmografía en la Enseñanza de la
Geografía.
Editorial Trillas, México D.F., 1971.
- Hernández, E. "ABC de la Climatización Natural
Mediante el Uso Directo e Indirecto de
la Energía Solar". Revista de CONACYT:
Información Científica y Tecnológica
Vol.6, No 93, Jun. 1984.

- Hernández, E. et al. "Ecotécnicas para la Vivienda en México" Memorias del 3er. Seminario Internacional PLEA, 1984. SEDUE-INFONAVIT 1984.
- Katz, M. "Passive Solar Energy in Arizona: Homeowners' Attitudes and Perceptions." 8th National Passive Solar Conference. American Solar Energy Society, Inc. Santa Fe, New México, 1983.
- Kerlinger, F.N. Investigación del Comportamiento. Editorial Interamericana, México D.F. 1986.
- Lininger, Ch. A. The Sample Survey: Theory And Practice McGraw Hill, New York, 1975.
- López Cano, J.L. Método e Hipótesis Científicos Editorial Trillas-ANUIES. México D.F., 1986.
- Moreno, Roberto. "Astronomía Mexicana del siglo XVIII" en Historia de la Astronomía en México Serie La Ciencia en México. Editado por SEP, FCE, CONACYT, México D.F. 1986.
- Oppenheim. Questionnaire Design and Attitude Measurement. Basic Books, Inc., New York, 1966.
- Panorama Económico
Publicación trimestral editada por el Grupo de Estudios Económicos de Bancomer S.N.C., Vol. XXXVI. Segundo Trimestre 1987.
- Plan de Estudios 1981 UNAM.
Escuela Nacional de Arquitectura. Talleres de Letra, Universidad Autónoma de México. 1981.

- Poincare, H. Science and Hypothesis.
Dover Publications, New York, 1952.
- Rivera Marquez, M. La Comprobación Científica
Editorial Trillas-ANUIES,
México D.F., 1986.
- Turati Villarán, A. Diseño Arquitectónico como Materia
de Enseñanza.
Universidad Nacional Autónoma de México
División de Estudios de Posgrado,
México, D.F., 1983.
- Valle Gonzalez, V. "Fuentes Alternas de Energía".
Memorias del 3er. Seminario Internacio-
nal PLEA, 1984. SEDUE-INFONAVIT 1984.
- Van Dalen, D.B. y W.J. Meyer.

Manual de Técnica de la
Investigación Educativa
Editorial Paidós, México D.F., 1984.
- Vivienda.

Col. Necesidades Esenciales en México.
Siglo XXI Editores/COPLAMAR.
3a. Ed., México D.F. 1986.

Bibliografía selecta de referencia para aspectos relacionados con diseño solar pasivo (basada en la evaluación bibliográfica que se comento en el capítulo IV, parte B).

- Anderson, Bruce. The Solar Home Book.
Cheshire Books, Harrisville,
New Hampshire, 1976.
- Anderson, B.; Wells, M. Guía Fácil de la Energía Solar Pasiva.
Ediciones Gustavo Gili, Colección
Alternativas, México, 1984.
- ASHRAE 1985 Handbook of Fundamentals.
American Society of Heating,
Refrigerating, and Air-Conditioning
Engineers, Inc., Atlanta, Ga., 1985.
- Bainbridge, D., et al. Village Homes' Solar House Designs.
Rodale Press, Emmaus, Pa., 1979.
- Banham, Reyner. La Arquitectura del Entorno Bien Clima-
tizado.
Ediciones Infinito, Buenos Aires, 1975.
- Bardou, Patrick. Sol y Arquitectura.
Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 1981.
- Bertran de Quintana, M. El Sol en la Mano.
Universidad Autónoma de México, 2a. ed.
México D.F., 1982.
- Brinkworth, B.J. Energía Solar Para el Hombre.
H. Blume Ediciones,
Madrid, 1981.

- Brown, G.Z. Sun, Wind, and Light.
John Wiley and Sons, New York, N.Y.,
1985.
- Brown, G.Z. et al. Insideout.
Design Procedures for Passive Environ-
mental Technologies.
John Wiley and Sons, New York, 1984.
- Butti, & Perlin. A Golden Thread.
Van Nostrand Reinhold, New York, 1980.
- Camous, R. y Donald W. El Habitat Bioclimático.
Editorial Gustavo Gili, Colección
Alternativas, México D.F. 1986.
- Coe, Gigi, et al. The Home Energy Decision Book.
Sierra Club Books, San Francisco,
1984.
- Demeter, A. et al. La Conversion Bioenergetique.
Technique et Documentation,
Paris, France, 1980.
- Duffie, J.A.;
Beckman W.A. Solar Energy Thermal Processes.
John Wiley and Sons, New York, N.Y.
1974.
- Golany, Gideon. Planificación Urbana en Zonas Aridas.
Editorial Limusa, Mexico D.F., 1984.
- Hunter, K.C. Simplification of the Lumen Input Method
for Predicting Daylight in Buildings.
Solar Energy Research Institute.
U.S. Department of Energy, 1984.
(SERI/TR- 254-1844).
- IES Lighting Handbook. 1981 Reference Volume.
IES (Illuminating Engineering Society)
1981.
- Izard, Jean-Louis. Arquitectura Bioclimatica.
Ediciones Gustavo Gili, Mexico, 1983.
- Kreider, J.; Kreith F. Solar Heating and Cooling.
McGraw Hill Book Company.
New York, N.Y., 1975.

