

00164

9

ESTRATEGIAS DE
ACONDICIONAMIENTO NATURAL
PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN
EL SECTOR RESIDENCIAL

CASO DE ESTUDIO MONTERREY, N. L.

ANABEL NEGRETE MARES



291114

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

2001



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.

00164

ESTRATEGIAS DE
ACONDICIONAMIENTO NATURAL
PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN
EL SECTOR RESIDENCIAL

CASO DE ESTUDIO MONTERREY, N. L.

TESIS QUE PRESENTA

ANABEL NEGRETE MARES

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN ARQUITECTURA - TECNOLOGÍA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



2001

JURADO

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Diego Morales Ramírez.

SINODALES

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez.

Dr. David Morillón Gálvez.

M. en Arq. Jeanine Da Costa Bischoff.

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**

Por el apoyo recibido a través de la **Dirección General de Estudios de Posgrado**, que me permitió participar en el **Programa de Becas Nacionales**

Al **M. en Arq. Francisco Reyna Gómez**

Por su valiosa ayuda, interés y asesoría en la realización de este trabajo

Al **Dr. José Diego Morales Ramírez**

Por su dirección e interés en la realización de esta investigación

Al **Dr. David Morillón Gálvez**

A la **M. en Arq. Jeanine Da Costa Bischoff**

Al **M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos**

A todos ellos por su orientación y apoyo brindado para llevar a cabo la presente investigación

A los **doctores y maestros** de la División de Estudios de Posgrado

A todos mis **compañeros y amigos** que me brindaron su apoyo

DEDICATORIAS

A la memoria de mi madre

Graciela Mares González

Quien me amó y me hizo feliz
Quien me cuidó y ayudó a salir adelante
Por quien lloro su ausencia
Porque aunque ya no esté presente estará en mi pensamiento
Porque este es el resultado de su esfuerzo y dedicación
Porque nunca la olvidaré

A mi padre

Alejandro Negrete López

Por la confianza que ha depositado en mí
Por apoyarme en todos mis proyectos
Por el amor que cada día me da
Porque siempre está pendiente de mi
Porque me alienta para continuar
Porque lo quiero y admiro mucho

A mis hermanos

Alejandro y Alberto

Por el amor que nos une como familia
Por el apoyo incondicional que me brindan
Porque aunque estén lejos están pendientes de mí
Porque unidos podemos superar los momentos difíciles
Porque los quiero mucho

A Héctor

Por creer en mí
Por su cariño y comprensión
Porque llena mi vida de luz
Porque su presencia me motiva para continuar
Porque en él encuentro apoyo en todo momento
Porque me enseña a creer en un sueño y luchar hasta alcanzarlo

A la memoria de

Joel

Porque me brindó su amistad y cariño
Porque me enseñó que hay que superar las situaciones difíciles con una sonrisa
Porque aprendí de él a disfrutar plenamente cada momento
Porque siempre lo recordaré con alegría y nostalgia

A mi amiga

Beatriz

Por su amistad
Por su cariño de hermana
Porque siempre puedo contar con ella

A **Pita**

Por compartir conmigo esta y otras experiencias
Por su apoyo incondicional
Por su cariño sincero

A mi tío

Víctor

Porque cree en mí y en mis proyectos
Porque su presencia me impulsa a buscar nuevos desafíos
Porque es un ejemplo a seguir

A mis tías

Gloria y Elsa

Por todo el cariño, ayuda y apoyo que me han brindado
Porque en ellas encuentro aliento en todo momento

A mis tíos

**Juan
Emma
Irma
Adolfo
Nélida
Víctor**

A mis tíos

**Gloria
Elsa
Eduardo
Humberto
Sergio
José Luis
María Luisa**

A todos mis primos

A la memoria de
mi abuelita **Mamalita**
mi tío **Juan Manuel**
mi tía **Elvira**

A todos mis primos

A la memoria de
mi abuelita **María del Refugio**

RESUMEN

La presente investigación se titula Estrategias de Acondicionamiento Natural para el Ahorro de Energía en el Sector Residencial, caso Monterrey, N. L. Trata básicamente de la problemática energética que se desarrolla en el sector residencial de esta localidad.

Primeramente se exponen los antecedentes de la energía eléctrica y su desarrollo, marcando la importancia de lograr la eficiencia energética en todos los sectores de la población, especialmente en aquellas localidades donde el consumo de energía es sumamente elevado y no hace un uso correcto de ésta. Asimismo se habla de la manera en que la Arquitectura puede contribuir con esa eficiencia energética a través del acondicionamiento natural en sus edificaciones. Se analizan las características generales del caso de estudio, de su arquitectura, población, economía, desarrollo energético y clima. Se plantean estrategias de climatización natural para el uso eficiente de la energía, que responden a las necesidades de confort interior, con criterios de ubicación del emplazamiento, forma de la edificación, efectos del viento, dispositivos de control solar, características físicas de los materiales de construcción, iluminación, vegetación y sistemas de climatización complementaria. Al final de ello se realiza un análisis de costo – beneficio de las estrategias propuestas para comprobar la factibilidad energética y económica de éstas.

De la aplicación de estas alternativas podemos obtener importantes reducciones de ganancias de calor en la edificación, en el consumo de energía y en el pago de servicios. Es factible el empleo de estrategias de climatización natural en el sector residencial ya que, de acuerdo a lo estudiado, tiene un potencial del **85%** aproximado de ahorro de energía, que es un factor considerable que tendría beneficios fuertes en el consumo energético y en la economía de la región.

Tan sólo con el uso de dispositivos de control solar se disminuye la captación de radiación de un 100%, a sólo un 19.06% (en su totalidad), esto es, el 80% de la radiación directa no es recibida, lo que hace que la ganancia térmica en el interior sea menor, aunado a ello, se pueden usar otras estrategias que optimicen ésta. Lo cual quiere decir que la propuesta de estrategias de climatización natural tiene serias ventajas sobre las construcciones que en la actualidad se desarrollan en la región. Asimismo, no solo se tiene un beneficio económico, también energético y por consiguiente ambiental, ya que al dejar de consumir una aproximación de 104 050 KW en 10 años (considerando que sólo en los tres meses del verano se emplee equipos de acondicionamiento electromecánico), se dejarían de emitir a la Atmósfera 64.98 toneladas de CO₂ y 20.48 toneladas de CO.

Jurado	i	2.1.1. Arquitectura vernácula.	23
Agradecimientos	iii	2.1.2. Arquitectura actual.	26
Dedicatorias	v	2.1.2.1. Materiales del lugar.	27
Resumen.	xi	2.2. Población y vivienda.	28
Índice.	xiii	2.2.1. Perspectiva de crecimiento de población.	28
Introducción.	1	2.3. Población y economía.	30
Capítulo I. Antecedentes.	5	2.4. Características energéticas.	31
1.1. La energía eléctrica.	7	2.4.1. Estructura energética.	32
1.1.1. Desarrollo de la energía eléctrica.	7	2.4.2. Consumo de energía.	33
1.1.2. La energía eléctrica en México.	9	2.4.3. Tarifa aplicada en la zona.	34
1.1.3. La electricidad, situación actual en México.	10	2.5. Reflexiones.	34
1.1.4. Consumo de energía en el sector residencial.	11	Capítulo III. Bioclima de la Ciudad de Monterrey.	37
1.2. En busca de la eficiencia energética.	12	3.1. Características climatológicas.	39
1.2.1. Organismos de apoyo al ahorro energético en México.	13	3.1.1. Clasificación climática.	39
1.2.2. Programas oficiales para el ahorro de energía.	14	3.1.2. Temperatura ambiente promedio mensual (°C).	40
1.2.3. Normatividad.	14	3.1.3. Temperatura de bulbo húmedo promedio mensual (°C).	42
1.3. Acondicionamiento Natural.	16	3.1.4. Humedad relativa (%).	42
1.3.1. Medios para lograr el acondicionamiento natural.	17	3.1.5. Radiación solar global media (w/m ²).	44
1.3.2. Herramientas para el estudio del acondicionamiento natural.	17	3.1.6. Proyecciones solares.	48
1.3.3. Investigaciones y publicaciones.	18	3.1.7. Vientos.	49
1.4. Reflexiones.	19	3.1.8. Precipitación anual (mm).	50
Capítulo II. Características de la Ciudad de Monterrey.	21	3.1.9. Nubosidad	50
2.1. Características de la ciudad.	23	3.2. Análisis Bioclimático.	51
		3.2.1. Confort ambiental.	51
		3.2.1.1. Rango de confort mensual de la temperatura de bulbo seco (°C).	51
		3.2.1.2. Datos horarios anuales de temperatura (°C).	52

3.2.1.3. Datos horarios anuales de humedad (%).	53	4.8.1. Sistemas de control.	88
3.2.2. Cartas bioclimáticas.	54	4.9. Recomendaciones de ahorro y eficiencia energética en el empleo de aparatos que consumen energía eléctrica.	89
3.2.2.1. Diagrama bioclimático de Olgyay.	54	4.10. Costo - beneficio de las estrategias propuestas.	91
3.2.2.2. Diagrama psicrométrico de Givoni.	55	4.11. Reflexiones.	93
3.3. Reflexiones.	57		
Capítulo IV. Estrategias de climatización natural para el uso eficiente de la energía.	59	Conclusiones.	95
4.1. Criterios para ubicación del emplazamiento de la vivienda.	61	Fuentes de Información.	99
4.2. Formas de la edificación.	62	Glosario de términos.	103
4.3. Efectos del viento.	62	Anexo I.	107
4.4. Dispositivos de control solar.	66	Anexo II.	123
4.4.1. Aleros y partesoles.	66		
4.4.2. Recomendaciones para elementos de protección solar.	71		
4.5. Características de los materiales de construcción.	74		
4.5.1. Reflexión de los materiales.	75		
4.5.2. Transmisión de los materiales.	77		
4.5.3. Retardo por inercia.	78		
4.5.4. Deterioro de los materiales.	82		
4.6. Iluminación.	82		
4.6.1. Iluminación natural.	83		
4.6.2. Iluminación artificial.	84		
4.6.2.1. Control de la Iluminación.	86		
4.7. Vegetación interior.	87		
4.8. Sistemas de climatización complementaria.	87		

Así, con esta investigación se quiere resolver uno de los problemas que genera el consumo excesivo de energía, específicamente en la ciudad donde se presenta el más alto.

Considerando que en nuestro país, las localidades que representan un mayor consumo de energía son las que registran un *clima extremo*, se tomará como caso de estudio la región Noreste, y más específicamente, la Ciudad de Monterrey, N. L.

Esta localidad es la más representativa de esta región por diversos aspectos como, el clima que la define y que es el que domina en esta área; por su actividad industrial; por su desarrollo económico; y por sus características socioculturales, que tienen gran influencia en la ideología y manera de vivir norteamericana y que propicia un consumo exagerado de energía.

Entonces, partiendo de que en las edificaciones se debe hacer un uso eficiente de la energía, se plantea como **hipótesis** para esta investigación:

Por medio de sistemas de climatización natural en las edificaciones del sector residencial de la Ciudad de Monterrey N. L. se puede lograr una eficiente utilización de energía disminuyendo su consumo, y por consiguiente teniendo un ahorro económico.

El **objetivo general** de esta investigación, es dar alternativas para lograr un ahorro energético y económico en edificaciones del sector residencial, para este tipo de clima en particular.

Los **objetivos particulares** son:

- Lograr condiciones de confort para el usuario, sin el empleo excesivo de energía.
- Disminuir el uso de energía con el máximo aprovechamiento de las características climáticas.
- Utilizar correctamente la energía en diferentes aparatos electrónicos, conociendo la Normatividad existente.
- Demostrar la factibilidad energética y económica de las alternativas propuestas.

- Establecer las características de alternativas de climatización natural, que sean un factor importante en el uso eficiente de energía y que complementen las acciones que el gobierno realiza a este respecto.
- Que el arquitecto pueda tomar decisiones de diseño en el desarrollo del proyecto o posteriores a la construcción, aplicando las recomendaciones hechas.
- Que con esta investigación se reflexione, se logre un cambio de hábitos y actitudes que conduzcan a una mayor eficiencia del uso de la energía, la protección de la economía y la preservación del entorno natural del hombre.

Esta investigación está dirigida a dependencias gubernamentales que dan apoyo al sector energético; a personas que toman decisiones sobre este rubro para el desarrollo sustentable del país; a arquitectos, diseñadores, ingenieros civiles, ingenieros ambientales, economistas, y a todo profesionalista que se interese en el tema, ya que el ahorro de energía en las edificaciones afecta desde el diseño mismo del proyecto, hasta la ganancia económica y ambiental que se genera de no desperdiciarla. Así mismo, está dirigida a la población que vive en esta región del país. También, a profesores y alumnos de arquitectura, para que consideren que el ahorro de energía forma parte del diseño desde el inicio del proyecto.

El desarrollo de esta investigación está dividido en cuatro capítulos. En el primero se exponen los antecedentes de la energía eléctrica y su desarrollo, marcando la importancia de lograr la eficiencia energética en todos los sectores de la población. Asimismo se habla del acondicionamiento natural en sus edificaciones.

En el segundo capítulo se habla de las características generales del caso de estudio. El tercero hace una descripción del bioclima de la localidad, con un análisis bioclimático.

En el último capítulo se plantean estrategias de climatización natural y se realiza un análisis de costo – beneficio para comprobar la factibilidad energética y económica de las propuestas.

Finalmente se dan a conocer las conclusiones y propuestas sobre la investigación.

Capítulo I

Antecedentes

En este primer capítulo se plantea un panorama general sobre los antecedentes que sirven de base para la presente investigación.

Primeramente se hace una breve reseña del desarrollo de la energía eléctrica desde sus inicios, su surgimiento, su situación actual y los hábitos de consumo que manifiesta el sector residencial en México.

Del mismo modo, se muestran los organismos, los programas y la normatividad que en nuestro país se fomentan para la eficiencia energética. Se menciona también, características sobre el acondicionamiento natural. Y por último, se muestran algunas reflexiones sobre esta primera parte.

1.1. LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Las fuentes de energía se aplican para el desarrollo de todas las actividades propias del hombre encaminadas al mejoramiento de las condiciones de vida y los sistemas de producción, que van desde la obtención de alimentos, el desarrollo de todas las actividades económicas, hasta el logro de las grandes hazañas espaciales.

La demanda de energía ha impulsado el desarrollo de diferentes fuentes de ésta y la producción de diversos energéticos para satisfacer todos los usos⁴. Es por ello que se debe conocer la evolución de las fuentes energéticas a través del desarrollo de la civilización. Además de saber la influencia que sobre la Arquitectura causa la energía.

1.1.1. DESARROLLO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Lewis Mumford⁵, en su teoría sobre el desarrollo de la técnica y la civilización, plantea diversas fases, en las cuales hace una descripción de los factores que intervinieron en cada una de ellas, así, en términos de energía y materiales característicos, la fase eotécnica está representada por agua y madera; la fase paleotécnica por carbón y hierro; y, la fase neotécnica por electricidad y aleación.

⁴ COVARRUBIAS, ROGELIO Y GARCÍA, FRANCISCO. *Actividades de investigación en el uso de la energía eléctrica*. Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Noviembre - Diciembre 1998.

⁵ MUMFORD, LEWIS. *Técnica y civilización*. Madrid, Alianza Editorial, 1971. 522 p. Serie Alianza Universidad.

Un hecho importante de la base de la economía eotécnica es la disminución del uso de los seres humanos como principales motores, y la separación de la producción de energía de su aplicación e inmediato control. Con la separación de energía y destreza humanas del proceso productivo, se dio una tendencia a una mayor impersonalidad, desarrollándose la máquina con los nuevos generadores de energía. Estando el mayor progreso técnico en regiones que tenían copiosos suministros de agua y viento, se desarrollaron las ruedas hidráulicas y los molinos de agua.

Solamente en cuanto a importancia, después de la energía hidráulica estaba la fuerza del viento, difundida ampliamente por el molino de viento (imagen 1.1.). Este desarrollo de la energía del viento y del agua alcanzó su apogeo en la mayor parte de Europa hasta el siglo XVII. En potencia, la energía como cantidad disponible para la producción era elevada si se comparaba con la de cualquier civilización anterior.

El molino tenía una larga vida, el mantenimiento era simbólico y el suministro de energía era inagotable. Y muy lejos de asolar la tierra y dejar detrás escombros y aldeas despobladas, los molinos ayudaban a enriquecer la tierra y a facilitar una agricultura estable y conservadora, sin recurrir a la esclavitud.



Imagen 1.1. Molino de viento. *Marsh tower*. Fotografía Orford⁶.

⁶ Muggerridge Mill Photographs – Suffolk N-Z. url. <http://library.ucl.ac.uk/>

La principal debilidad del régimen eotécnico fue la irregularidad de la energía. El depender de fuertes vientos continuos y de una corriente regular de agua, limitaba la expansión y la universalización de esta economía.

A mitad del siglo XVIII el desarrollo fundamental de la Revolución Industrial ya se había cumplido: las fuerzas externas de la naturaleza estaban dominadas. Había llegado el momento de consolidar y sistematizar los grandes avances que se habían realizado. Apareció un nuevo movimiento en la sociedad industrial, la economía paleotécnica, que se había estado concentrando progresivamente con fuentes de energía, materiales y objetivos sociales diferentes.

El gran cambio en la población y la industria que tuvo lugar en el siglo XVIII se debió a la introducción del carbón como fuente de energía mecánica, empleando nuevos medios para hacerla efectiva, como la máquina de vapor, y nuevos métodos de difusión y trabajo del hierro. De este complejo del hierro y del carbón surgió una civilización nueva. El carbón colocó a la industria casi fuera del alcance de las influencias estacionales y las características del tiempo.

Así, en los aspectos más generales, la industria paleotécnica dependía de la mina, sus productos dominaban su vida y determinaban sus inventos y perfeccionamientos. De la mina llegó la *máquina de vapor*, la cual tendió hacia el monopolio y la concentración. La energía del viento y del agua eran libres, pero el carbón era caro y la máquina de vapor era una inversión costosa, así como lo eran las máquinas que producía. La energía de vapor era más eficiente en grandes unidades que en pequeñas, lo que alentó la tendencia de grandes instalaciones industriales, y se convirtió en un símbolo de eficiencia y señal de progreso.

La primera marca de la industria paleotécnica fue la contaminación del aire. Las nuevas fábricas construyeron máquinas de vapor y chimeneas sin esfuerzo alguno para conservar la energía quemando totalmente los productos de la combustión. A pesar de las pretensiones de perfeccionamiento, la máquina de vapor sólo era eficiente en un 10%, el restante 90% se escapaba en radiación y buena parte del combustible se esfumaba por la chimenea.

La fase neotécnica fue marcada desde el principio por la conquista de una nueva forma de energía, la electricidad, que produjo cambios revolucionarios.

La electricidad puede generarse con la energía de un gran número de fuentes, no solamente el carbón, sino la rápida corriente del río, los saltos de agua, entre otros. Es mucho más fácil de transmitir sin grandes pérdidas energéticas y costos altos y es fácilmente convertible en otras formas de energía.

Desde los principios del desarrollo del sector eléctrico, al inicio del siglo XX, fundamentalmente, la forma de pensar que se establece es que, entre más energía se produzca, mejor. Y esta influencia no era sólo propia de los capitalistas, sino que predominaba mundialmente. Como lo fue en la Unión Soviética, donde Lenin manifestaba que "...*más energía igual a más progreso...*"⁷.

Hacia principios de los años setenta del siglo XX, el energético rey es el petróleo. Pero es en esos años, como resultado de ajustes de la economía y de la geopolítica mundial, que se reconoce ampliamente su carácter de recurso finito y no renovable. Mostrando que este energético, producto de miles de años de actividad geológica, es un recurso localizado en determinados puntos del planeta y, por lo tanto, sujeto permanentemente a la geopolítica.

A partir de 1973 el precio del petróleo inicia una rápida escalada que tiene impactos económicos en todo el mundo, dentro y fuera de la industria de la energía. Esta alza del precio del petróleo hace rentables nuevos yacimientos, dando lugar a que también sean rentables alternativas al petróleo como la energía nuclear, las energías renovables y el gas natural. Uno de los procesos que se desataron por el alza de los precios del petróleo, es la inflación que se desata a nivel mundial, la cual resulta en una recesión en muchas economías. También, se presenta un reacomodo en los flujos del dinero, el Medio Oriente se convierte en el punto de llegada y de partida de una fracción considerable de las divisas que se movían en esos años a nivel mundial.

Otro hecho muy importante fue el reajuste de la economía industrial, que entró en un proceso llamado "reconversión industrial" y que se reflejó con un reacomodo de las inversiones de capital hacia productos de mayor contenido tecnológico y menor contenido material. Este proceso tiene, como colateral, un reacomodo de la geografía industrial, donde las tareas intensivas en mano de obra y materiales se

⁷ ASOCIACIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS ELECTRICISTAS, A. C. *Fuentes Alternativas de Energía*. Boletines de la Asociación de Ingenieros Mecánicos Electricistas, A. C. Año 2 Nueva Época. Marzo-abril y mayo-junio 1998, 11-12 y 13-14

transfieren a regiones lejanas, que tradicionalmente tenían actividad industrial.

De los elementos básicos en esta reconversión industrial quizá el más importante es la generalización del uso de la informática y las telecomunicaciones. La digitalización de las comunicaciones, la expansión de los servicios vía satélite y el acoplamiento entre teléfono y computadora, que recomponen la forma de operar de las empresas en el mundo. Cabe también mencionar en estos procesos de cambio a la aparición en el mercado de nuevos materiales sintéticos, más ligeros, con mejores características físicas que los tradicionales. Estos materiales, integrados a todo tipo de productos, hacen posible una mayor eficiencia en el uso de la energía.

Finalmente y con implicaciones macroeconómicas mayores, se inicia un lento proceso de cambio estructural en industrias típicamente monopólicas, como lo son la industria de las telecomunicaciones y de la electricidad. Así, monopolios estatales y privados en todas partes del mundo tienen que abrirse al mercado y a la competencia.

La demanda total de energía en 1995 fue muy desigual. En los países de la OPED (Organización de Países con Economía Desarrollada) fue de 47.3%; en los países del antes llamado bloque comunista de 32.9%, y en los países en vías de desarrollo de 20.2%⁸.

Un proceso social que coincide con la crisis petrolera y la expansión de las comunicaciones, es la aparición de una conciencia ambiental en todos los niveles de la población mundial. En los campos de producción, en su transporte y en sus lugares de consumo final (las ciudades), los impactos que tiene el uso de la energía se reconocen. La contaminación de las ciudades, la lluvia ácida en regiones enteras, y el cambio climático global, son problemas que se tienen que afrontar porque la humanidad lo requiere para seguir existiendo.

1.1.2. LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN MÉXICO

En México hemos tenido, nuestro proceso particular. En primer lugar, las plantas hidroeléctricas son el punto de partida de lo que es la

industria eléctrica en México y aparecen a finales del siglo XIX y principios del XX.

Es a finales de los años sesenta que los potenciales hidroeléctricos en grandes plantas comienza a agotarse, y las termoeléctricas se muestran como una opción más económica, y más cuando nuestro país contaba con suficientes reservas de combustibles fósiles. Así, en los años setenta, la expansión del sector se hizo con plantas termoeléctricas.

Por su privilegiada situación energética, México fue uno de los ganadores en la crisis del petróleo en los años setenta. Sin embargo, las grandes inversiones que se tuvieron que hacer para poder aprovechar los nuevos precios del petróleo, implicaron altos niveles de endeudamiento nacional, que se convirtieron en un enorme lastre cuando las políticas de ahorro y de diversificación energética que se llevaron a cabo a nivel mundial, dieron lugar a la baja del precio del petróleo. Es entonces que en 1982, la realidad mundial alcanza a la economía mexicana.

Como resultado de las nuevas circunstancias, las posibilidades de endeudamiento público se redujeron radicalmente. Esta situación afectó directamente a las inversiones en infraestructura energética, las cuales, hasta entonces, se lograban con financiamientos de la Banca de Desarrollo Internacional.

El gasto público deja de ser el motor de la economía mexicana y México tiene que abrirse a la economía mundial. En 1982 termina un largo periodo de industrialización basada en la protección de nuestra industria nacional. Los nuevos tiempos nos llevan a nuevas competencias, teniendo que competir con lo que podamos, en lo que podamos.

Precisamente, los procesos que ocurren a nivel mundial y nacional dan lugar a que en México, la mano de obra calificada y la posición geográfica del país, se conviertan en ventajas competitivas que llevan a que las plantas de ensamble o maquiladoras, surjan como el nuevo eje del crecimiento de la industria nacional.

Los cambios en el mundo llevan entonces, a que el viejo paradigma de tener la energía por la energía, desaparezca para dar lugar a nuevos paradigmas. El desarrollo sustentable y la energía como fuente de servicio (calor, frío, luz) y no como un fin en sí mismo, son dos de los

⁸ ASOCIACIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS ELECTRICISTAS, A. C. *Fuentes Alternativas de Energía*. Boletines de la Asociación de Ingenieros Mecánicos Electricistas, A. C. Año 2 Nueva Época. Marzo-abril y mayo-junio 1998, 11-12 y 13-14

nuevos fines que modifican las perspectivas de acción en el sector energético.

Al mismo tiempo, entendida como un proceso económico y político, la descentralización del país, aunada al desarrollo de equipos de generación eléctrica modulares y flexibles en cuanto a combustibles, se presenta como un proceso en desarrollo con posibles impactos mayores, en cuanto al mercado energético nacional.

1.1.3. LA ELECTRICIDAD, SITUACIÓN ACTUAL EN MÉXICO

En México, la generación, transformación, transmisión, distribución y venta de energía eléctrica está a cargo del gobierno federal por medio de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Con las reformas a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, actualmente se contemplan también las figuras de autoabastecimiento, productor independiente, y pequeño productor, pero la CFE continua siendo la única entidad que puede ofrecer la venta de energía eléctrica a los particulares.

La energía se produce y consume en seis grandes sectores: energía, transporte, industria, comercio, servicios y residencial o doméstico⁹.

El sistema eléctrico de México cuenta con plantas de generación, prácticamente de todos los tipos comerciales existentes. Ya que dispone de una gran variedad de recursos naturales: hidráulicos, hidrocarburos, viento, sol, carbón, geotermia, nuclear, mareas; biomasa; diversidad que le permite una planeación energética ambientalmente equilibrada.

La capacidad instalada en plantas de generación asciende a 35675.1 MW en 1999¹⁰. En líneas de transmisión y distribución, México cuenta con 360,000 km, y la capacidad de transformación en subestaciones asciende a 124,000 MVA.

El Sistema Eléctrico Nacional en las últimas décadas ha evolucionado a un ritmo acelerado. En 1960 la capacidad instalada de

generación en México era de 3,021 MW, alimentado por sistemas eléctricos independientes entre sí. Su evolución se refleja en la utilización de mayores tensiones de transmisión (230 y 400 KV), en la interconexión de sistemas, en el desarrollo de grandes proyectos hidroeléctricos y termoeléctricos. Además del aprovechamiento de la energía geotérmica, la energía nuclear, el carbón y la energía eólica. De esta manera, se ha dado pauta para aprovechar el uso de tarifas con diferenciación horaria.

El Sistema Eléctrico Nacional se divide en nueve áreas que se muestran en la imagen 1.1:

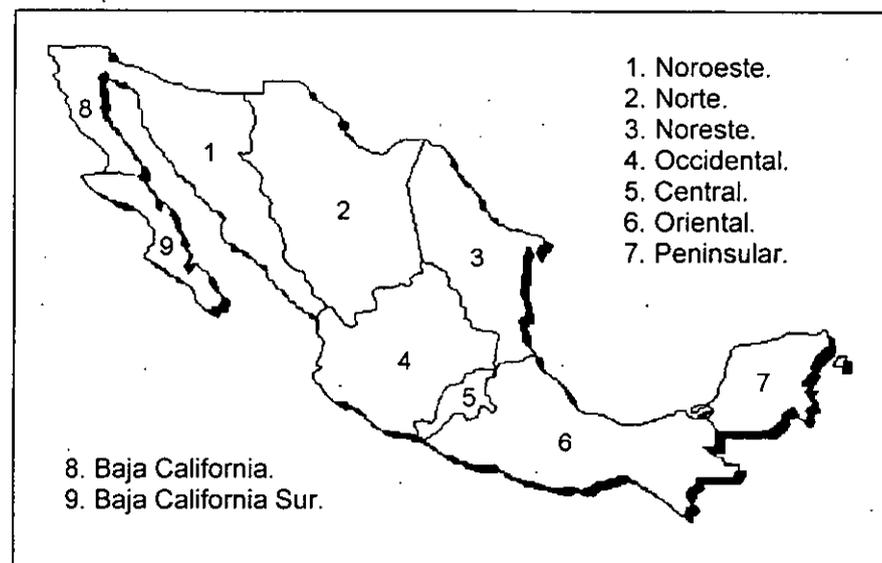


Figura 1.1. Áreas del Sistema Eléctrico Nacional.

Las siete primeras se encuentran interconectadas entre sí, formando el Sistema Interconectado Nacional¹¹ (SIN).

Básicamente, centrales como las geotérmicas, termoeléctricas, las de carbón, ciclo combinado y las nucleares son utilizadas como carga base, mientras que las térmicas hidroeléctricas cumplen la función de seguir la demanda, ajustándose en todo momento a ella, principalmente durante las horas pico.

¹¹ Sistema Eléctrico Nacional. Datos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad para 1998.

⁹ COVARRUBIAS, ROGELIO Y GARCÍA, FRANCISCO. *Actividades de investigación en el uso de la energía eléctrica*. Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Noviembre - Diciembre 1998.

¹⁰ Datos proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad para 1999.

Se cree que el petróleo abunda, y las inversiones para su uso como combustible no tienen comparación con las de la transformación de la radiación solar, el viento y el oleaje marino en electricidad, ya que estamos convencidos de la presencia absoluta que sobre nuestra economía y nuestro ánimo ejerce el petróleo, sin considerar conscientemente la disponibilidad futura de los hidrocarburos.

Sin embargo, debe seguirse insistiendo en estas áreas de la termodinámica y ciencias aplicadas a las fuentes alternas de energía, por lo que hay que difundirlas de manera perseverante, intentando que las instituciones apoyen un mayor número de investigaciones.

1.1.4. CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Debido al crecimiento demográfico y al incremento de costos de producción, así como a la reducción de las reservas petrolíferas del país, cada día es más costosa la adquisición, producción y distribución de los energéticos que se consumen en el sector residencial, representado por casas habitación, edificios de departamentos y unidades habitacionales. Si no se da a conocer el costo real del energético, será difícil que la población en su conjunto aprecie el valor de la energía en su vida diaria y, por ende, participe activamente en las campañas que se emprenden con la finalidad del uso racional y el ahorro de energía¹².

Desde 1988 a nivel nacional, el número de usuarios¹³, la venta de cada mega-watt-hora, el precio promedio de la electricidad y el consumo medio por usuario se han incrementado al paso de los años, presentándose para 1999 datos que llegan a multiplicarse¹⁴, y esperándose para el 2010 valores mucho más elevados, mostrados en las siguientes gráficas.

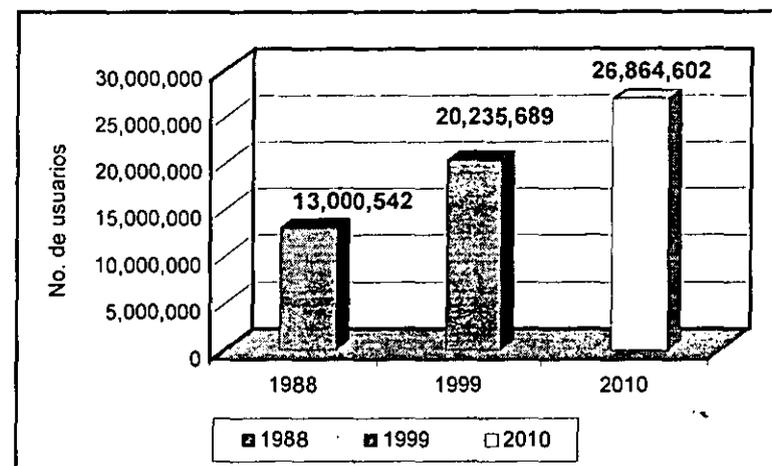
El número de usuarios ha aumentado un 55% de 1988 a 1999, esperando para 2010 un incremento aproximado del 30%, tomando en cuenta que puede variar de acuerdo a la situación social y económica

¹² COVARRUBIAS, ROGELIO Y GARCÍA, FRANCISCO. *Actividades de investigación en el uso de la energía eléctrica*. Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Noviembre - Diciembre 1998.

¹³ Entendiéndose como usuario el número de viviendas (casas y departamentos) que cuentan con el servicio de suministro de electricidad. Considerando que en cada vivienda hay un promedio de cuatro a cinco ocupantes.

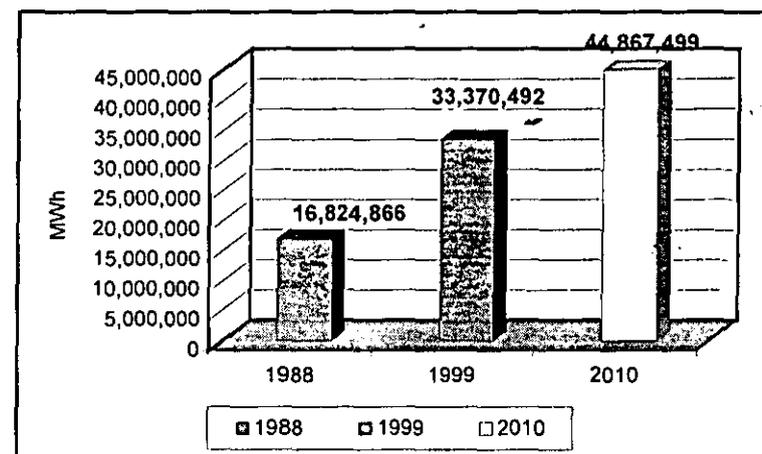
¹⁴ Sector Eléctrico Nacional. Agrupación sectorial de tarifas. Datos reales 1988... A ...1999. Acumulados de enero a diciembre.

que enfrente el país en los próximos años. El comportamiento del número de usuarios es el siguiente:



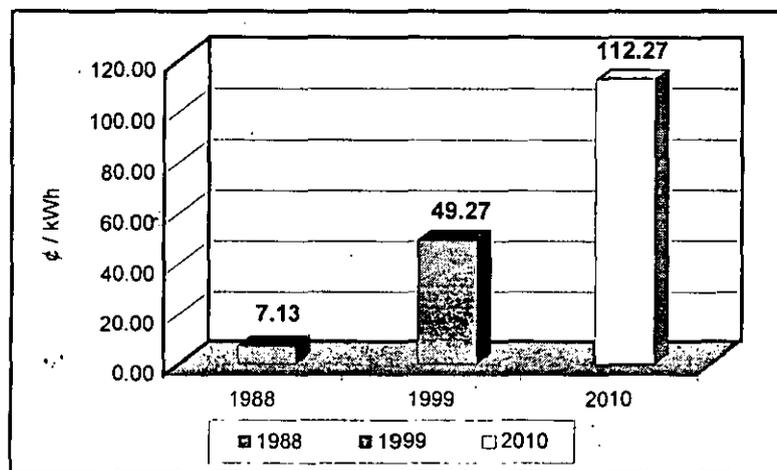
Gráfica 1.1. Proyección del número de usuarios que consumen energía en el sector residencial.