Koeningsberger, O.H.
et al.

Viviendas y Edificios en Zonas
Calidas y Tropicales.
Paraninfo, S.A., Madrid, 1977.

Manrique, J.A.

Energía Solar: Fundamentos y
Aplicaciones Fototermicas.
Harper and Row Latinoamericana,
México D.F.. 1984.

-----,

Transferencia de Calor.
Harper and Row Latinoamericana,
México D.F.. 1984.

Westinghouse El. Co.

Manual del Alumbrado.
Editorial Dorssat, S.A., Madrid,
mediante Mediencia Editora Mexicana,
México D.F. 1985.
(Versión al español del Lighting
Handbook hecho por Westinhouse Electric
Int. Co.

Mazria, Edward.

The Passive Solar Energy Book.
Rodale Press, Emmaus, Pa. 1979.

También publicado en español como:
El Libro de la Energía Solar Pasiva.
Colección Alternativas, Ediciones
Gustavo Gili, S.A., México D.F. 1983.

McPhillips, Martin.

Viviendas con Energía Solar Pasiva.
Ediciones Gustavo Gili, S.A. de C.V.
México, D.F., 1985.

Natural Lighting.

Solar Vision Publications, Harrisville,
New Hampshire, 1982.

Olgyay, Aladar; Olgyay Victor.

Solar Control and Shading Devices.
Princeton University Press,
Princeton, New Jersey, 1976.

Olgyay, Victor.

Design with Climate.
Princeton University Press, Princeton,
1963.

Passive Solar Construction Handbook.

National Concrete Masonry Association,
Herndon, Virginia, 1984 (DE 82030748).

Passive Solar Design Handbook.

(Volume Two: Passive Solar Design Analysis).
U.S. Department of Energy, Washington,
D.C., 1980. (DOE/CS-0127/2)

Passive Solar Design Handbook.

Van Nostrand Reinhold Company,
New York, N.Y., 1984.

Predicting Daylight as Interior Illumination.

Libbey, Owens and Ford Glass Company,
1965

Puppo, E; Puppo G.A.; Puppo G.

Sol y Diseño.
Marcombo S.A., Boixareu Editores,
Barcelona, 1976.

Puppo, E.; Puppo G.

Acondicionamiento Natural y Arquitectura.
Marcombo S.A., Boixareu Editores,
Barcelona, 2a. Edición, 1979.

Recommended Practice of Daylighting.

IES (Illuminating Engineering Society)
New York, 1979.

Regional Guidelines for Building Passive Energy Conserving Homes.

U.S. Department of Housing and Urban
Development (HUD-PDR-355), 1978.

Reif, Daniel.

Reconversión Solar.
Ediciones Gustavo Gili, México, 1983.

Sabady, R.P.

Arquitectura Solar.
Ediciones CEAC, Barcelona, 1982.

Silvestrini, Vittorio.

Uso de la Energía Solar.
Ediciones del Serbal, Segunda Edición,
Barcelona, 1981.

Solar Dwelling Design Concepts.

Drake Publishers, Inc.
New York, N.Y., 1977

Solar Dwelling Designs.

Sterling Publishing Co., Inc.
New York, N.Y., 1980.

Stickler, Darryl J.

Solar Spaces.
Van Nostrand Reinhold Company, New York,
1983.

-----,

Passive Solar Retrofit.
Van Nostrand Reinhold Company,
New York, N.Y., 1982.

Szokolay, S.V.

Environmental Science Handbook for
Architects and Builders.
John Wiley and Sons, New York, N.Y.
1980.

-----,

Solar Energy and Building.
The Architectural Press, London.
Halsted Press Division,
John Wiley and Sons, New York, N.Y.,
1985.

Tudela, Fernando.

Ecodiseño.
Universidad Autonoma Metropolitana de
Xochimilco, Colección Ensayos, Primera
Edición, 1982.

Universidad de Zulia.

Proyecto. Clima y Arquitectura.
Vols. 1, 2, 3. Editorial Gustavo Gili,
México, 1986.

Wade, H. et al.

Passive Solar: Subdivisions, Windows,
Underground.
American Solar Energy Society,
New York, 1983.

Watson, Donald.

Designing and Building a Solar House.
Gardenway Publishing, Vermont,
Sixth Printing, 1980.

Waugh, Albert E.

Sundials: Their Theory and Construction.
Dover Publications, Inc.
New York, N.Y., 1973.

Wright, David.

Natural Solar Architecture.
Van Nostrand Reinhold Company, New York,
1978.

APENDICES.

- A. CUESTIONARIO PARA LA REALIZACION DE LA ENCUESTA DE ACTITUDES HACIA LA ENERGIA SOLAR.
- B. PROGRAMAS DE CALCULO ESTADISTICO.
 - 1. Programas.
 - 2. Bibliografia de los programas.
- C. ENCUESTA SOBRE ACTITUDES DE GRUPOS RELACIONADOS CON EL CAMPO DEL DISENO HACIA EL USO PASIVO DE LA ENERGIA SOLAR.
 - 1. PARTE I. Personas relacionadas directamente con el diseno arquitectonico, pero con pocos o nulos conocimientos sobre las estrategias practicas del uso pasivo de la energia solar (Grupo I).
 - 2. PARTE I. Personas allegadas al diseno arquitectonico, pero con una base bastante firme sobre los usos de la energia solar, preferiblemente aquellas personas que ejercen la profesion de disenadores dentro del campo de la arquitectura, y aun mas si realizan actividades de docencia o investigacion (Grupo II).
 - 3. PARTE III. Los usuarios de edificios que incorporan en su diseno estrategias del aprovechamiento natural de la energia, preferiblemente usos pasivos de la energia solar (Grupo III).

USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR

CUESTIONARIO

El presente cuestionario nos permitira conocer las actitudes reales de los arquitectos, disenadores y de la gente en general hacia el uso pasivo de la energia solar.

Sistemas Pasivos son sistemas donde la energia se capta, distribuye, y utiliza por medios naturales, sin la utilizacion de ningun tipo de equipo mecanico adicional.

ENTREVISTADO: a. Arq. EDAD: b. Prof. Arq. UPES: si no reg
c. Usuario.

Cree Ud. que la utilizacion pasiva de la energia solar es apropiada por:

- | | | |
|---|----|----|
| 1. Economia (Ahorro en cuentas de electricidad, p.e.)? | si | no |
| 2. Sensacion agradable del ambiente natural? | si | no |
| 3. Los disenos que usan sist. pasivos gustan mas? | si | no |
| 4. Ahorran recursos? | si | no |
| 5. Es mas facil disenar los edificios? | si | no |
| 6. Representan un cierto estatus social del usuario? | si | no |
| 7. Muestran a un usuario con un alto nivel de cultura? | si | no |
| 8. Su mantenimiento es minimo? | si | no |
| 9. Son importantes por utilizar fuentes alternas de energia? | si | no |
| 10. Son mas confortables que los disenos convencionales? | si | no |
| 11. Son mas atractivos comercialmente? | si | no |
| 12. Son mas simples? | si | no |
| 13. Son mas silenciosos? | si | no |
| 14. Los usuarios estan satisfechos con sus disenos? | si | no |
| 15. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas extremos nacionales? | si | no |
| 16. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas no extremos nacionales? | si | no |
| 17. Todos los arqs. usan EPES de alguna u otra forma? | si | no |
| 18. Usuarios: Volveria a utilizar UPES en el futuro? | si | no |
| No usuarios: Usted estaria dispuesto a usar UPES? | si | no |

De donde ha obtenido la informacion sobre UPES?

- | | | | |
|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|
| a. television | b. revistas arq. | c. revistas en gral. | d. amigos |
| e. familiares | f. conocido casas | c/UPES | g. Otros (Cursos, p.e.). |

Porque cree que UPES no se aplica actualmente en gran escala en Mexico?

- | | | |
|---|----|----|
| 19. Desconocimiento del tema por parte de los arqs. | si | no |
| 20. Desconocimiento del tema por parte de los usuarios. | si | no |
| 21. Son demasiado complicadas en su aplicacion. | si | no |
| 22. Son demasiado costosas. | si | no |
| 23. La relacion costo/beneficio no es sufic. atractiva. | si | no |
| 24. Toman mucho tiempo al disenador. | si | no |
| 25. No funcionan satisfactoriamente. | si | no |
| 26. No se sabe con seguridad si van a funcionar al final. | si | no |
| 27. No son confiables. | si | no |
| 28. El tener sist. activos indica cierto estatus social. | si | no |
| 29. El costo de los energeticos es todavia relat. bajo. | si | no |
| 30. Se necesita gente especializada para disenarlos. | si | no |
| 31. Se necesita gente especializada para construirlos. | si | no |
| 32. Son mas vulnerables (p.e. a robos). | si | no |
| 33. No son atractivos comercialmente. | si | no |
| 34. Los disenos no son atractivos por su forma. | si | no |
| 35. No son compatibles con la ideosincrasia de la gente. | si | no |
| 36. La informacion es dificil de conseguir. | si | no |
| 37. La informacion esta en otros idiomas. | si | no |
| 38. La informacion es costosa. | si | no |
| 39. Hay demanda de UPES por parte de los usuarios? | si | no |

Si hiciera una encuesta en Mexico, como cree que la mayoria de la gentes contestaria a las siguientes preguntas?

Considera Ud. que existe el problema X
en su edificacion?