Las ventas llegan a duplicarse de 1988 a 1999, aunque se espera que para el 2010 se reduzca ligeramente la tasa de crecimiento, como se muestra en la gráfica:



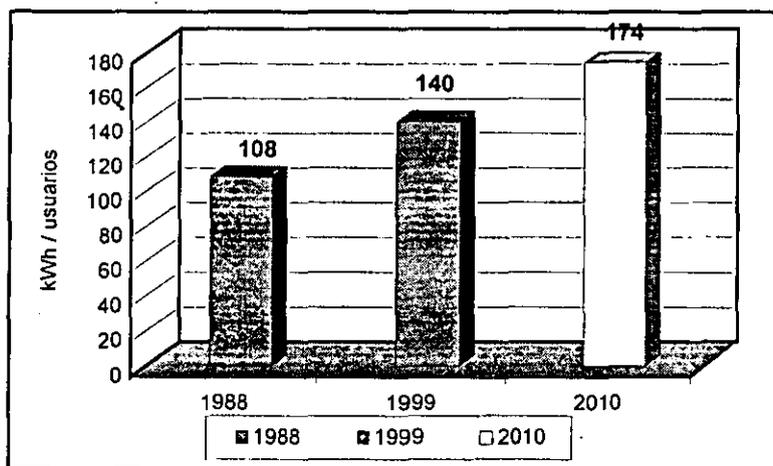
Gráfica 1.2. Proyección de las ventas en MWh de energía en el sector residencial.

Lo que es más notable es el incremento en los precios medios ya que de 1988 a 1999 aumenta un 590%, y para 2010 se estima que se establecerá en más del doble de 1999:



Gráfica 1.3. Proyección de los precios medios de energía en el sector residencial.

Dentro del consumo de energía por usuario se prevé que se irá incrementando poco a poco como se muestra:



Gráfica 1.4. Proyección de consumo de energía por cada usuario, en el sector residencial.

1.2. EN BUSCA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

A lo largo de la historia, los energéticos han sido un factor fundamental para el desarrollo económico y del bienestar colectivo de la humanidad. Pero la elevada dependencia de los combustibles fósiles para la generación de estos energéticos, trae consigo diversos problemas como el de la contaminación, además de que tienen un carácter de recurso finito. Lo que hace necesario buscar otras alternativas que reemplacen este tipo de generación de energía, alternativas limpias y renovables.

Nuestro país se ha visto favorecido por una gran cantidad de recursos energéticos, entre los cuales destacan los hidrocarburos fósiles, que es la principal fuente de energía en México. Sin embargo tiene un serio problema, dado su carácter de no renovable, además del elevado impacto ambiental, consecuencia de su extracción y uso.

La situación energética mundial evolucionó hacia una creciente dependencia del petróleo y simultáneamente se desarrollaron patrones de consumo distorsionados que propiciaron su uso excesivo. Desde el conflicto armado del Medio Oriente de 1973 y 1974, se han arrojado transformaciones en el sistema energético mundial, que se incrementaron con los aumentos de precios en 1979 y 1980. Estableciéndose el cambio más importante del lado de la demanda. De esta manera, los países industrializados implantaron una política de ahorro de energía y de diversificación de fuentes de suministro. Esta transformación se inició desde el principio de los años setenta y se aceleró hacia 1979, donde el consumo total de energía en el mundo disminuyó en un 0.3% anual promedio, y sólo en los países industrializados, en casi un 3%.

Estas reducciones fueron originadas por la menor actividad económica mundial asociada a la recesión, y por supuesto, a las políticas de ahorro y diversificación energética, y sus efectos se han proyectado para todas las economías en su conjunto. Los esfuerzos de ahorro a nivel mundial se han centrado principalmente en los sectores industrial, comercial y residencial, siendo, en los últimos quince años, los países industrializados los que lograron reducir el consumo de energía primaria por unidad de producto bruto en un 20%, aproximadamente¹⁵.

¹⁵ ASOCIACIÓN DE INGENIEROS MECÁNICOS ELECTRICISTAS, A. C. *Fuentes Alternativas de Energía*. Boletines de la Asociación de Ingenieros Mecánicos Electricistas, A. C. Año 2 Nueva Época. Marzo-abril y mayo-junio 1998, 11-12 y 13-14

Los esfuerzos realizados para la conservación y ahorro de energía, así como para la diversificación de fuentes alternas, se han dado casi de manera exclusiva en los países desarrollados, modificando las estructuras económicas mundiales. En cambio, la mayor parte de los países en vías de desarrollo, entre ellos México, han permanecido por mucho tiempo ajenos a estos esfuerzos por diversas razones, principalmente económicas, lo que les hace tener sólo una pequeña participación en el ámbito internacional por su poca competitividad.

En México, el uso eficiente de la energía es relativamente joven, las contribuciones más relevantes han sido escasas, además de la ausencia durante muchos años de una política nacional integral. En la década de los años sesenta, nuestro país hacía un mejor uso de los energéticos que en la actualidad. Ya en los años setentas, se convirtió en un exportador neto de hidrocarburos con enormes reservas de este energético, por lo que el país empezó a utilizar de manera dispendiosa su energía.

El primer antecedente en el sector gubernamental que se tiene es en 1977, con la edición de un manual de técnicas para el uso eficiente de la energía en la industria, expedido por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN), que fue la traducción de una obra estadounidense, pero sus impactos fueron mínimos. En el mismo año se planteó un programa interno de uso racional de la energía en empresas con proyección internacional, pero por el bajo costo de los energéticos, el programa quedó únicamente en las etapas iniciales. Así, la necesidad de hacer un uso más racional de la energía aparece hasta el Gobierno Federal de 1976 a 1982, en el Plan de Energía que definía el periodo de 1980 al año 2000. Este plan fue editado en 1980 pero no establecía metas concretas. Aún así, este año fue el inicio de una serie de acciones de instituciones y empresas, públicas y privadas, de difundir la necesidad de utilizar eficientemente la energía.

El uso eficiente de la energía ha cambiado radicalmente en los últimos años y se ha ido incrementando. Para coordinar su promoción y uso eficiente en su producción, distribución y utilización final, se creó la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), también el Fideicomiso Privado de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), quien canaliza fondos para difundir medidas y programas de ahorro de energía eléctrica.

Pero las actividades de estos organismos se han visto afectados por diversos factores, como es que muchos de los adelantos logrados en

países desarrollados no son directamente aplicables a nuestra situación, por las características de la estructura industrial nacional, por lo que se requiere una adaptación tecnológica previa importante y muy elaborada. Además los precios y las tarifas no han alcanzado niveles tan elevados para interesar a los directivos de las empresas.

La aplicación de medidas se ha hecho de manera aleatoria e indiscriminada por personas generalmente no ligadas directamente con este ámbito, lo cual ha traído malos resultados y escasa continuidad en los esfuerzos. Con frecuencia la ejecución de estos programas carecen de datos suficientes para la realización de los balances de energía, ni tampoco cuentan con personal capacitado. Un punto muy importante es que no existe una correcta cultura energética a nivel nacional.

1.2.1. ORGANISMOS DE APOYO AL AHORRO ENERGÉTICO EN MÉXICO

Con la publicación del Programa Nacional de Modernización Energética, en donde se establecen las prioridades nacionales en materia de energía y se orientan las acciones hacia el ahorro y uso racional de la energía, se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) en septiembre de 1989, para promover y apoyar los programas gubernamentales para facilitar, estimular y regular el ahorro de energía a escala nacional¹⁶. Por otra parte, la Comisión Federal de Electricidad integra en enero de 1990 el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico¹⁷ (PAESE) como una manifestación acorde con el interés por impulsar este tipo de acciones en forma vigorosa.

Se establece, además, el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) con la participación del sector privado, representado por las empresas ligadas a la producción y consumo de electricidad, y del sector público, representado por la Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro (LyFC) y el Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana (SUTERM), cuyo objetivo es apoyar con recursos económicos la realización de proyectos de interés social y proyectos piloto o demostrativos, para inducir la participación de la sociedad civil en los programas de uso eficiente de la energía¹⁸.

¹⁶ COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA. <http://www.conae.gob.mx/>

¹⁷ Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico. León Tolstoi 22 4° piso. Col. Anzures. México D. F.

¹⁸ FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. <http://www.fide.gob.mx/>

Paralelamente, en el aspecto normativo, se crea en la Ley de Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos, bajo la presidencia de la CONAE y la Secretaría de Energía.

Por su parte, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) como integrante del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) ha participado en los programas para el ahorro y uso eficiente de la energía, creando la Unidad de Uso de Energía dentro de la División de Sistemas Eléctricos¹⁹.

Existen también otros organismos que regulan y dan apoyo al sector energético del país, para poder obtener su óptimo funcionamiento, entre ellos están los siguientes:

- Secretaría de Energía (SE)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)
- Comisión Reguladora de Energía (CRE)
- Diversas Universidades e Institutos en todo el país.

1.2.2. PROGRAMAS OFICIALES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

El Gobierno Federal ha apoyado acciones en favor de los subsectores petrolero y eléctrico, así como de la producción y el consumo de energía.

Destacan los programas de ahorro y uso eficiente de energía, que se realizan con la participación de los sectores privado y público, y de manera coordinada con la CONAE; y a través del PAESE y el FIDE, se elaboran y promueven estudios de investigación y proyectos sobre ahorro de energía, estructuras de costos, precios y tarifas.

Como resultado de la gestión directa del PAESE y FIDE, se alcanzaron ahorros de energía de 1,460 GWH, con una reducción en la demanda de 1.3% respecto a la obtenida en 1994²⁰. Desarrollándose el proyecto llumex con el propósito es sustituir 1.8 millones de lámparas

¹⁹ COVARRUBIAS, ROGELIO Y GARCÍA, FRANCISCO. *Actividades de investigación en el uso de la energía eléctrica*. Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas. Noviembre - Diciembre 1998.

²⁰ Ahorro y Uso Eficiente de Energía. Primer Informe de Gobierno 1995. Apartado Energía. Ahorro y Uso Eficiente de Energía.

incandescentes por fluorescentes compactas en las ciudades de Guadalajara y Monterrey. Además, continuando el programa para la sustitución de motores eléctricos convencionales por motores de alta eficiencia.

La CONAE ha impulsado proyectos demostrativos, con los que se busca optimizar los procesos de combustión, y la realización de diagnósticos energéticos en inmuebles y alumbrado público.

Ha establecido también indicadores microeconómicos por sector y subsector en la industria, el transporte, los servicios, el comercial y el residencial, para la elaboración de un sistema de indicadores de intensidad energética, que permitan evaluar los consumos, tendencias e impactos de programas de ahorro de energía.

1.2.3. NORMATIVIDAD

A la fecha se han publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) un total de 18 Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM), de las cuales catorce están relacionadas con el consumo de energía eléctrica y cuatro con la energía térmica.

La CONAE apoya el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energéticas que son las siguientes:

Normas de eficiencia energética relacionadas con el consumo de energía eléctrica en las edificaciones de tipo residencial:

NOM-073-SCFI-1994. Eficiencia energética de acondicionadores de aire tipo cuarto²¹.

Tiene como objetivo establecer los niveles mínimos de la relación de eficiencia energética que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo cuarto comercializados en el mercado nacional, además del método de prueba que debe usarse para verificar dicho cumplimiento y definir los requisitos que debe incluir la etiqueta de información al usuario.

Aplica a los acondicionadores de aire tipo cuarto con condensador enfriado por aire comercializados en la República Mexicana con capacidades hasta 10,548 W (3 toneladas de refrigeración).

²¹ Publicada el jueves 8 de septiembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

Con una producción de 195,078 equipos al año, el consumo de energía eléctrica se redujo 20%, lo que representa un ahorro de 558 GWH y se evita la emisión al medio ambiente de 348,522 ton CO₂ y 109,87 ton de CO.

NOM-011-ENER-1996. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central Límites - métodos de prueba y etiquetado²².

El objetivo es establecer los límites mínimos de eficiencia energética estacional que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo central; especifica además el método de prueba que debe usarse para verificar dicho cumplimiento y definir los requisitos que se deben incluir en la etiqueta de información al público.

Se aplica a los acondicionadores de aire tipo central, nuevos, tipo paquete o tipo dividido, operados con energía eléctrica, en capacidades de enfriamiento de 10,540 W hasta 17,580 W que funcionan por compresión mecánica e incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor y un serpentín condensador enfriado por aire o por agua, comercializados en la República Mexicana.

Con una producción de 4,000 equipos, el consumo de energía se reduce en 3%, lo que representa un 18.5 GWH y se evita emitir al medio ambiente 11,555 ton CO₂ y 3,6 ton CO.

NOM-017-ENER-1997. Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas²³.

Esta Norma Oficial Mexicana fija los límites mínimos de eficacia de las lámparas fluorescentes compactas con potencias hasta 28 w y de los balastos con que operan estas lámparas.

Esta norma aplica a lámparas fluorescentes compactas de cátodo caliente encendido por precalentamiento, con interruptor automático integrado (arrancador) y con sistema modular, así como a los balastos electromagnéticos para estas lámparas, que son comercializados en la República Mexicana, en tensiones de 120, 127, y 220 v de corriente alterna y frecuencia de 60 hz. Esta norma no se aplica a lámparas de

colores, especiales de radiación ultravioleta, con encendido electrónico o que no cuentan con interruptor automático integrado.

Con una producción de 300,000 lámparas al año, el consumo de energía eléctrica se reduce en un 60 %, lo que representa obtener un ahorro de 4,5 GWH y se evita emitir al medio ambiente 2,810 ton de CO₂ y 1 ton de CO.

NOM-018-ENER-1997. Aislantes térmicos para edificaciones²⁴.

Esta Norma Oficial Mexicana tiene por objeto establecer las características y métodos de prueba que deben cumplir los materiales, productos, componentes y elementos termoaislantes, de fabricación nacional o de importación con propiedades de aislante térmico para techos, plafones y muros de las edificaciones. Se excluyen los aislantes térmicos para cimentaciones.

Del primer año de aplicación se estima un ahorro de energía de 58 GWH, lo que representa un 20% tomando como base las estimaciones de construcciones nuevas en las zonas cálidas del país, así se evita emitir al medio ambiente 36,226 ton de CO₂ y 11.4 ton de CO.

Norma de eficiencia energética relacionada con el consumo de *energía térmica*.

NOM-003-ENER-1995. Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial²⁵.

El objetivo de esta norma es establecer los niveles mínimos de eficiencia térmica que deben cumplir los calentadores de agua para uso doméstico y comercial que se encuentren en el mercado nacional y especificar el método de prueba que debe aplicarse para verificar dicho cumplimiento.

El ahorro con la aplicación de la Norma es del 7% para una producción anual de 997,846 unidades, lo que representa un ahorro en kg de gas licuado de petróleo (gas L.P.) de 48.44 millones y se evita la emisión al ambiente de 142,893 ton de CO₂ y 19.2 ton de CO.

²² Publicada el viernes 8 de agosto de 1997 en el Diario Oficial de la Federación.

²³ Publicada el lunes 22 de junio de 1998 en el Diario Oficial de la Federación.

²⁴ Publicada el viernes 24 de octubre de 1997 en el Diario Oficial de la Federación.

²⁵ Publicada el martes 7 de noviembre de 1995 en el Diario Oficial de la Federación.

Únicamente con la promulgación de estas cinco normas, se evita la emisión anual al ambiente de **542,006 ton de CO₂** y **145 ton de CO**²⁶.

Existen otras normas que se encuentran en proceso de aprobación, y una de ellas es la **NOM-020-ENER. Eficiencia energética en edificaciones para uso habitacional**, que es un complemento para la Norma de Eficiencia Energética **NOM-008-ENER** de edificios no residenciales; pretende regular el diseño térmico y construcción de la envolvente de edificaciones del tipo residencial hasta 3 niveles.

Si bien, con la aplicación de esta norma se pudieran resolver problemas de consumo excesivo de energía además de lograr un confort interior, todavía se encuentra en proceso de aceptación por influir en diversos sectores de la economía. Además de estas normas, existen otras relacionadas con las edificaciones no residenciales como: la **NOM-007-ENER-1995. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales**; o la **NOM-008-ENER. Eficiencia energética en edificaciones. Norma para la envolvente de edificios no residenciales**.

La CONAE ha considerado como una actividad prioritaria el apoyo para el desarrollo de laboratorios de prueba y el establecimiento de unidades de verificación. Este desarrollo se constituye actualmente como la única forma de propiciar la aplicación efectiva de las NOM, así como la definición del mercado de la certificación de los productos y sistemas sujetos a las NOM, debido a que los organismos o laboratorios que quieren certificar productos desconocen este mercado.