2 = Mucho
1 = Poco
0 = Nada

	Convencional	UPES
40. Habitaciones demasiado frias.	r:	r:
41. Habitaciones demasiado calientes.	r:	r:
42. Habitaciones demasiado oscuras.	r:	r:
43. Habitaciones demasiado humedas.	r:	r:
44. Disenos costosos.	r:	r:
45. Construccion costosa.	r:	r:
46. Los usuarios no saben como funcionan.	r:	r:
47. Goteras y fugas.	r:	r:
48. Destenimiento de telas y alfombras.	r:	r:
49. Deslumbriamiento.	r:	r:
50. Condensacion en las ventanas.	r:	r:
51. Cubrir ventanas inclinadas.	r:	r:
52. Mala Orientacion.	r:	r:
53. Diseno malo, no apropiado.	r:	r:
54: Otros:	r:	r:

1. PROGRAMAS.

```

10 KEY OFF :CLS :COLOR 0,7,0
20 PRINT "MEDIA, VARIANZA Y DESVIACION ESTANDAR"
30 COLOR 7,0,0
40 PRINT
50 PRINT "CUAL METODO (0=POBLACION; 1=MUESTRA)";
60 INPUT S
70 PRINT "TIPO DE DATOS (0=AGRUPADOS, 1=SIN AGRUPAR)";
80 INPUT K
90 PRINT "NUMERO DE OBSERVACIONES";
100 INPUT N
110 R=0:M=0:P=0
120 IF K=1 THEN 280
130 REM PARA DATOS AGRUPADOS
140 FOR I=1 TO N
150 PRINT "ITEM, FRECUENCIA";I;
160 INPUT A,B
170 REM VALORES ENTRADOS ACUMULADOS
180 R=R+B*A
190 REM VALORES PARA VARIANZA ACUMULADA INTERMEDIA
200 P=P+B :M=M+B*A^2
210 NEXT I
220 REM CALCULA MEDIA Y VARIANZA
230 R=R/P
240 V=(M-P*R^2)/(P-S)
250 REM IMPRIME RESULTADOS
260 GOTO 390
270 REM PARA DATOS SIN AGRUPAR
280 FOR I=1 TO N
290 PRINT "ITEM";I;
300 INPUT D
310 REM VALORES ENTRADOS ACUMULADOS
320 P=P+D
330 REM VALORES ACUMULADOS INTERMEDIOS PARA CALCULO DE VARIANZA
340 M=M+D^2
350 NEXT I
360 REM IMPRIME CALCULO DE MEDIA Y VARIANZA
370 R=P/N
380 V=(M-N*R^2)/(N-S)
390 PRINT
400 REM IMPRIME RESULTADOS
410 PRINT "MEDIA","VARIANZA","DESVIACION ESTANDAR"
420 PRINT R,V,SQR(V)
430 PRINT
440 REM CONTINUA O FINALIZA EL PROGRAMA?
450 PRINT "MAS DATOS (1=SI, 0=NO)";
460 INPUT S
470 IF S=1 THEN 40
480 PRINT
490 BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP:BEEP
500 PRINT TAB(25) CHR$(175)CHR$(175)"FIN DEL PROGRAMA"CHR$(175)CHR$(175)

```

2. BIBLIOGRAFIA DE LOS PROGRAMAS.

- Chou, Ya-Lun. Analisis Estadistico
Nueva Editorial Interamericana,
2a. Edicion, Mexico D.F., 1986.
- Harnett. Introduction to Statistical Methods
Addison-Wesley, Mass. 1975
2a. Ed.
- Poole, L. Programas Practicos en Basic.
Edicion IBM
McGraw Hill de Mexico, Mexico D.F.
1a. Edicion, 1983.
- Poole, L., Borchers, M. Algunos Programas de Uso Comun en
Basic, Edicion IBM.
McGraw Hill de Mexico, Mexico D.F.
1a. Edicion, 1983.
- Mendenhall, W. et al. Statistics: A Tool for the Social
Sciences.
Duxbury Press, Belmont, California
1974.
- Spiegel, Murray R. Theory and Problems of Statistics
Schaums's Outline Series.
Schaum Publishing Co, New York, 1961.

**USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR
(UPES)**

RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

PARTE I.

ARQUITECTOS Y ESTUDIANTES.

ENCUESTADOS

EDAD PROMEDIO:	22.5			
TAMAÑO DE LA MUESTRA:	23			
CONOCIMIENTOS SOBRE UPES:	SI	NO	REG.	
	4.3 %	13.0 %	82.7 %	

[Las preguntas que se muestran a continuación se han resumido por cuestión de espacio. Los enunciados completos de las preguntas se pueden encontrar en la versión original de la encuesta].

Creé Ud. que la utilización pasiva de la energía solar es apropiada por:

	SI	NO	?
1. Economía?	100.0 %	0.0 %	
2. Sensación agradable del ambiente ?	65.2 %	34.8 %	
3. Los diseños c/sist. pasivos gustan más?	91.3 %	8.7 %	
4. Ahorran recursos?	100.0 %	0.0 %	
5. Es mas fácil diseñar los edificios?	8.7 %	91.3 %	
6. Representan un cierto estatus social?	73.9 %	26.1 %	
7. Muestran un alto nivel de cultura?	73.9 %	26.1 %	
8. Su mantenimiento es mínimo?	78.2 %	21.8 %	
9. Son importantes por utilizar fuentes alternativas de energía?	100.0 %	0.0 %	
10. Son más confortables?	91.3 %	8.7 %	
11. Son más atractivos comercialmente?	39.1 %	60.9 %	
12. Son más simples?	73.9 %	26.1 %	
13. Son más silenciosos?	100.0 %	0.0 %	
14. Usuarios satisfechos c/sus diseños?	100.0 %	0.0 %	
15. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas extremos nacionales?	95.6 %	4.4 %	
16. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas no extremos nacionales?	82.6 %	17.4 %	
17. Todos los Arqs. usan UPES?	13.0 %	87.0 %	
18. Usted estaría dispuesto a usar UPES?	52.2 %	13.0 %	34.8 %

ARQUITECTOS Y ESTUDIANTES.

De dónde ha obtenido la información sobre UPES?

	SI	NO
a. televisión	13.0 %	87.0 %
b. revistas arq.	34.8 %	65.2 %
c. revistas en gral.	17.4 %	82.6 %
d. amigos	0.0 %	100.0 %
e. familiares	8.7 %	91.3 %
f. conocido casas con UPES	21.7 %	78.3 %
g. Otros (Cursos en su mayoría).	56.5 %	43.5 %

Porqué cree que las estrategias en el uso pasivo de la energía solar no se aplican actualmente en gran escala en el diseño en México?

	SI	NO	?
19. Desconocimiento por parte de los arqs.	95.7 %	4.3 %	
20. Desconocimiento de los usuarios.	100.0 %	0.0 %	
21. Son demasiado complicadas	13.0 %	87.0 %	
22. Son demasiado costosas.	6.5 %	93.5 %	
23. La relación costo/beneficio no es suficientemente atractiva.	43.4 %	56.6 %	
24. Toman mucho tiempo al diseñador.	43.4 %	56.6 %	
25. No funcionan satisfactoriamente.	8.7 %	91.3 %	
26. No se sabe con seguridad si funcionan.	4.3 %	95.7 %	
27. No son confiables.	13.0 %	87.0 %	
28. Indican cierto estatus social.	82.6 %	17.4 %	
29. El costo de los energéticos es bajo	56.5 %	43.5 %	
30. Necesitan gente espec. para diseñarlos.	78.2 %	21.8 %	
31. Necesitan gente espec. para construirlos.	34.7 %	65.3 %	
32. Son más vulnerables (p.e. a robos).	34.7 %	65.3 %	
33. No son atractivos comercialmente.	65.2 %	34.8 %	
34. Diseños no son atractivos por su forma.	34.8 %	65.2 %	
35. No son compatibles con la ideosincrasia.	47.8 %	52.2 %	
36. La información es difícil de conseguir.	60.8 %	39.2 %	
37. La información está en otros idiomas.	73.9 %	21.8 %	4.3 %
38. La información es costosa.	56.5 %	43.5 %	
39. Hay demanda de UPES de los usuarios?	4.3 %	95.7 %	

Si hiciera una encuesta en México, como cree que la mayoría de la

gente contestaría a las siguiente pregunta:
el problema X en su edificación?

Considera que existe

DISEÑOS CONVENCIONALES

PARTE I.

	<u>MA</u>	<u>VAR</u>	<u>DS</u>	<u>MC</u>
40. Habit. demasiado frías.	1.434	0.256	0.506	2.868
41. Habit. demasiado calientes.	1.304	0.312	0.558	2.608
42. Habit. demasiado oscuras.	1.652	0.237	0.486	3.304
43. Habit. demasiado húmedas.	1.060	0.242	0.492	2.120
44. Diseños costosos.	1.000	0.181	0.426	2.000
45. Construcción costosa.	1.434	0.347	0.589	2.868
46. No se sabe como funcionan.	0.652	0.762	0.884	1.304
47. Goteras y fugas.	0.956	0.225	0.474	1.912
48. Desteñimiento.	1.000	0.272	0.522	2.000
49. Deslumbramiento.	0.956	0.588	0.767	1.912
50. Condensación de vapor.	0.934	0.597	0.773	1.868
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.652	0.328	0.572	3.304
52. Mala Orientación.	1.760	0.178	0.422	3.520
53. Diseño malo, no apropiado.	1.478	0.351	0.593	2.956

DISEÑOS CON ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL USO DE LA ENERGIA SOLAR

	<u>MA</u>	<u>VAR</u>	<u>DS</u>	<u>MC</u>
40. Habit. demasiado frías.	0.130	0.095	0.309	0.260
41. Habit. demasiado calientes.	0.065	0.052	0.228	0.130
42. Habit. demasiado oscuras.	0.082	0.083	0.288	0.164
43. Habit. demasiado húmedas.	0.065	0.052	0.228	0.130
44. Diseños costosos.	1.021	0.283	0.532	2.042
45. Construcción costosa.	0.608	0.521	0.722	1.216
46. No se sabe como funcionan.	1.347	0.418	0.647	2.694
47. Goteras y fugas.	0.174	0.150	0.387	0.348
48. Desteñimiento.	0.217	0.177	0.421	0.434
49. Deslumbramiento.	0.217	0.177	0.421	0.434
50. Condensación de vapor.	0.043	0.043	0.208	0.086
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.347	0.418	0.647	0.694
52. Mala Orientación.	0.000	0.000	0.000	0.000
53. Diseño malo, no apropiado.	0.260	0.201	0.448	0.520

ESCALA ENCUESTA

ESCALA CORREGIDA

SIMBOLOGIA

2 = Mucho
1 = Poco
0 = Nada

0 = No existente.
1 = Muy Ligero.
2 = Mediano.
3 = Serio.
4 = Intolerable.