Ahora bien, después de conocer la importancia y las características de la energía eléctrica, debemos buscar opciones que permitan optimizar los recursos con que se cuenta, y una manera de hacerlo, es por medio del acondicionamiento natural de las edificaciones, por lo que a continuación se presentan sus características principales.

1.3. ACONDICIONAMIENTO NATURAL

Desde el inicio de la humanidad, el hombre ha buscado protegerse de los factores climáticos. Ante variaciones extremas tiene la posibilidad de reaccionar para adaptarse de diferentes modos, modificando su vivienda, su ropa, variando su actividad, lo que le permite ajustarse térmicamente al lugar para mantener la salud física del cuerpo.

²⁶ Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. 1999.

Crear condiciones físicas y psíquicas óptimas para el desarrollo de las actividades del hombre, es una de las finalidades de la arquitectura y, conociendo cómo se desarrolla cada elemento arquitectónico de acuerdo a las características exteriores, se puede llegar a la mejor elección de diseño para obtener condiciones interiores muy próximas a las óptimas. Es por ello, que la variabilidad del clima y su acción simultánea sobre la arquitectura requieren de un profundo estudio. La finalidad del acondicionamiento natural es la limitación del acondicionamiento artificial en tiempo y consumo de energía. Definiéndose, entonces, al acondicionamiento natural como el estudio de las modificaciones que los elementos de la arquitectura y del urbanismo tienen sobre las condiciones exteriores²⁷.

Los efectos del medio ambiente influyen directamente en la salud del hombre. Ya que, tanto la fuerza física del hombre como su actividad mental, se desarrollan mejor si las condiciones climáticas del entorno oscilan dentro de una gama determinada de confort, pero si se encuentra fuera de ésta, la eficiencia decrece y las tensiones y la posibilidad de contraer enfermedades aumentan. El medio ambiente está formado por numerosos elementos relacionados, entre ellos están la luz, el sonido, el clima, entre otros, todos ellos influyen directamente en el cuerpo, siguiendo un proceso para lograr un equilibrio biológico, produciendo diversas reacciones físicas y psicológicas.

Considerando que la vivienda es el principal instrumento que permite satisfacer las exigencias de confort adecuadas para aproximarse a las condiciones de habitabilidad, debe tomar o rechazar los elementos medioambientales según influyan óptima o negativamente en el confort del usuario. Estos elementos son principalmente la temperatura del aire, la radiación solar, el movimiento del aire, y la humedad. Es necesario mencionar que el cuerpo intercambia calor con su entorno a través de cuatro procesos, los cuales son: la radiación, la conducción, la convección, y la evaporación. Conociendo lo anterior se debe diseñar un entorno que no produzca tensiones negativas sobre el mecanismo de compensación del cuerpo²⁸.

Entre todas las condiciones exteriores que tienen influencia sobre un determinado lugar, las que se deben establecer por su importancia son: las condiciones biotérmicas, esto es, la acción simultánea de

²⁷ PUPPO, ERNESTO. *Acondicionamiento Natural y Arquitectura: Ecología en Arquitectura*. 2ª ed. Barcelona, Marcombo, 1979.

²⁸ OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998.

temperatura humedad y movimiento del aire. Estas condiciones climáticas son la primera orientación de un esquema que indique en qué medida se alejan de los promedios óptimos y de los límites del bienestar térmico. El concepto de bienestar térmico varía en relación a los datos climáticos, a las costumbres y a la adaptación del organismo²⁹.

Existen otros factores internos que también influyen sobre la biotemperatura y que se agregan a la acción de los agentes exteriores. Estos factores son los mismos usuarios (en sus niveles de actividad), los aparatos eléctricos y los sistemas de iluminación.

También es importante considerar otros puntos como:

- el retraso de transmisión térmica del exterior al interior, a lo que se llama inercia térmica;
- el poder de retención de transmisión térmica los diferentes materiales en relación a otros factores de acondicionamiento, como el lumínico, el acústico, y el visual;
- la temperatura que se requiere en relación a las actividades que se realizan dentro de la edificación; y
- la posibilidad y necesidad de incrementar el acondicionamiento natural con el acondicionamiento artificial.

1.3.1. MEDIOS PARA LOGRAR EL ACONDICIONAMIENTO NATURAL

Los medios de acondicionamiento natural permiten una modificación en la entrada y salida del calor, además del aprovechamiento de las corrientes de aire. Estos medios de acondicionamiento natural se identifican siempre con elementos de la misma construcción.

Se pueden utilizar para enfriar o calentar el ambiente interior de la edificación, y estas formas de enfriamiento o calentamiento, pueden ser directas o indirectas.

Funcionan con la energía de su entorno inmediato, con un principio de captación, almacenamiento y distribución natural, sin la aportación de soluciones mecánicas.

²⁹ PUPPO, ERNESTO. *Acondicionamiento Natural y Arquitectura: Ecología en Arquitectura*. 2ª ed. Barcelona, Marcombo, 1979.

Por lo que se debe analizar cada elemento constructivo de la edificación, verificando: la forma de captación, almacenamiento y transportación de energía, así como la inercia térmica, la capacidad reflectiva, la emisión y la transformación de ésta. En estos sistemas, se evita que el sol caliente directamente el interior, buscando que la estructura del edificio almacene o disipe el calor permitiendo su distribución o evacuación.

Una de las ventajas de la utilización de estos sistemas, es el empleo eficiente de la energía, y por consiguiente el ahorro económico generado.

1.3.2. HERRAMIENTAS PARA EL ESTUDIO DEL ACONDICIONAMIENTO NATURAL

Existen diversos métodos de estudio que sirven de apoyo para sugerir los óptimos medios de acondicionamiento natural. Dos de los más importantes son la Gráfica Bioclimática de Olgyay y el Método del Diagrama Psicrométrico de Givoni.

En la *Gráfica Bioclimática de Olgyay*³⁰ los efectos o elementos climáticos pueden agruparse y expresarse en una gráfica única. Muestra la zona de confort en el centro, y los elementos climáticos de alrededor están representados por curvas, las cuales indican las medidas correctivas necesarias para recuperar la sensación de confort en un punto dentro del límite indicado por éstas. Establece la relación de los ambientes exteriores con los requerimientos de bienestar, en los que se determinan las correcciones necesarias para lograr un ambiente interior adecuado.

Otra forma de establecer una zona de bienestar referida a los valores de temperatura y humedad del aire es por medio del *Método del Diagrama Psicrométrico* diseñado por Givoni³¹, el cual se traza sobre un *diagrama psicrométrico*. En este diagrama, los límites se determinan con la temperatura medida con termómetro de bulbo seco y la tensión de vapor del agua, medida en milímetros de mercurio. Propone sobre el

³⁰ La descripción del empleo de esta gráfica se encuentra en la *II. Interpretación Bioclimática* de la publicación de OLGAY, VICTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gilli, 1998.

³¹ La descripción del empleo de este método se encuentra en la *Part I. Building Climatology* de la publicación de GIVONI, BARUSH. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1981

diagrama psicrométrico una serie de precauciones y estrategias que deberán considerarse si las condiciones del clima exterior lo establecen. Estas recomendaciones permiten modificar el clima interior de la edificación.

1.3.3. INVESTIGACIONES Y PUBLICACIONES

Diversos autores han hecho investigaciones sobre el acondicionamiento natural y la arquitectura, como es el caso de los hermanos Olgyay quienes, por los años cincuenta, se atrevieron a plantear una arquitectura distinta a la convencional en sucesivos artículos y libros. Desde entonces se han convertido en los autores de referencia para todos los que se introdujeron al tema, que en diversas etapas se denominó como *arquitectura solar*, *arquitectura pasiva* y *arquitectura bioclimática*³².

Estos autores hablan de la "*interpretación bioclimática de la arquitectura*" (*bioclimatic approach*), definiendo los efectos del clima sobre el hombre. Dos de las principales publicaciones en donde se encuentran sus investigaciones son las siguientes:

- ☑ **OLGYAY, ALADAR.** *Solar Control Shading Devices*. Princeton, Princeton University, 1957.
- ☑ **OLGYAY, VÍCTOR.** *Design with Climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton, New Jersey, Princeton University, 1963.

Otro de los autores es Barush Givoni quien en sus publicaciones hace referencia al diseño urbano y a las edificaciones considerando las características del clima. Dos de sus publicaciones son:

- ☑ **GIVONI, BARUSH.** *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1981.
- ☑ **GIVONI, BARUSH.** *Man, climate and architecture*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1976.

Ernesto Puppo analiza y describe los medios naturales de control ambiental en un estudio completo con una evaluación práctica de las características del medio ambiente aplicadas las características de las edificaciones. Entre sus publicaciones más importantes se encuentran:

- ☑ **PUPPO, ERNESTO.** *Acondicionamiento Natural y Arquitectura: Ecología en Arquitectura*. 2ª ed. Barcelona, Marcombo, 1979.
- ☑ **PUPPO, ERNESTO.** *Diseño y Condiciones Ambientales: Manual de consultas rápidas para la Península Ibérica*. Barcelona, México, Marcombo, Boixareu, 1982.

Otro de los autores es Steven Vajk Szocolay, quien en su investigación ofrece información a quienes consideran la posibilidad de instalar acumuladores de energía solar, dando soluciones en el desarrollo de estos sistemas.

Fernando Tudela en su trabajo hace un acervo básico de conocimientos elementales del bioclima y el diseño, por medio de la difusión de principios científicos relativos al bioclima, al confort y al comportamiento térmico de las edificaciones.

En la Universidad Nacional Autónoma de México se realizan diversas investigaciones sobre estos temas apoyados por especialistas como el Dr. José Diego Morales Ramírez, colaborador del Posgrado de Arquitectura, y el Dr. David Morillón Gálvez, colaborador del Instituto de Ingeniería. Dichas investigaciones son la base de proyectos que incluyen la problemática que se desarrolla en México sobre el confort interior en las edificaciones, teniendo como propuesta de solución el apoyo de la Arquitectura bioclimática.

Se han hecho múltiples publicaciones con diferentes temas como arquitectura bioclimática, diseño bioclimático, hábitat bioclimático, pasivos de climatización, energía solar pasiva, energía natural, energía solar y arquitectura, ahorro de energía, sol y arquitectura, arquitectura solar, clima y arquitectura, medio ambiente y edificación, entre otros, lo que permite tener una base para continuar con investigaciones que den solución a los problemas que sobre este tema se generen en el futuro.

Son pocas las universidades en México que hacen investigaciones sobre este motivo, las que lo llevan a cabo lo hacen desde el punto de vista del bioclimatismo y del heliodiseño, resultando de ello diversas aportaciones a necesidades actuales del país. Éstas son: la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma de Baja California, la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad Autónoma de Colima, entre otras.

³² **OLGYAY, VÍCTOR.** *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998.

1.4. REFLEXIONES

La electricidad ha llegado a ser imprescindible, debido a la importancia que ha tenido en el desarrollo tecnológico y cultural en el mundo, y considerando el alto costo que resulta de producirla, se debe hacer un uso más racional de ésta. En nuestro país el crecimiento acelerado de la población ha influido en gran medida en la producción, el alto consumo y la falta de abastecimiento de la electricidad, y si este consumo sigue incrementándose, no habrá suficiente para satisfacer la demanda.

La normatividad que se establece en este sentido requiere enfocarse profundamente a todos los sectores de la población; además no sólo es suficiente que se publique en el Diario Oficial de la Federación, también se deben hacer programas de difusión y vigilar que se llegue a su cumplimiento de manera óptima.

Si bien es cierto que se han desarrollado diversas actividades y programas para el uso eficiente de la energía, faltan muchas acciones que optimicen al máximo las formas de consumo. Dentro del sector residencial las actividades que se han llevado a cabo no han sido suficientes, de hecho los principales sectores en que se enfocan los programas más importantes son el sector industrial y el de servicios públicos, esto por obvias razones de consumo. Pero considerando que el consumo de energía en el sector residencial es creciente, se deben tomar medidas para el uso eficiente de la energía ya que la población continúa aumentando y demanda más servicios. Aunado a ello, está el costo de la generación de energía eléctrica que ha ido incrementándose y en el futuro llegará a alcanzar su valor real de producción.

Se han realizado muchas investigaciones y sin embargo la mayoría de las edificaciones, del sector residencial, siguen respondiendo únicamente a la función de resguardo dejando atrás el confort ambiental interior, y una alternativa para lograrlo es el acondicionamiento natural.

En México se pueden enlistar diversas localidades que pudieran lograr este confort interior en sus edificaciones sin hacer uso excesivo de la energía. Una de estas localidades es la ciudad de Monterrey en el Estado de Nuevo León, ubicada en la Región Noreste³³, cuyas características específicas y su problemática energética se estudian en el siguiente capítulo.

³³ De acuerdo a la Sectorización del SEN.

Capítulo II

Características de la Ciudad de Monterrey

En México hay una diversidad muy basta de climas, y por ello las características ambientales varían de una zona a otra, siendo las regiones situadas al norte del Trópico de Cáncer las más áridas. En estas regiones la labor fundamental es encontrar óptimas condiciones de confort, especialmente en las edificaciones.

Una de las localidades que se encuentra en estas regiones es la Ciudad de Monterrey, la cual presenta una problemática energética particular, que se caracteriza por tener uno de los más altos consumos de energía. En este capítulo se hace una descripción de la ciudad, arquitectura, población, economía y características energéticas, con el fin de tener una visión general sobre el área de estudio.

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD

Capital del Estado de Nuevo León, la Ciudad de Monterrey se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

Latitud Norte	25°40'
Longitud Oeste	100°18'
Altitud	538 msnm

Esta ciudad, llamada la Ciudad Metropolitana de Nuestra Señora de Monterrey, fue fundada el 20 de septiembre de 1596. Desde entonces, la ciudad sufrió un letargo muy prolongado, que se rompió con la invasión norteamericana de 1846, y liberada en 1848 con el Tratado de Guadalupe. Más tarde, durante la Intervención Francesa, la ciudad es nuevamente acosada y, al frente de las tropas mexicanas, Mariano Escobedo expulsa definitivamente a los invasores, apoyando de esta manera al gobierno del Presidente Benito Juárez³⁴. A fines del siglo pasado, Monterrey con la fundación de la Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey se coloca como la primera y la única ciudad siderúrgica del país. Esta industria dio un gran auge a la ciudad que se vio favorecida por la cercanía con los Estados Unidos. El crecimiento constante después de 1921, dio como resultado una gran prosperidad que a la fecha alcanza diez mil empresas registradas.

El carácter de los pobladores de esta región ha sido formado por todo un conjunto de valores diversos como las situaciones climáticas, sociales y económicas.

Se puede identificar su arquitectura por las diferentes oleadas migratorias con distintos afanes y propósitos: conquistar, esclavizar, evangelizar, colonizar, entre otros. Este vínculo que relaciona los factores externos con su gente, dio lugar a su propia identidad arquitectónica.

2.1.1. ARQUITECTURA VERNÁCULA

Su arquitectura vernácula se caracteriza por ser austera, sin pretensiones estilísticas y claramente avenida a las circunstancias y los recursos materiales de un medio físico extremoso. Evidencia su conexión con la casa popular española y con la arquitectura colonial mexicana dentro de un marco de evolución regresiva obligada por la situación de su propio contexto. Los primeros artesanos constructores tuvieron la referencia que el plateresco y el barroco mexicano representaron como antecedente de su estilo.

La expresión de las estructuras vernáculas se caracterizan por su sobriedad y sencillez de líneas. Es una arquitectura volumétrica que juega con los efectos de luz y sombra entre su geometría. Cuenta con estructuras de adobe o sillar o de laja, que destaca la relación con el paisaje. Su naturaleza espontánea produce una forma arquitectónica llana, con el solo fin de proporcionar abrigo, identidad y armonía.

Esta arquitectura se adapta a circunstancias y medios que permiten solucionar requerimientos específicos modelando su imagen y forma, en donde el clima representa un condicionante de primer orden.

Los materiales aplicables que se incorporan al proceso constructivo³⁵ se dividen en tres grupos:

- Los que se encuentran en su estado natural (el canto rodado, el carrizo, la piedra laja y la palma criolla),
- Los que implican un cierto proceso de extracción (Piedra del rostro, horcones y morillos sin pulir, el sillar blanco, latas y varejones)³⁶, y
- Los que involucran un proceso de transformación (el ladrillo cocido, vigas, tablonés de madera, el adobe y toda la gama de morteros cementados con cal y arena).

³⁵ TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

³⁶ Nombre común regional de diferentes materiales pétreos de la zona.

³⁴ COLEGIO DE MÉXICO. *Historia mínima de México*. México, Colegio de México, 1974.

Para la construcción de muros se utiliza tanto el sillar como el adobe y en menor cantidad la piedra, condicionada a su disponibilidad. El sillar es el material a seleccionar en términos de nobleza y linaje y su utilización implicará previamente la detección del banco adecuado.

El desplante del sillar implica una cimentación de profundidad variable según las características del terreno que garanticen la seguridad de la estructura; tal cimentación continuará por sobre del nivel del terreno en la forma de un rodapié hasta una altura variable entre los 60 y 80 cm para sobre de él desplantar el sillar, de lo contrario se verá afectado en su integridad por la humedad superficial y de su propia higroscopicidad; el acabado por lo general es a base de morteros de arena fina de río cementada con cal que se extiende sobre la superficie del muro, terminándose con pintura de cal, coloreada con diferentes pigmentos a base de tierras, óxidos o sulfatos, de ahí que la gama cromática se ubique en blancos, ocre, rojo óxido, verdes y celestes³⁷.