MA = Media Aritmética.
VAR = Varianza.
DS = Desviación Std.
MC = Media Corregida.

**USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR
(UPES)**

RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

PARTE II.

PROFESIONALES EN EL UPES.

ENCUESTADOS

EDAD PROMEDIO:	36.4			
TAMAÑO DE LA MUESTRA:	36			
CONOCIMIENTOS SOBRE UPES:	SI	NO	REG.	
	55.5 %	00.0 %	44.5 %	

[Las preguntas que se muestran a continuación se han resumido por cuestión de espacio. Los enunciados completos de las preguntas se pueden encontrar en la versión original de la encuesta].

Cree Ud. que la utilización pasiva de la energía solar es apropiada por:

	SI	NO	?
1. Economía?	100.0 %	0.0 %	
2. Sensación agradable del ambiente ?	100.0 %	0.0 %	
3. Los diseños c/sist. pasivos gustan más?	79.3 %	2.7 %	18.0 %
4. Ahorran recursos?	99.3 %	0.0 %	0.7 %
5. Es mas fácil diseñar los edificios?	22.2 %	77.8 %	
6. Representan un cierto estatus social?	16.6 %	80.7 %	2.7 %
7. Muestran un alto nivel de cultura?	27.7 %	72.3 %	
8. Su mantenimiento es mínimo?	100.0 %	0.0 %	
9. Son importantes por utilizar fuentes alternativas de energía?	100.0 %	0.0 %	
10. Son más confortables?	96.5 %	0.0 %	3.5 %
11. Son más atractivos comercialmente?	79.3 %	5.5 %	15.2 %
12. Son más simples?	98.7 %	0.0 %	1.3 %
13. Son más silenciosos?	100.0 %	0.0 %	
14. Usuarios satisfechos c/sus diseños?	100.0 %	0.0 %	
15. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas extremos nacionales?	100.0 %	0.0 %	
16. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas no extremos nacionales?	93.8 %	5.5 %	0.7 %
17. Todos los Arqs. usan UPES?	8.3 %	91.7 %	
18. Usted estaría dispuesto a usar UPES?	100.0 %	0.0 %	

PROFESIONALES EN EL UPES.

De donde ha obtenido la información sobre UPES?

	<u>SI</u>	<u>NO</u>
a. televisión	5.5 %	94.5 %
b. revistas arq.	27.8 %	72.2 %
c. revistas en gral.	44.5 %	55.5 %
d. amigos	25.0 %	75.0 %
e. familiares	2.7 %	97.3 %
f. conocido casas con UPES	44.4 %	55.6 %
g. Otros (Cursos en su mayoría).	86.2 %	13.8 %

Porqué cree que las estrategias en el uso pasivo de la energía solar no se aplican actualmente en gran escala en el diseño en México?

	<u>SI</u>	<u>NO</u>	<u>?</u>
19. Desconocimiento por parte de los arqs.	100.0 %	0.0%	
20. Desconocimiento de los usuarios.	100.0 %	0.0 %	
21. Son demasiado complicadas	5.5 %	94.5 %	
22. Son demasiado costosas.	5.5 %	86.2 %	8.3 %
23. La relacion costo/beneficio no es suficientemente atractiva.	70.9 %	22.2 %	6.9 %
24. Tóman mucho tiempo al diseñador.	39.0 %	58.3 %	2.7 %
25. No funcionan satisfactoriamente.	2.7 %	97.3 %	
26. No se sabe con seguridad si funcionan.	0.0 %	100.0 %	
27. No son confiables.	0.0 %	100.0 %	
28. Indican cierto estatus social.	26.3 %	71.0 %	2.7 %
29. El costo de los energeticos es bajo	94.5 %	5.5 %	
30. Necesitan gente espec. para diseñarlos.	94.5 %	5.5 %	
31. Necesitan gente espec. para construirlos.	38.8 %	61.2 %	
32. Son mas vulnerables (p.e. a robos).	11.1 %	76.4 %	12.5 %
33. No son atractivos comercialmente.	0.0 %	94.5 %	5.5 %
34. Diseños no son atractivos por su forma.	0.0 %	98.7 %	1.3 %
35. No son compatibles con la ideosincrasia.	0.0 %	91.7 %	8.3 %
36. La información es difícil de conseguir.	79.2 %	11.1 %	9.7 %
37. La información está en otros idiomas.	86.2 %	13.8 %	
38. La información es costosa.	55.7 %	38.8 %	5.5 %
39. Hay demanda de UPES de los usuarios?	5.5 %	90.4 %	4.1 %

Si hiciera una encuesta en México. cómo cree que la mayoría de la

gente contestaría a las siguiente pregunta:
el problema X en su edificación?

Considera que existe

PARTE II.