Las propiedades y procedimientos de extracción del sillar, así como el peso y dimensiones, fijaban las características de los muros en cuanto al ancho o sección de los mismos, para que fueran establemente seguros, produciendo adicionalmente propiedades térmicas aislantes.

La manera, disposición y dimensionamiento de todo tipo de vanos destinados al movimiento de cosas o personas, así como al soleamiento y ventilación natural (imagen 2.1.), que se inducían para un mayor confort y salud de los habitantes, son otras características.

Las casas se construían en grandes espacios, las techumbres se colocaban a más de los 3 m sobre el

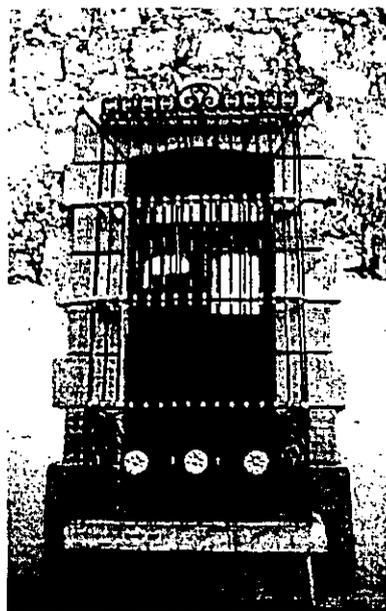


Imagen 2.1. Ventana de vivienda en el Barrio Antiguo.

nivel de piso terminado³⁸, por lo que se disponía de considerables volúmenes de aire, logrando así cierto confort interior.

Para lograr el aislamiento en las construcciones de las condiciones climáticas y evitar la excesiva penetración de radiación solar y polvo de esta zona semidesértica, se desarrollaron en algunos sitios, muros de piedra con pocas y pequeñas aberturas para lograr una envolvente hermética que sirviera de protección de la agresión del medio.

Para adecuar las edificaciones al clima, en la zona de Monterrey, se hizo uso de amplios muros travertino, conocidos como sillar, protegidos por enjarres por dentro y por fuera. Estos muros se asentaban sobre altos rodapiés de piedra laja para protegerlos de la humedad. Con un acabado final de encalado, tanto en el interior como en el exterior.

En lo que se refiere a las techumbres, en este tipo de arquitectura fueron horizontales, con un sistema a base de vigas, tabletas y terrado. Lo plano del techo obedeció, seguramente, a la poca precipitación pluvial que se registra en la región, con la cubierta de tabletas y terrado para la protección eficaz contra la radiación solar de los meses de calor, así como, la conservación de una adecuada temperatura en los meses de frío. Los pretilos de las edificaciones eran de altura considerable, ya que producían sombra sobre la cubierta disminuyendo la temperatura interior³⁹.

Desde hace muchos años, antes de la explotación de los yacimientos de piedra, las construcciones eran hechas de adobe o de sillar, como lo que se puede encontrar en el llamado Barrio Antiguo de la Ciudad de Monterrey, cuyos muros tienen más de 20 cm de espesor elaborados con materiales con alta masa térmica.

El Barrio Antiguo data de 1612 (imagen 2.2.); las sencillas casas habitación y la Capilla de los Dulces Nombres, son los vestigios más antiguos que ahora se conservan⁴⁰. El siglo XVII se consideró como la gestación de la arquitectura "norteña". Lo más importante ocurrido en este siglo fue el cambio radical en las construcciones, cuando se abandonó el uso del bajareque y de los techos de varejones y zacate,

³⁸ LÓPEZ MORALES, FRANCISCO JAVIER. *Arquitectura vernácula en México*. 3ª ed. México, Trillas, 1993.

³⁹ TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

⁴⁰ DELGADO, LILIANA. *México - Arquitectura por Estados*. Nuevo León. <http://mexico-travel.com>

³⁷ TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

para en vez de ellos, emplear el adobe y las techumbres de vigas, tabletas y terrado.

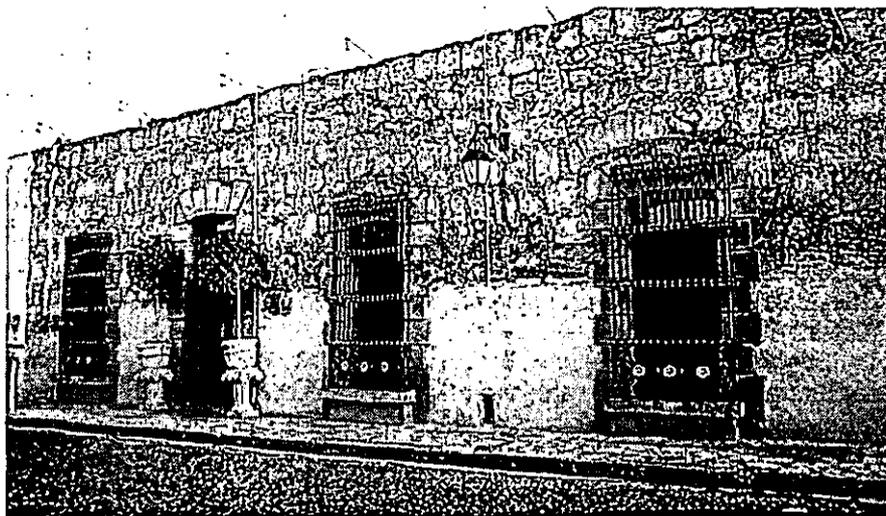


Imagen 2.2. Fachada de una casa en el Barrio Antiguo.

A través de la historia, la arquitectura de esta región ha evolucionado de manera considerable, un ejemplo de ello es la **Casa de la Cultura**, que se encuentra ubicada en la calle Colón Oriente 400, en la zona centro de Monterrey, Nuevo León (imagen 2.3.).

Fue proyectada en 1891, concebida originalmente como la Estación de Ferrocarril de Monterrey al Golfo Mexicano. Posteriormente fue conocida como la Estación del Golfo⁴¹. Operó como tal hasta 1930 y posteriormente fue clausurada en 1934 y abandonada. Entonces se iniciaron procesos de restauración con el apoyo de la presidencia para alojar la Casa de la Cultura de Nuevo León.

Como características generales del edificio, se pueden citar primeramente los materiales: ladrillo y piedra para la fachada principal, ladrillo de arcilla para los muros, vigas de madera para entrepisos y teja de cerámica para la cubierta. Se hace presente el uso de cubiertas de cuatro aguas y muros gruesos en toda la construcción. Las alturas de los interiores son dobles, y el edificio consta de cinco niveles. El material

predominante en el interior es la madera, la cual se utiliza en pisos, ventanas, barandales, muros y mobiliario⁴². Emplea ventanas pequeñas que tienden a ser verticales, dispuestas en el edificio sin generar un ritmo regular. Gracias a la cantidad de ventanas, los interiores gozan de una buena iluminación en los salones que lo requieren.



Imagen 2.3. Fachada Principal de la Casa de la Cultura.

Hacia 1925, aparece la arquitectura que se le denominó "Colonial Californiana", con diversos elementos de composición, como neoclásicos, mudéjares, neogóticos, renacentistas, egipcios, orientales, platerescos, que acabaron de un solo tajo con la sobriedad formal de esta arquitectura nortea⁴³. Además de ello, colaboraron también las primeras manifestaciones de la arquitectura moderna que, en la mayoría de los casos, no refleja el espíritu esencial de la comunidad.

Los procedimientos constructivos tradicionales fueron evolucionando conforme al desarrollo tecnológico. Un ejemplo de ello fue la explotación de los yacimientos de roca, que dio como respuesta la aparición de block de agregado y el cemento, que resultaron ser ideales para levantar muros de mampostería, siendo un nuevo sistema fácil de

⁴² TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

⁴³ LÓPEZ MORALES, FRANCISCO JAVIER. *Arquitectura vernácula en México*. 3ª ed. México, Trillas, 1993.

⁴¹ DELGADO, LILIANA. *México – Arquitectura por Estados*. Nuevo León. <http://mexico-travel.com>

fabricar y más económico. Desaparecieron entonces, los techos de madera y se empleó concreto como elemento estructural, con la gran facilidad para su diseño y construcción.

No obstante, la evolución y transculturización se reflejan en la modificación de las estructuras arquitectónicas recíprocamente al desarrollo del progreso. Aquí, la formulación arquitectónica es lo que se ha modificado con las técnicas constructivas derivadas de materiales y procesos industrializados que desplazan a la tecnología autóctona de la construcción. En el caso del sillar y la laja y en menor grado el adobe, se ven progresivamente sustituidos por el block de concreto para la construcción de todo género de muros y retenes, en tanto que el terrado ha sido relevado por la placa de concreto o por alguna solución más económica, como la lámina galvanizada.

2.1.2. ARQUITECTURA ACTUAL

La arquitectura vernácula subsistió en razón de su gente; sin embargo, el progreso, particularmente por conducto de la actualización de la gente joven, modificó los patrones, impactando consecuentemente a la arquitectura regional⁴⁴.

A través de los años la población de esta región se ha ido concentrando en las ciudades más importantes, como es el caso de la ciudad de Monterrey y su área metropolitana, donde, en los últimos años, el tamaño de los terrenos de las casas para los sectores económicos bajos de la población, se ha reducido de manera drástica, haciendo construcciones con escasas dimensiones y atendiendo principalmente a criterios económicos, dejando de lado los aspectos sociales y de confort.

Con el tiempo, la evolución tecnológica proveyó del equipo necesario para explotar los yacimientos de roca y como resultado apareció el block de agregado y el cemento, que resultaron ideales para levantar muros de mampostería y el nuevo sistema resultó más económico y fácil de fabricar. Desaparecieron los techos de madera y se empleó el concreto como elemento estructural.

En este contexto mucho ha influido la autoconstrucción, que por 1970 se contempló como la solución más factible al problema

habitacional en esta zona⁴⁵. La autoconstrucción se caracterizó por oscilar entre lo artesanal y la manufactura. A partir de los materiales de construcción, se distinguen tres tipos de vivienda⁴⁶, que son los siguientes:

- ☑ Viviendas construidas con materiales definitivos: block y tabique en los muros, concreto o barroblock en los techos, y mosaico o cemento en el piso.
- ☑ Viviendas con materiales semidurables y provisionales: láminas de zinc y de asbesto.
- ☑ Viviendas con materiales de desecho, poco común.

Esta autoconstrucción implica en ocasiones rehacer la vivienda, especialmente cuando se comienza con materiales provisionales que posteriormente deben acondicionarse o sustituirse. En la actualidad las casas han disminuido sus dimensiones por el alto costo de los materiales, asimismo, la altura de las losas ha descendido de 3 m a 2.40 m sobre el nivel de piso terminado.

Es necesario conocer las características de algunos modelos de vivienda que se desarrollan en la localidad. Estos modelos pueden ser los siguientes:

Modelo A, de una sola planta:

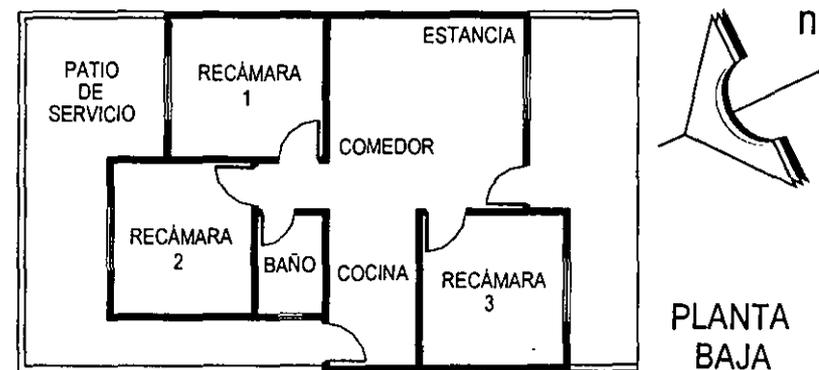


Figura 2.1. Modelo A.

⁴⁴ TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

⁴⁵ VILLAREAL, DIANA R. *Urbanización y autoconstrucción de vivienda en Monterrey*. México, Centro de Escodesarrollo, Claves Latinoamericanas, 1986.

⁴⁶ INEGI. *X Censo General de Población y Vivienda del Estado de Nuevo León*. INEGI.

Modelo B, de dos plantas:

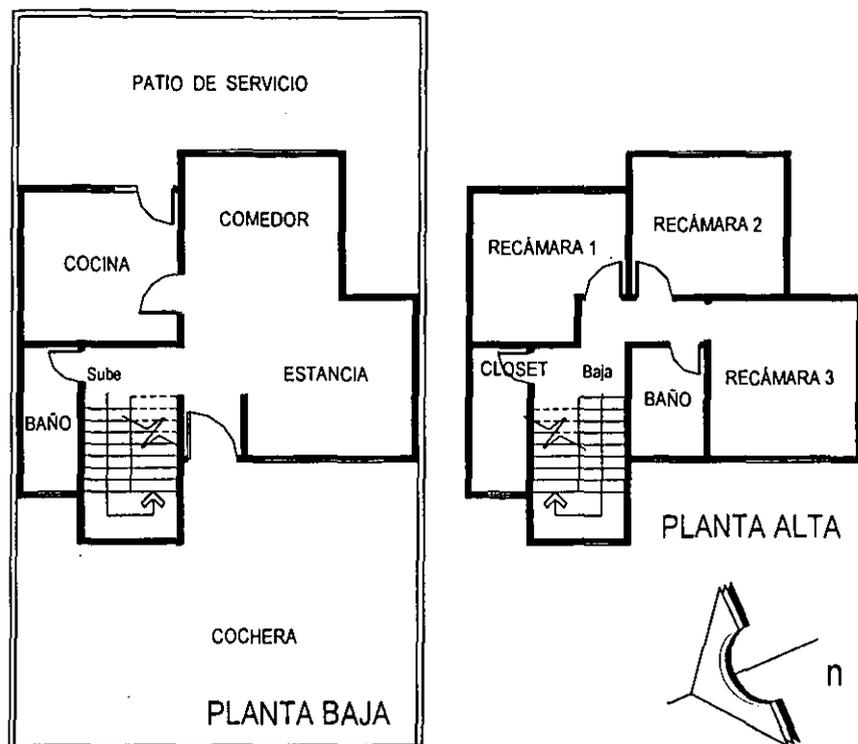


Figura 2.2. Modelo B.

Con estos croquis lo que se pretende mostrar es que no existe un patrón que distinga a estos modelos de otros encontrados en cualquier parte del país. Comúnmente se emplea el block de concreto, el tabique y el concreto sólido⁴⁷. La orientación y la forma de la edificación depende únicamente de la ubicación del predio en la manzana. El mismo diseño arquitectónico se encuentra orientado al norte, al sur, al este o al oeste, indistintamente.

Algunas viviendas presentan determinadas adecuaciones térmicas, pero la mayoría integra un sistema de acondicionamiento

ambiental, ya sea de aire lavado o de aire acondicionado, pero no en toda la vivienda, únicamente en algunas habitaciones.

2.1.2.1. Materiales del Lugar

En esta zona se emplean los materiales comunes para la construcción, como el tabique y el block, aunque en algunas localidades se ha casi detenido el uso del tabique rojo recocido (tradicional) como material base, por la calidad de éste.

El material que abarca la mayoría de las poblaciones de esta región, es el block de cemento, cuyos yacimientos tienen buen desarrollo, además que en esta ciudad existe una gran industria cementera, lo que lo ubica en el material base para la construcción de tipo habitacional. Además del block de cemento, el cemento en sí es uno de los materiales más usados y de mejor calidad en la zona.

Algunos parámetros de los materiales más empleados y hechos en la región, tanto los tradicionales como los de reciente desarrollo, son los siguientes: el tabique recocido, el block de concreto, el block de concreto celular y los paneles como el panel W.

El **tabique recocido de milpa** es una pieza prefabricada de material cerámico. Siendo uno de los principales materiales de la región, se utiliza para la formación de todo tipo de estructuras. Su materia prima es la arcilla. Tiene una resistencia mecánica de entre 100 y 300 kg/cm², y su resistencia térmica es de 0.0019 cal/cm²/min. Las dimensiones más comunes que se pueden encontrar en esta región son 24x10.5x5 y 29x14x5 cm.

El **block de concreto** generalmente se hace con un contenido de 150 a 200 kg de cemento por cada metro cúbico de arena; sus dimensiones son de 20 x 40 cm, con diversos espesores que pueden ser de 10, 15 y 20 cm, variando la forma y dimensión de los huecos dependiendo del fabricante. Su calidad está en función de la cantidad de cemento, la granulometría de los agregados, la cantidad de agua de la mezcla, el tiempo y la forma de curado. Su resistencia térmica es de 0.00208 cal/cm²/min, y su resistencia a la compresión de 85 kg/cm².

El **block de concreto celular** tiene una serie de huecos o células sin comunicación entre sí, lo que hace que sea muy ligero y con un alto poder aislante. Su resistencia mecánica varía de acuerdo a su densidad y

⁴⁷ PEDRAZA BARREDA, LUIS TORIBIO. *Confort en la vivienda*. Nuevo León, México, Universidad Mexicana del Noreste, Editorial Aprender a Ser, 1999.

la dosificación de sus componentes, y está entre 5 y 150 kg/cm². Tiene una resistencia térmica en promedio de 0.001 cal/cm²/min⁴⁸.

El Panel W es un material construido por dos mallas de acero electrosoldado, con una placa de poliestireno expandido entre ellas, que después de colocado recibe una capa de mortero en cada lado. La densidad del poliestireno varía de 10 a 30 kg/cm³, y la resistencia térmica del muro acabado es de 0.00065 cal/cm²/min⁴⁹.

2.2. POBLACIÓN Y VIVIENDA

El desarrollo económico a finales del siglo XIX fue acompañado de un rápido crecimiento de la población. Tal crecimiento había sido lento hasta 1880, pero a partir de ese momento y hasta 1895 alcanzó el 58%⁵⁰.

Durante la etapa revolucionaria disminuyó la actividad económica, sin embargo, el incremento de la población en la Zona Metropolitana de 1910 a 1921 fue de 13.9%, provocado esencialmente por la migración generada de los acontecimientos históricos.

Hacia 1970 ya se había conformado la Zona Metropolitana con seis municipios colindantes. En la actualidad esta zona la componen los siguientes municipios: Monterrey, Guadalupe, San Nicolás de los Garza, Apodaca, Santa Catarina, General Escobedo, San Pedro Garza García, Juárez y García.

Para 1995 el número de pobladores⁵¹ era de 1,088,143 únicamente en Monterrey, y en los municipios aledaños que forman la Zona Metropolitana llegan a ser 3,039,795 habitantes de un total de 3,550,114 en Nuevo León; esto es el 85% de la población se encuentra ubicada en esta zona, por lo que la mayoría de los servicios que el estado proporciona se concentran allí.

El total de viviendas habitadas en el municipio de Monterrey era de 242,652, de las cuales particulares eran 242,569, y colectivas 83; en

la Zona Metropolitana eran 672,179 viviendas, con un promedio de 4.5 ocupantes por cada una de éstas.

Las viviendas que disponen de energía eléctrica en Monterrey en 1999 son 241,600 y en la Zona Metropolitana son 665,312.

En la siguiente tabla se muestran los valores totales:

	Número de Habitantes	Viviendas Ocupadas	Viviendas con disposición de energía eléctrica
Monterrey	1, 088, 143	242, 652	241, 600
Zona Metropolitana	3, 039, 795	672, 179	665, 312
Estado	3, 550, 114	791, 905	773, 725

Tabla 2.1. Relación de habitantes, viviendas y servicios de electricidad.

No se puede considerar a Monterrey como un municipio individual, se debe tomar en cuenta el total de la Zona Metropolitana, puesto que en toda esta área se absorben casi el 90% de los servicios que proporciona el estado a sus habitantes, hasta 1999.

2.2.1. PERSPECTIVA DEL CRECIMIENTO DE POBLACIÓN

Las tendencias demográficas⁵² recientes prevén que en el Estado de Nuevo León la población aumentará de 3.6 millones en 1996 a 4.63 millones en el año 2010. Este crecimiento será mayor al nacional.

El crecimiento natural disminuirá paulatinamente, pero la ganancia neta por migración aumentará considerablemente. Se advierte una reducción del monto de menores de 6 años de edad; un aumento en edad escolar de 6 a 14, así como de 15 a 64, y la población senescente se incrementará más rápido que las anteriores. Estos datos permiten identificar las necesidades futuras de la población entre las que se encuentra el abastecimiento de energía eléctrica en distintos niveles de consumo.

De acuerdo a las tendencias demográficas de los municipios de Nuevo León, observadas durante la segunda mitad del siglo XX⁵³, los

⁴⁸ CONTEC Mexicana S. A. De C. V. para block CONTEC GP2/0.5 de 10 cm de espesor.

⁴⁹ Panel W PMO2"

⁵⁰ HOPGOOD, JAMES F. *Settlers of Bajavista: Social and Economic Adaptation in a Mexican Squatter Settlement*. Paper in International Studies, Latin American Series, No. 7, Ohio University, Center for International Studies, 1979.

⁵¹ INEGI. *Nuevo León, Resultados Definitivos. Tabulados Básicos. Censo de Población y Vivienda 1995*. México, INEGI, 1996.

⁵² INEGI. *Perspectiva Estadística para Monterrey, Nuevo León*. México, INEGI, 1997.

once municipios con mayor cantidad de habitantes en la actualidad se mantendrán como los más poblados a lo largo del horizonte de proyección⁵⁴.

Estos Municipios son Monterrey, Guadalupe, San Nicolás de los Garza, Apodaca, Santa Catarina, General Escobedo, San Pedro Garza García, Linares, Cadereyta Jiménez, Juárez y Montemorelos, imagen 2.4.

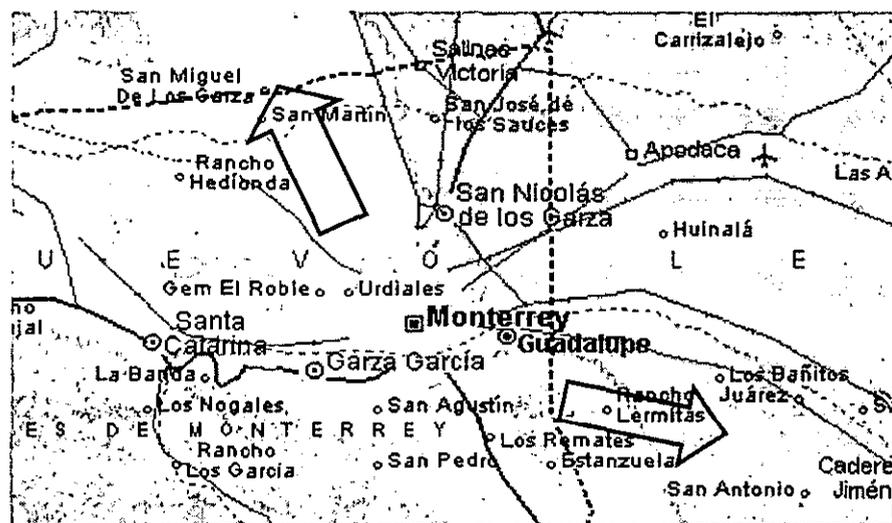
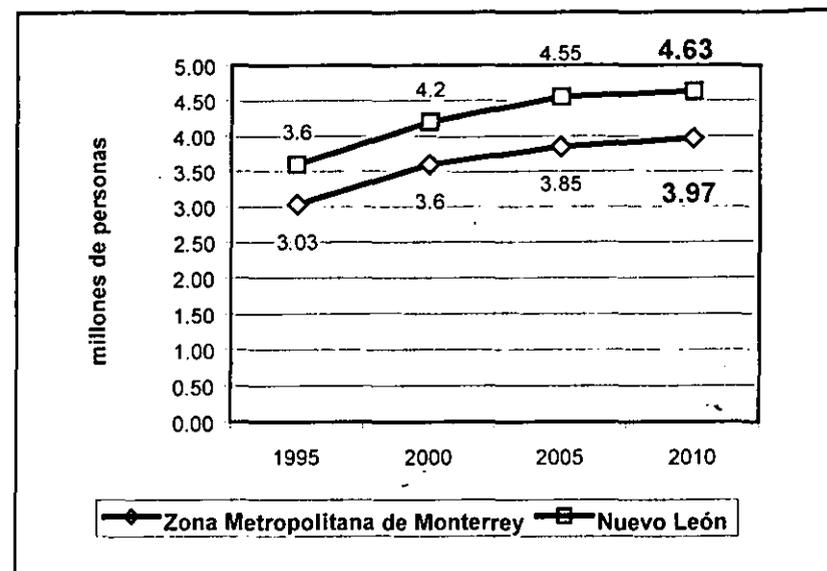


Imagen 2.4. Mapa de los municipios circundantes al de Monterrey.

En los primeros siete municipios mencionados junto con Juárez y García, que forman la Zona Metropolitana de Monterrey, su población aumentará de 3.03 millones de personas en 1996 a 3.97 millones en 2010, como se puede ver en la gráfica 2.1., y su participación en el total estatal subirá de 84.2% a 85.7%⁵⁵.

En conjunto su población aumentará de 3.19 millones de personas en 1996 a 4.14 millones en 2010 y su participación en el total estatal subirá de 88.6% a 89.5%. La tasa de crecimiento media anual de 1.86% para el conjunto de estos once municipios será algo superior a la estatal (1.79%).

La tasa de crecimiento media anual de 1.92% para la ZMM será significativamente superior a la estatal.



Gráfica 2.1. Perspectiva de Crecimiento Poblacional Media Anual.

Dentro de la ZMM destaca, por un lado, el elevado crecimiento previsto⁵⁶ para General Escobedo, Apodaca, Juárez y García de 7.76%, 7.46%, 6.61% y 4.96% medio anual, respectivamente, siendo junto con Abasolo (5.61%) los únicos municipios del estado que se espera crezcan en más de 4.0% anual durante los próximos catorce años; y por otro lado, el decrecimiento de los municipios de Monterrey de 0.73% y San Pedro Garza García de 0.35%.

La población de General Escobedo aumentará de 187,000 de personas en 1996 a 555,000 en 2010, la de Apodaca de 231,000 a 658,000, la de Juárez de 52,000 a 133,000 y la de García de 25,000 a 50,000; en contraste, la de Monterrey disminuirá de 1.09 millones a 984,000 y la de San Pedro Garza García de 121,000 a 116,000.

Los cuantiosos desplazamientos del centro hacia la periferia indican que la Zona Metropolitana se encuentra en una etapa avanzada del proceso de metropolización.

⁵³ TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

⁵⁴ INEGI. *Perspectiva Estadística para Monterrey, Nuevo León*. México, INEGI, 1997.

⁵⁵ INEGI. *Perspectiva Estadística para Monterrey, Nuevo León*. México, INEGI, 1997.

⁵⁶ INEGI. *Perspectiva Estadística para Monterrey, Nuevo León*. México, INEGI, 1997.

2.3. POBLACIÓN Y ECONOMÍA

La ciudad de Monterrey es una de las más importantes de país por la creciente economía que la caracteriza, desde su desarrollo industrial hasta los proyectos empresariales actuales.

Pero al mismo tiempo que la economía se incrementa, la población también lo hace, lo que provoca una demanda de empleo elevada, una oferta baja y por consiguiente una tasa de desempleo alta, lo cual se refleja en los salarios que percibe la población económicamente activa.

Este fenómeno se presenta desde 1960⁵⁷ cuando la fuerza de trabajo de Monterrey tenía su origen en el sector agrícola y áreas deprimidas de las comunidades aledañas, cuyas aspiraciones salariales no eran muy ambiciosas, marcándose una clara tendencia por parte de los empresarios de no ascensión del salario.

Años después, la principal característica de la distribución del ingreso es su extrema desigualdad, cuando una minoría concentra la mayor proporción que se genera.

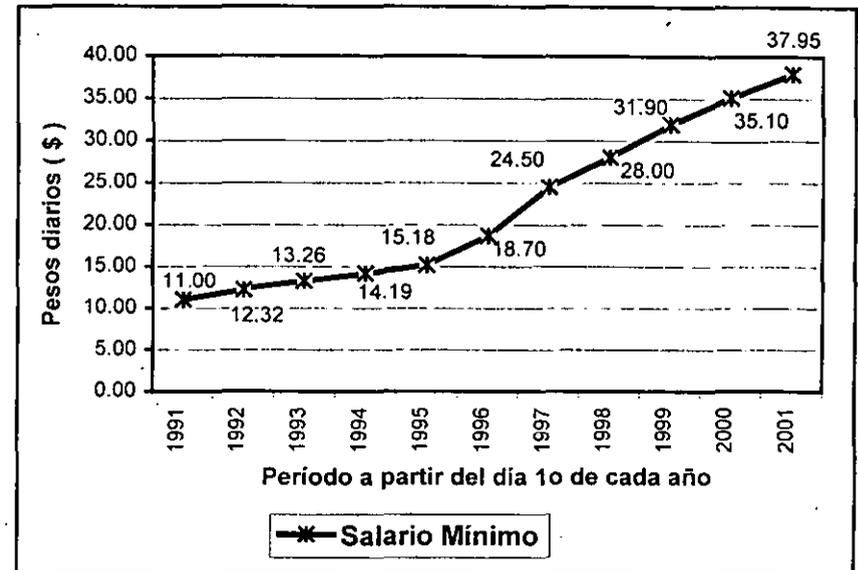
En 1979 el 40% de la población percibía apenas el 17.5% del ingreso total⁵⁸. Además de todo ello, la cobertura del salario mínimo legal descendió de 1.12 en 1977 a 1.08 en 1979 y el 30% de la población ni siquiera lo obtenía.

En esos años se dio una recuperación de la actividad económica cuando la tasa de crecimiento del PIB en 1979 fue del 8% y el desempleo disminuyó a 5.6%, sin embargo, esta situación no se tradujo en mejores salarios para la mayoría⁵⁹.

Al menos hasta 1980, el 55% de la población económicamente activa percibía menos de dos veces el salario mínimo, entre otras razones, por el acelerado proceso inflacionario, y a partir de 1982 el desempleo se agudizó.

En los últimos años el incremento del salario mínimo en el Área Geográfica B donde se encuentra la ciudad de Monterrey ha sido muy variable, así como la distribución del ingreso.

Desde el 1° de enero de 1991 el salario ha tenido un aumento de \$ 11.00 a \$ 37.95 registrado a partir del 1° de enero del año 2001⁶⁰. Este desarrollo no se dio gradualmente:



Gráfica 2.2. Salario Mínimo general para el Área Geográfica B⁶¹.

La gráfica 2.2. muestra un incremento del salario variable, característica que hace difícil determinar una tasa de crecimiento del salario en el tiempo.

Por lo que es más factible estudiar el incremento real en porcentaje de cada año en relación al anterior, como se puede ver en la gráfica 2.3., en donde se señala que el porcentaje del aumento salarial se fue aumentando hasta 1997 y después disminuyendo, y se espera que en los próximos años siga comportándose de la misma manera:

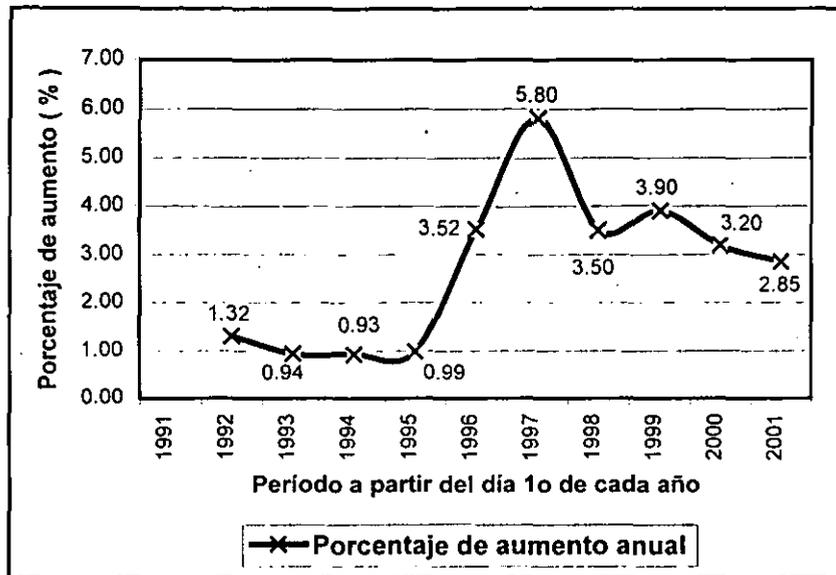
⁵⁷ PUENTE LEYVA, JESÚS. *Distribución del ingreso en un área urbana: El caso de Monterrey*. Siglo XXI, México, 1976.

⁵⁸ VILLAREAL, DIANA R. *Urbanización y autoconstrucción de vivienda en Monterrey*. México, Centro de Escodesarrollo, Claves Latinoamericanas, 1986.

⁵⁹ Montoya Retta, Rodolfo. *La distribución del ingreso personal en Monterrey: análisis de factores explicativos*. Centro de Investigaciones Económicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, 1984.

⁶⁰ Datos proporcionados por el INEGI con base en cifras de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos.

⁶¹ INEGI. *Cuaderno de Información Oportuna*. Número 331, Octubre de 2000. INEGI, México, 2000.



Gráfica 2.3. Porcentaje de aumento mensual al valor del salario mínimo en relación al año anterior.

Ahora bien, la distribución de los ingresos no es equitativa. A lo largo del año 2000 se registró que el 3.69% de la población económicamente activa de la ciudad de Monterrey percibió menos de un salario mínimo, el 18.58% de 1 a 2 salarios, el 52.34% de 2 a 5, el 18.18% más de 5, el 2.97% no percibe ingresos y el 4.24% no está especificado⁶². Lo que quiere decir que el 74.61% de la población económicamente activa no percibe más de \$ 5 692.5 mensuales, para cubrir el pago de servicios y necesidades propias.

En cuanto a las proyecciones de crecimiento de la población económicamente activa, se tiene que aumentará de 1.56 millones de personas en 1996 a 2.23 millones en 2010, es decir, tendrá un incremento medio anual del 2.6%⁶³. Este incremento se origina principalmente por el crecimiento de la población y se traduce en la necesidad de crear 672,000 nuevos puestos de trabajo a lo largo de quince años, de 1995 a 2010, esto es, un promedio anual de 48,000 empleos.

⁶² Datos proporcionados por el Instituto de Contadores Públicos de Nuevo León (ICPNL). Registro estadístico al 8 de enero del 2001.