DISEÑOS CONVENCIONALES

	MA	VAR	DS	MC
40. Habit. demasiado frías.	1.694	0.332	0.576	3.388
41. Habit. demasiado calientes.	1.375	0.462	0.680	2.750
42. Habit. demasiado oscuras.	1.527	0.370	0.608	3.054
43. Habit. demasiado húmedas.	1.277	0.720	0.848	2.554
44. Diseños costosos.	1.055	0.053	0.232	2.110
45. Construcción costosa.	1.444	0.253	0.503	2.888
46. No se sabe como funcionan.	0.972	0.427	0.654	1.944
47. Goteras y fugas.	0.666	0.457	0.676	1.332
48. Desteñimiento.	1.128	0.343	0.585	2.256
49. Deslumbramiento.	0.722	0.434	0.659	1.444
50. Condensación de vapor.	0.833	0.314	0.560	1.666
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.750	0.421	0.649	1.500
52. Mala Orientación.	1.833	0.142	0.377	3.666
53. Diseño malo, no apropiado.	1.638	0.523	0.723	3.276

DISEÑOS CON ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL USO DE LA ENERGIA SOLAR

	MA	VAR	DS	MC
40. Habit. demasiado frías.	0.027	0.027	0.166	0.054
41. Habit. demasiado calientes.	0.055	0.111	0.333	0.110
42. Habit. demasiado oscuras.	0.041	0.033	0.184	0.082
43. Habit. demasiado húmedas.	0.000	0.000	0.000	0.000
44. Diseños costosos.	0.666	0.371	0.609	1.332
45. Construcción costosa.	0.763	0.521	0.721	1.526
46. No se sabe como funcionan.	1.080	0.635	0.797	2.160
47. Goteras y fugas.	0.069	0.059	0.243	0.138
48. Desteñimiento.	0.166	0.128	0.358	0.332
49. Deslumbramiento.	0.041	0.033	0.184	0.082
50. Condensación de vapor.	0.055	0.053	0.232	0.110
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.277	0.263	0.513	0.454
52. Mala Orientación.	0.000	0.000	0.000	0.000
53. Diseño malo, no apropiado.	0.013	0.006	0.083	0.026

ESCALA ENCUESTA

2 = Mucho
1 = Poco
0 = Nada

ESCALA CORREGIDA

0 = No existente.
1 = Muy Ligero.
2 = Mediano.
3 = Serio.
4 = Intolerable.

SIMBOLOGIA

MA = Media Aritmética.
VAR = Varianza,
DS = Desviación Std.
MC = Media Corregida.

USOS PASIVOS DE LA ENERGIA SOLAR
(UPES)

RESULTADOS DE LA ENCUESTA.

PARTE III.

USUARIOS DE PROYECTOS QUE INTEGRAN UPES.

ENCUESTADOS

EDAD PROMEDIO:	34.1		
TAMAÑO DE LA MUESTRA:	9		
CONOCIMIENTOS SOBRE UPES:	SI	NO	REG.
	11.1 %	11.1 %	77.8 %

[Las preguntas que se muestran a continuación se han resumido por cuestión de espacio. Los enunciados completos de las preguntas se pueden encontrar en la versión original de la encuesta].

Cree Ud. que la utilización pasiva de la energía solar es apropiada por:

	SI	NO	?
1. Economía?	100.0 %	0.0 %	
2. Sensación agradable del ambiente ?	100.0 %	0.0 %	
3. Los diseños c/sist. pasivos gustan más?			
a. A los usuarios.	100.0 %	0.0 %	
b. Al general de la población.	22.3 %	11.1 %	66.6 %
4. Ahorran recursos?	100.0 %	0.0 %	
5. Es más fácil diseñar los edificios?			
a. Arquitectos con conocimientos de UPES.	55.5 %	44.5 %	
b. Arquitectos sin este tipo de conoc.	0.0 %	94.5 %	5.5 %
6. Representan un cierto estatus social?	55.5 %	44.5 %	
7. Muestran un alto nivel de cultura?	88.9 %	11.1 %	
8. Su mantenimiento es mínimo?	100.0 %	0.0 %	
9. Son importantes por utilizar fuentes alternativas de energía?	100.0 %	0.0 %	
10. Son más confortables?	88.9 %	11.1 %	
11. Son más atractivos comercialmente? (Para los que conocen diseños solares.)	66.7 %	33.3 %	
12. Son más simples?	100.0 %	0.0 %	
13. Son más silenciosos?	100.0 %	0.0 %	
14. Usuarios satisfechos c/sus diseños?	94.5 %	0.0 %	5.5 %
15. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas extremos nacionales?	100.0 %	0.0 %	
16. Es necesario utilizar UPES en nuestros climas no extremos nacionales?	100.0 %	0.0 %	
17. Todos los Arqs. usan UPES?	66.7 %	33.3 %	
18. Volvería a usar UPES en un diseño futuro?	94.5 %	0.0 %	5.5 %

PARTE III.

USUARIOS DE PROYECTOS QUE INTEGRAN UPES.

De donde ha obtenido la información sobre UPES?

	SI	NO
a. televisión	33.3 %	66.7 %
b. revistas arq.	100.0 %	0.0 %
c. revistas en gral.	44.5 %	55.5 %
d. amigos	100.0 %	0.0 %
e. familiares	0.0 %	100.0 %
f. conocido casas con UPES	100.0 %	0.0 %
g. Otro tipo de forma de informarse:		
a. Cursos	11.1 %	88.9 %
b. Conferencias formales e informales	77.7 %	22.3 %
c. Literatura especializada.	100.0 %	0.0 %

Porqué cree que las estrategias en el uso pasivo de la energía solar no se aplican actualmente en gran escala en el diseño en Mexico?

	SI	NO	?
19. Desconocimiento por parte de los arqs.	100.0 %	0.0 %	
20. Desconocimiento de los usuarios.	100.0 %	0.0 %	
21. Son demasiado complicadas	0.0 %	100.0 %	
22. Son demasiado costosas.			
a. Se cree que son costosas.	94.4 %	5.6 %	
b. Son en realidad costosas.	11.1 %	88.9 %	
23. La relación costo/beneficio no es suficientemente atractiva.	11.1 %	77.8 %	11.1 %
24. Toman mucho tiempo al diseñador.	100.0 %	0.0 %	
25. No funcionan satisfactoriamente.	11.1 %	88.9 %	
26. No se sabe con seguridad si funcionan.	44.5 %	55.5 %	
27. No son confiables.	11.1 %	88.9 %	
28. Indican cierto estatus social.	66.7 %	33.3 %	
29. El costo de los energéticos es bajo	100.0 %	0.0 %	
30. Necesitan gente espec. para diseñarlos.	100.0 %	0.0 %	
31. Necesitan gente espec. para construirlos.	11.1 %	88.9 %	
32. Son más vulnerables (p.e. a robos).	0.0 %	100.0 %	
33. No son atractivos comercialmente.	11.1 %	88.9 %	
34. Diseños no son atractivos por su forma.	11.1 %	88.9 %	
35. No son compatibles con la ideosincrasia.	11.1 %	88.9 %	
36. La información es difícil de conseguir.	66.7 %	33.3 %	
37. La información está en otros idiomas.	100.0 %	0.0 %	
38. La información es costosa.	100.0 %	0.0 %	
39. Hay demanda de UPES de los usuarios?			
a. Por la gente en general.	0.0 %	77.8 %	22.2 %
b. Por gente con intereses ecológicos.	94.5 %	5.5 %	

Si hiciera una encuesta en México, como cree que la mayoría de la gente contestaría a las siguiente pregunta: Considera que existe el problema X en su edificación?

PARTE III.

DISEÑOS CONVENCIONALES.

	<u>MA</u>	<u>VAR</u>	<u>DS</u>	<u>MC</u>
40. Habit. demasiado frías.	1.222	0.194	0.440	2.444
41. Habit. demasiado calientes.	1.111	0.111	0.333	2.222
42. Habit. demasiado oscuras.	1.888	0.111	0.333	3.776
43. Habit. demasiado húmedas.	1.667	0.500	0.707	3.334
44. Diseños costosos.	0.333	0.500	0.707	0.666
45. Construcción costosa.	1.555	0.777	0.881	3.110
46. No se sabe como funcionan.	0.333	0.250	0.500	0.666
47. Goteras y fugas.	1.222	0.944	0.941	2.444
48. Desteñimiento.	0.888	0.111	0.333	1.776
49. Deslumbramiento.	0.111	0.111	0.333	0.222
50. Condensación de vapor.	1.222	0.944	0.971	2.444
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.000	0.000	0.000	0.000
52. Mala Orientación.	2.000	0.000	0.000	4.000
53. Diseño malo, no apropiado.	1.888	0.111	0.333	3.776

DISEÑOS CON ESTRATEGIAS PASIVAS EN EL USO DE LA ENERGIA SOLAR

	<u>MA</u>	<u>VAR</u>	<u>DS</u>	<u>MC</u>
40. Habit. demasiado frías.	0.111	0.111	0.333	0.222
41. Habit. demasiado calientes.	0.222	0.194	0.440	0.444
42. Habit. demasiado oscuras.	0.000	0.000	0.000	0.000
43. Habit. demasiado húmedas.	0.222	0.194	0.440	0.444
44. Diseños costosos.	0.555	0.527	0.726	1.110
45. Construcción costosa.	0.777	0.944	0.971	1.554
46. No se sabe como funcionan.	0.111	0.111	0.333	0.222
47. Goteras y fugas.	1.222	0.944	0.971	2.444
48. Desteñimiento.	0.277	0.069	0.263	0.554
49. Deslumbramiento.	0.000	0.000	0.000	0.000
50. Condensación de vapor.	0.000	0.000	0.000	0.000
51. Cubrir ventanas inclinadas.	0.555	0.277	0.527	1.110
52. Mala Orientación.	0.000	0.000	0.000	0.000
53. Diseño malo, no apropiado.	0.000	0.000	0.000	0.000

ESCALA ENCUESTA

2 = Mucho
1 = Poco
0 = Nada

ESCALA CORREGIDA

0 = No existente.
1 = Muy Ligero.
2 = Mediano.
3 = Serio.
4 = Intolerable.

SIMBOLOGIA

MA = Media Aritmética.
VAR = Varianza.
DS = Desviación Std.
MC = Media Corregida.