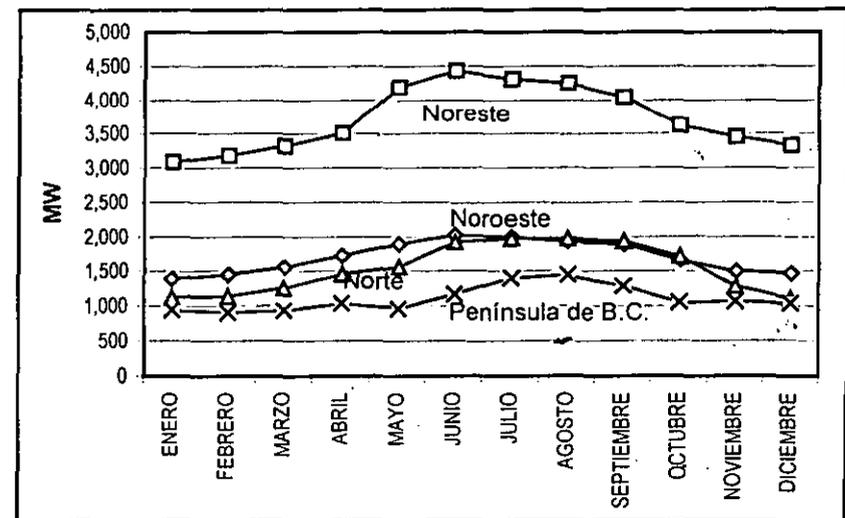
⁶³ INEGI. *Perspectiva Estadística para Monterrey, Nuevo León*. México, INEGI, 1997.

2.4. CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS

La ciudad de Monterrey, N. L. se encuentra ubicada en la Región Noreste del país⁶⁴, la cual presenta la siguiente estructura energética por tipo de generación:

- La fuente principal de generación eléctrica es por Planta Térmica Convencional (Termoeléctrica), con un 66% del total,
- Después por Planta Hidroeléctrica, y
- Por Turbogas.

Resultando que la mayor parte de la energía generada se obtiene por la quema de combustibles fósiles. En cuanto al consumo de energía, el SEN reporta que de todas las regiones definidas del país, la Zona Norte es la que más demanda tiene de energía (tomando en cuenta el área territorial de cada zona). Esta Zona Norte se divide en regiones, de las cuales, la Noreste es la que mayor consumo presenta (gráfica 2.4).



Gráfica 2.4. Demandas punta de energía mensuales en la Zona Norte (MWH)

En la gráfica de demandas punta se pueden apreciar las diferencias tan marcadas entre todas estas regiones y la del noreste. Esto es, entre la región Norte, que es la segunda más alta en consumo, tiene diferencias en algunos meses de casi 2,500 MW. Y entre la región

⁶⁴ De acuerdo con la sectorización hecha por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

de la Península de Baja California Norte, llega a ser de 3,200 MW, aproximadamente. Como se puede apreciar, los valores más altos son los registrados entre el mes de abril y el mes de octubre, es decir, en primavera y verano cuando se esperan las temperaturas más elevadas.

Esto se debe al uso desmedido de sistemas electromecánicos de acondicionamiento ambiental en todos los sectores de la población. El comportamiento de la demanda se debe a diversos factores, como la alta actividad industrial, la hostilidad del clima, el uso excesivo de sistemas de aire acondicionado, la situación económica, la influencia norteamericana, entre otros.

2.4.1. ESTRUCTURA ENERGÉTICA

Durante los últimos años el crecimiento de la demanda de electricidad en el Estado de Nuevo León, ha propiciado la construcción de diversas obras eléctricas, plantas generadoras, subestaciones de potencia y distribución, líneas de transmisión y distribución, la instalación de equipo accesorio para lograr un estándar de calidad que satisfaga a los clientes del servicio y los equipos de medición que no pueden faltar para el mejoramiento de la calidad de facturación y registrar los flujos de energía que se entregan a los usuarios que hay en este estado.

La demanda máxima de energía eléctrica en esta entidad creció en los últimos seis años de 1811 MWH a 2708 MWH, comportamiento que se registró durante el año de 1998. El pronóstico del sector eléctrico es que para el año 2007 la demanda máxima alcance los 3934 MWH, y sus características hasta 1999⁶⁵ se pueden ver en la siguiente tabla:

Habitantes con servicio eléctrico	3, 675, 767
Usuarios atendidos	954, 607
Plantas de Generación	8
Capacidad instalada (MW)	1, 556
Subestaciones de Potencia	9
Subestaciones de Distribución	65
Demanda máxima de energía (mwh)	2, 870

Tabla 2.2. Características del Sector Eléctrico.

⁶⁵ Comisión Federal de Electricidad, Monterrey, N. L. 2000.

Sobre la capacidad efectiva, generación bruta y generación efectiva, por tipo de planta; se tiene que para el estado, principalmente se emplean plantas de vapor y de ciclo combinado.

El tipo de generación y el combustible empleado⁶⁶ es el siguiente:

Tipo de Generación	Combustible
Termoeléctrica	Combustóleo
Ciclo Combinado	Combustóleo y gas natural

Tabla 2.3. Tipo de Generación y Combustible empleado.

Actualmente se construye con un avance muy importante la Central de Ciclo Combinado "Monterrey II" en el municipio de Pesquería, N. L., esta planta contará con dos unidades que aportarán al sistema eléctrico 450 MWH, y la inversión estimada del proyecto, asciende a 320 millones de dólares.

Otro proyecto de enorme relevancia es la Central de Ciclo Combinado "Saltillo" que se ubicará en el Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, y tendrá una capacidad instalada de generación de 247.5 MWH, con una inversión de 153 millones de dólares, tentativamente, su entrada en operación sería en octubre del año 2001.

En el Norte de Tamaulipas se construirá otra central de Ciclo Combinado, denominada "Río Bravo II", esta obra alcanzará una capacidad instalada de 495 MWH, que contribuirá sustancialmente a la generación de energía del noreste del país. En esta planta generadora se habrán de invertir otros 230 millones de dólares y se espera su conclusión en el mes de junio del año 2001.

Nuevo León, será también el cimiento de otro megaproyecto de producción de electricidad, que con aportación de 450 MWH al sistema eléctrico nacional y en especial al de la región noreste, vendrá a garantizar el suministro en el estado, esta es la Central de Ciclo Combinado "Monterrey III", misma que entrará en su período de licitación, este es un proyecto que contempla una inversión aproximada de 225 millones de dólares y con posible fecha de entrada en operación comercial, para el mes de abril del 2002⁶⁷.

⁶⁶ INEGI. *Anuario Estadístico de 1998 del Estado de Nuevo León*. México, INEGI, 1999.

⁶⁷ Comisión Federal de Electricidad, Monterrey, N. L. 2000.

2.4.2. CONSUMO DE ENERGÍA

El sector que más consume energía es el de la Industria, pero sin considerar este sector, el residencial es el que influye más, seguido distanciamiento por el comercial. Tan sólo en 1999 en el sector residencial se registraron ventas de más de dos millones de MWH, consumidos por casi 900 mil usuarios (tabla 2.4.).

SECTOR	USUARIOS ⁶⁸	VENTAS	CONSUMOS MEDIOS
		MWH	KWH / Usuario
Residencial	865,510	2,343,706	229
Comercial	90,302	601,720	564
Servicios	4,738	173,600	3,080
Agrícola	3,719	128,112	2,902
Mediana Ind.	11,638	4,679,899	35,125
Gran Industria	72	5,136,660	6,122,360
TOTAL	975,979	13,063,697	1,131

Tabla 2.4. Consumo de energía por sector⁶⁹ en el Estado de Nuevo León.

En la Zona Metropolitana del sector residencial⁷⁰ el consumo es:

Zona Metropolitana	Mega Watts hora
Norte	547, 373
Oriente	801, 146
Poniente	651, 787
TOTAL	2, 000, 306

Tabla 2.5. Consumo de energía del sector residencial en la Zona Metropolitana.

El Consumo Medio por cada usuario en el sector residencial, ha ido incrementándose, y se espera que para los próximos años aumente, como se muestra en la gráfica 2.5., esto debido al desarrollo tecnológico, la creciente economía y, por supuesto, al uso ineficiente de energía.

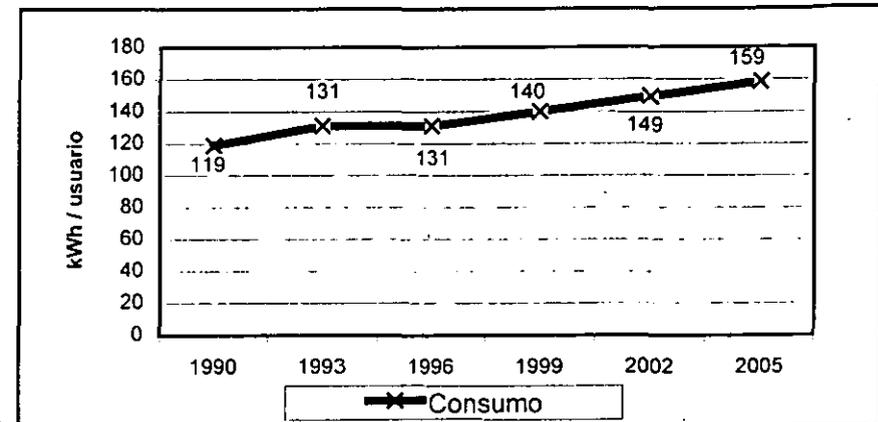


Tabla 2.5. Consumo medio por usuario en sector residencial (KWH / usuario).

Estos niveles de consumo incrementan los registros de contaminación en la ciudad, que son muy elevados debido al desarrollo industrial y a muchos otros factores, por lo que se deben implementar programas de mejora ambiental.

Al respecto, la CONAE realiza diversas acciones como el desarrollo de cursos y seminarios, entre estos se encuentran: El Programa Integral para el Uso Eficiente de la Energía, Las Corrientes Armónicas, Las Tarifas Eléctricas y La Administración de la Demanda Eléctrica y Optimización del Factor de Potencia.

También, desde 1992 la Academia Mexicana de Ingeniería y la Universidad Mexicana del Noreste han desarrollado una Mesa Redonda cada año bajo el título de "En búsqueda de un diseño térmico para la vivienda en el Norte del país". De esas reuniones se optó por realizar una investigación más profunda sobre este tema, atacando los aspectos más críticos: el espacio y el comportamiento térmico en vivienda.

En 1996, con el apoyo de CONACYT, Contec Mexicana S. A. de C. V. y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Delegación Nuevo León, se inició la investigación denominada *Confort en la vivienda de interés social*, cuyos resultados se encuentran en una publicación de la Universidad Mexicana del Noreste titulada *Confort en la vivienda*⁷¹ por Luis T. Pedraza Barreda.

⁷¹ PEDRAZA BARREDA, LUIS T. *Confort en la Vivienda*. Nuevo León, México, Universidad Mexicana del Noreste, Editorial Aprender a Ser, 1999.

⁶⁸ Entendiéndose como usuarios no al número de personas, sino a las tomas eléctricas registradas.

⁶⁹ Agrupación Sectorial de Tarifas. Datos Reales proporcionados por la CFE, acumulados a diciembre de 1999.

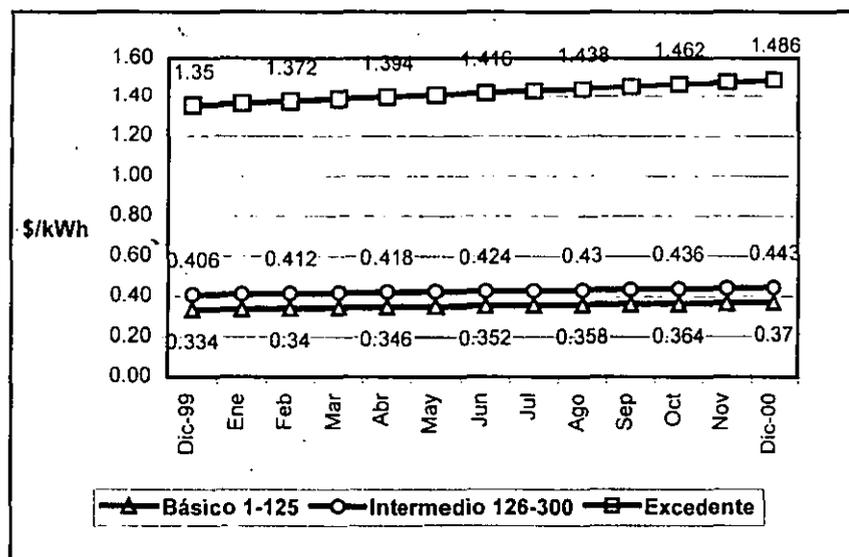
⁷⁰ INEGI. *Anuario Estadístico de 1999 del Estado de Nuevo León*. México, INEGI, 2000.

2.4.3. TARIFA APLICADA EN LA ZONA

La tarifa aplicada en la zona es la TARIFA 1-B (1999 - 2000), que corresponde al servicio doméstico⁷² para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C. Se aplica a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, cualquiera que sea la carga conectada individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión, y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

De acuerdo con lo estipulado en el Diario Oficial de la Federación, los precios de la energía eléctrica para esta tarifa se dividen en tres niveles de consumo. El primer nivel corresponde al consumo básico que va de 1 a 125 KWH, el segundo al intermedio de 126 a 300 KWH, y el último al excedente de 301 KWH en adelante.

Estos precios se van incrementando mensualmente como se puede ver en la gráfica 2.6.:



Gráfica 2.6. Tarifa 1B. Tarifa Doméstica 1999 – 2000. Cargos mensuales por energía (\$/kWh).

Considerando que el consumo más alto de energía eléctrica se presenta en el periodo de verano y asumiendo que en la localidad los meses más cálidos van de mayo a octubre, es importante conocer la tarifa que se establece en uno de los meses más críticos, como el mes de julio, el cargo por energía consumida⁷³ es, según la TARIFA 1-B (1999 - 2000):

- Consumo básico: **\$0.355** por cada uno de los primeros 125 KWH.
- Consumo intermedio: **\$0.427** por cada uno de los siguientes 175 KWH.
- Consumo excedente: **\$1.427** por cada KWH adicional a los anteriores.

Teniéndose un mínimo mensual equivalente a 25 KWH. Las cuotas mensuales fuera de la temporada de verano serán las establecidas para la TARIFA 1 (1999 – 2000).

2.5. REFLEXIONES

Se tiene ya un panorama general de la situación poblacional y energética de la localidad, lo que permite puntualizar en lo siguiente:

Se ha ido transformando la Arquitectura a través de los años. Los avances tecnológicos, la influencia cultural del país del Norte, además de la creciente economía, han ayudado al desarrollo de una Arquitectura impersonal, dejando atrás los viejos cánones.

Si bien es cierto que no se puede quedar una ciudad rezagada en el pasado, debe tomar de sus raíces los aspectos importantes y con ayuda de la tecnología hacerlos más eficientes.

Estos aspectos rescatables de su Arquitectura pasada, vernácula, son la manera en que esas construcciones responden a la inclemencia del clima. Pero estos espacios han quedado en el pasado aunque la radiación solar sigue siendo la misma.

La población sigue incrementándose en toda esta zona y aunque se tienen muchas acciones para aumentar la generación eléctrica en la

⁷³ Las cuotas indicadas se determinan conforme a lo dispuesto en el resolutive Segundo del Acuerdo de Autorización de Ajuste y Modificación, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 1999.

⁷² Tarifa 1 – B. Gerencial Comercial. Comisión Federal de Electricidad. 1999 – 2000.

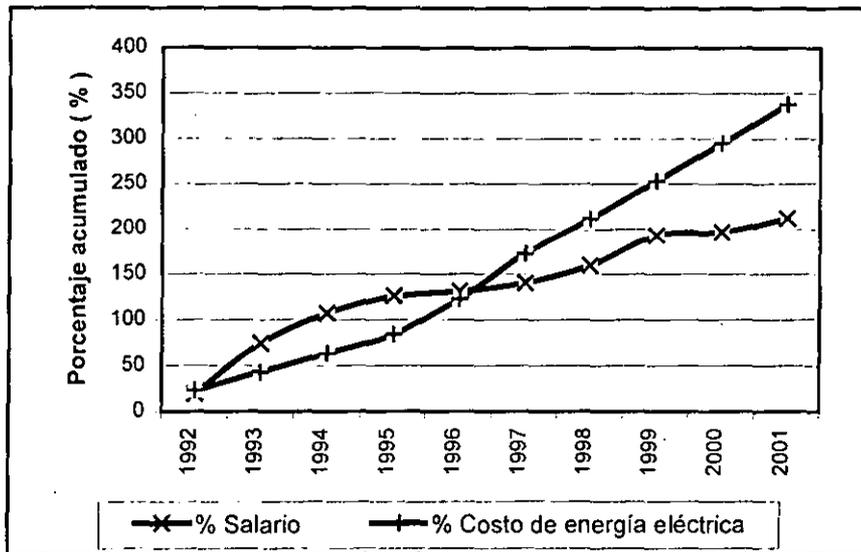
región, si se continúa con los mismos hábitos de consumo, en unos años no se podrán cubrir las necesidades que la población demandará al Estado.

El costo de la energía eléctrica tendrá una tasa de crecimiento cada vez más alta en los próximos años, según la Comisión Federal de Electricidad, sin embargo el salario mínimo seguirá manteniéndose con ligeros cambios de acuerdo a la situación inflacionaria del país, como se puede ver en la gráfica 2.7., y si ahora es difícil con el ingreso cubrir todos los servicios que demanda el usuario, en un futuro cercano no se podrá lograr esto y se tendrá que prescindir de alguno de los servicios o disminuir su uso, por lo que se requiere de un cambio de actitud por parte de la población para cambiar estos hábitos de consumo.

Para ello, se requieren más investigaciones y programas en todos los sectores de la economía especialmente en el residencial. Debiendo colaborar con investigaciones más profundas las muchas universidades de la región.

Asimismo, el Estado debe realizar más programas dirigidos al uso eficiente de energía en vivienda y a la concientización de la población para cuidar los recursos con que cuentan.

Conociendo todos los datos anteriores, se tiene una vista globalizada sobre la problemática energética de la localidad, y para tener una percepción más profunda del entorno físico de la localidad, es de suma importancia distinguir las características climatológicas para saber cómo influyen en las edificaciones. Es por ello que en el siguiente capítulo se definirán todas estas características.



Gráfica 2.7. Porcentaje acumulado del incremento del salario mínimo en relación al del costo de la energía eléctrica.

Asimismo, el incremento de la población se refleja tanto en el consumo excesivo de energía, como en un alto deterioro ambiental.

Siendo una ciudad con tan alto desarrollo económico, las acciones que se toman para el uso eficiente de los recursos con que cuenta la región no son suficientes, y la solución no está en el incremento de la generación de energía, sino en la utilización correcta de ésta.

Capítulo III

Bioclima de la Ciudad de Monterrey

3.1.2. TEMPERATURA AMBIENTE PROMEDIO MENSUAL (°C)

Esta gráfica muestra la relación entre las temperaturas promedio máxima, media y mínima, mensuales, así como sus temperaturas extremas, de bulbo seco⁷⁶.

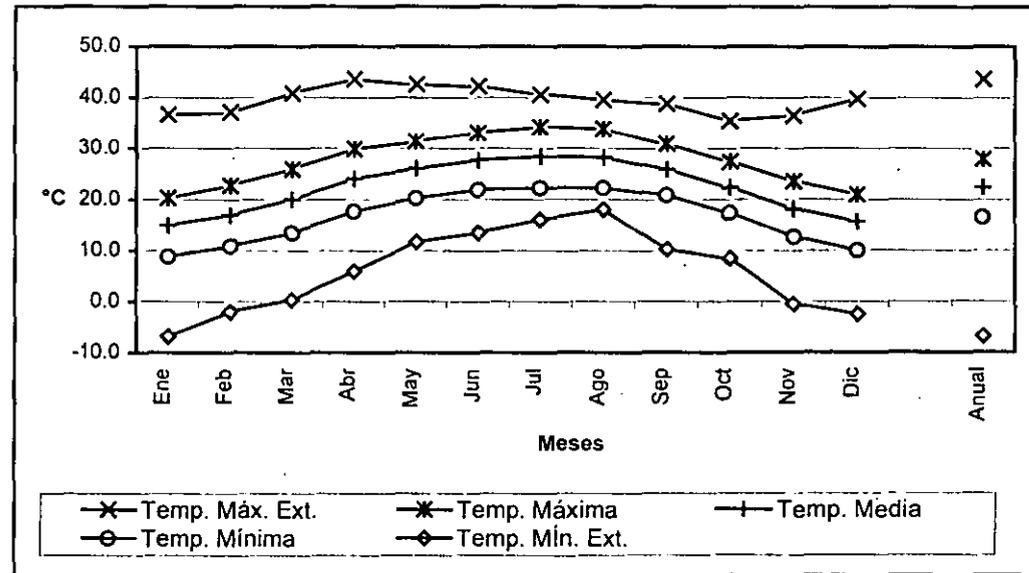
El comportamiento de estas temperaturas, reflejan un clima extremo. La oscilación de las temperaturas medias máxima, media y mínima, es muy similar y constante todo el año; en cambio, en las temperaturas extremas, vemos que la oscilación tiene diferente comportamiento durante el año.

En invierno, la oscilación entre la temperatura máxima y la mínima, llega alcanzar hasta 43.4°C, esto es, que en el día la temperatura puede registrarse demasiado alta, mientras que en la noche puede bajar drásticamente. Ya en verano, esta oscilación de temperaturas extremas disminuye hasta 21.5°C, lo que quiere decir que las temperaturas se mantienen altas la mayor parte del día y por la noche disminuye sin alcanzar valores de 0°C.

Se nota también lo extremo del clima al comparar los registros de temperaturas en las diferentes estaciones del año, esto es, en primavera y verano, en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, se muestran los valores más altos, señalando el mes de julio como el más cálido con una temperatura media de 28.4 °C.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temp. Máx. Ext.	36.6	37.0	40.8	43.5	42.5	42.1	40.5	39.5	38.7	35.5	36.5	39.7	43.5
Temp. Máxima	20.2	22.7	25.9	29.8	31.4	33.1	34.2	33.8	30.8	27.3	23.5	20.9	27.8
Temp. Media	14.9	16.9	20.0	24.0	26.0	27.7	28.4	28.2	25.8	22.3	18.1	15.7	22.3
Temp. Mínima	8.8	10.9	13.4	17.6	20.2	21.9	22.2	22.2	20.8	17.3	12.7	10.0	16.5
Temp. Mln. Ext.	-6.8	-2.0	0.3	5.9	11.7	13.5	16.0	18.0	10.2	8.4	-0.5	-2.5	-6.8
Oscilación (Temp. medias)	11.4	11.8	12.5	12.2	11.2	11.2	12.0	11.6	10.0	10.0	10.8	10.9	11.3
Oscilación (Temp. extremas)	43.4	39.0	40.5	37.6	30.8	28.6	24.5	21.5	28.5	27.1	37.0	42.2	50.3

Tabla 3.1. Temperaturas Ambiente Promedio Mensual, Oscilación (°C).



Gráfica 3.1. Temperaturas Ambiente Promedio Mensual (°C).

Y en otoño e invierno, en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, se encuentran las temperaturas más bajas, con en mes de enero como el más frío y una temperatura media de 14.9°C. Haciendo la diferencia entre estas temperaturas medias, vemos que alcanzan casi 14°C entre ellas.

⁷⁶ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

Por lo que se puede decir que el comportamiento de la temperatura no se mantiene estable a lo largo del año, y considerando que el parámetro de confort anual va de 22.02 a 27.02°C (ver gráfica de Confort), y la temperatura máxima promedio mensual más alta es de 34.2°C y la mínima promedio mensual más baja es de 8.8°C, se considera un clima cálido en algunos meses y frío en otros, en otras palabras, extremo.

Datos Horarios Anuales de Temperatura (°C)

En esta tabla se muestran los Datos Horarios de Temperatura de todo el año.

Los registros de estas temperaturas están tomados de los valores medios de la mínima y máxima, sin considerar las temperaturas extremas.

	Horas del Día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	12.4	11.7	10.9	10.2	9.5	8.8	10.2	11.7	13.1	14.5	15.9	17.4	18.8	20.2	19.5	18.8	18.1	17.4	16.6	15.9	15.2	14.5	13.8	13.1
Febrero	14.6	13.9	13.1	12.4	11.6	10.9	12.4	13.9	15.3	16.8	18.3	19.8	21.2	22.7	22.0	21.2	20.5	19.8	19.0	18.3	17.5	16.8	16.1	15.3
Marzo	17.3	16.5	15.7	15.0	14.2	13.4	15.0	16.5	18.1	19.7	21.2	22.8	24.3	25.9	25.1	24.3	23.6	22.8	22.0	21.2	20.4	19.7	18.9	18.1
Abril	21.4	20.7	19.9	19.1	18.4	17.6	19.1	20.7	22.2	23.7	25.2	26.8	28.3	29.8	29.0	28.3	27.5	26.8	26.0	25.2	24.5	23.7	22.9	22.2
Mayo	23.7	23.0	22.3	21.6	20.9	20.2	21.6	23.0	24.4	25.8	27.2	28.6	30.0	31.4	30.7	30.0	29.3	28.6	27.9	27.2	26.5	25.8	25.1	24.4
Junio	25.4	24.7	24.0	23.3	22.6	21.9	23.3	24.7	26.1	27.5	28.9	30.3	31.7	33.1	32.4	31.7	31.0	30.3	29.6	28.9	28.2	27.5	26.8	26.1
Julio	26.0	25.2	24.5	23.7	23.0	22.2	23.7	25.2	26.7	28.2	29.7	31.2	32.7	34.2	33.5	32.7	32.0	31.2	30.5	29.7	29.0	28.2	27.5	26.7
Agosto	25.8	25.1	24.4	23.7	22.9	22.2	23.7	25.1	26.6	28.0	29.5	30.9	32.4	33.8	33.1	32.4	31.6	30.9	30.2	29.5	28.7	28.0	27.3	26.6
Septiembre	23.9	23.3	22.7	22.1	21.4	20.8	22.1	23.3	24.6	25.8	27.1	28.3	29.6	30.8	30.2	29.6	28.9	28.3	27.7	27.1	26.4	25.8	25.2	24.6
Octubre	20.4	19.8	19.2	18.6	17.9	17.3	18.6	19.8	21.1	22.3	23.6	24.8	26.1	27.3	26.7	26.1	25.4	24.8	24.2	23.6	22.9	22.3	21.7	21.1
Noviembre	16.1	15.4	14.7	14.1	13.4	12.7	14.1	15.4	16.8	18.1	19.5	20.8	22.2	23.5	22.8	22.2	21.5	20.8	20.1	19.5	18.8	18.1	17.4	16.8
Diciembre	13.4	12.7	12.0	11.4	10.7	10.0	11.4	12.7	14.1	15.5	16.8	18.2	19.5	20.9	20.2	19.5	18.9	18.2	17.5	16.8	16.1	15.5	14.8	14.1

Tabla 3.2. Datos Horarios Anuales de Temperatura⁷⁷ (°C).

⁷⁷ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

3.1.3. TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO PROMEDIO MENSUAL (°C)

En los registros de temperaturas de bulbo húmedo promedio⁷⁸ (tabla 3.3. y gráfica 3.2.) en las diferentes estaciones del año, se registran en primavera y verano, en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto y septiembre, los valores más altos, señalando el mes de julio como el más cálido con una temperatura media de 22.8 °C. Mientras que en otoño e invierno, en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, se encuentran las más bajas, con el mes de enero como el más frío y una temperatura media de 11.3°C.

Haciendo la diferencia entre estas temperaturas medias, vemos que alcanzan casi 11°C entre ellas.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
B Húmedo	11.3	13.1	15.1	18.3	21.4	22.7	22.8	22.7	21.6	18.5	14.6	11.9	17.8

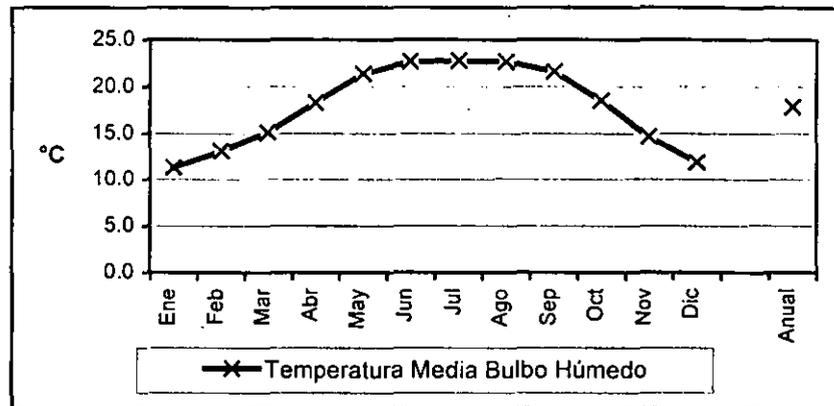


Tabla 3.3. y Gráfica 3.2. Temperatura de Bulbo Húmedo Promedio Mensual (°C).

3.1.4. HUMEDAD RELATIVA (%)

Esta gráfica 3.3. muestra la relación entre la humedad relativa media y la mínima registrada mensualmente.

La oscilación entre ellas todo el año es constante. Presentándose ligeramente más grande en los meses más fríos, en invierno.

Si se considera que el confort higrométrico está ente el 30% y 70% de humedad, se puede ver que prácticamente se está en condiciones óptimas la mayor parte del año.

Pero en unos meses, el porcentaje baja hasta 16%.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
H. Media	66.4	63.5	60.5	61.2	67.8	67.9	64.4	65.8	71.0	72.6	69.1	69.5	66.6
H. Mínima	20.2	16.0	16.4	17.3	20.3	29.2	29.5	29.7	31.4	30.6	20.2	22.8	23.6
Oscilación	46.1	47.5	44.0	43.9	47.5	38.8	34.9	36.1	39.6	42.0	48.9	46.8	43.0

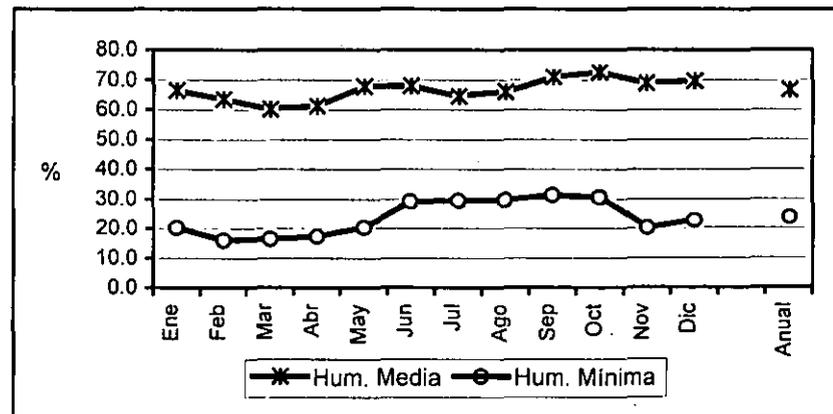


Tabla 3.4. y Gráfica 3.3. Humedad Relativa Mensual⁷⁹ (%).

⁷⁸ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

⁷⁹ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

También, se debe tener en cuenta que el porcentaje más pequeño de humedad se presenta entre las 14:00 y 15:00 horas, cuando la temperatura alcanza sus valores más altos. Observando en la tabla 3.4. y gráfica 3.3., la mayor parte de los estos porcentajes de la humedad mínima está por debajo del confort higrométrico del 30%.

Es por ello que a este clima se le denomina como semiseco.

DATOS HORARIOS ANUALES DE HUMEDAD (%)

En esta tabla se muestran los porcentajes de la Humedad Relativa Horaria de todo el año.

	Horas del Día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	51.9	54.8	57.7	60.6	63.5	66.4	60.6	54.8	49.1	43.3	37.5	31.8	26.0	20.2	23.1	26.0	28.9	31.8	34.6	37.5	40.4	43.3	46.2	49.1
Febrero	48.6	51.6	54.6	57.5	60.5	63.5	57.5	51.6	45.7	39.7	33.8	27.9	21.9	16.0	19.0	21.9	24.9	27.9	30.8	33.8	36.8	39.7	42.7	45.7
Marzo	46.7	49.4	52.2	54.9	57.7	60.5	54.9	49.4	43.9	38.4	32.9	27.4	21.9	16.4	19.2	21.9	24.7	27.4	30.2	32.9	35.7	38.4	41.2	43.9
Abril	47.5	50.3	53.0	55.8	58.5	61.2	55.8	50.3	44.8	39.3	33.8	28.3	22.8	17.3	20.1	22.8	25.6	28.3	31.1	33.8	36.5	39.3	42.0	44.8
Mayo	53.0	55.9	58.9	61.9	64.8	67.8	61.9	55.9	50.0	44.0	38.1	32.2	26.2	20.3	23.3	26.2	29.2	32.2	35.1	38.1	41.1	44.0	47.0	50.0
Junio	55.8	58.2	60.6	63.1	65.5	67.9	63.1	58.2	53.4	48.5	43.7	38.8	34.0	29.2	31.6	34.0	36.4	38.8	41.3	43.7	46.1	48.5	50.9	53.4
Julio	53.5	55.7	57.9	60.0	62.2	64.4	60.0	55.7	51.3	47.0	42.6	38.2	33.9	29.5	31.7	33.9	36.0	38.2	40.4	42.6	44.8	47.0	49.1	51.3
Agosto	54.5	56.8	59.0	61.3	63.5	65.8	61.3	56.8	52.3	47.8	43.2	38.7	34.2	29.7	32.0	34.2	36.5	38.7	41.0	43.2	45.5	47.8	50.0	52.3
Septiembre	58.6	61.1	63.5	66.0	68.5	71.0	66.0	61.1	56.1	51.2	46.2	41.3	36.3	31.4	33.9	36.3	38.8	41.3	43.7	46.2	48.7	51.2	53.6	56.1
Octubre	59.5	62.1	64.7	67.3	70.0	72.6	67.3	62.1	56.8	51.6	46.3	41.1	35.8	30.6	33.2	35.8	38.5	41.1	43.7	46.3	49.0	51.6	54.2	56.8
Noviembre	53.8	56.9	59.9	63.0	66.0	69.1	63.0	56.9	50.8	44.7	38.5	32.4	26.3	20.2	23.3	26.3	29.4	32.4	35.5	38.5	41.6	44.7	47.7	50.8
Diciembre	54.9	57.8	60.7	63.7	66.6	69.5	63.7	57.8	52.0	46.1	40.3	34.4	28.6	22.8	25.7	28.6	31.5	34.4	37.4	40.3	43.2	46.1	49.0	52.0

Tabla 3.5. Datos Horarios Anuales de Humedad⁸⁰ (%).

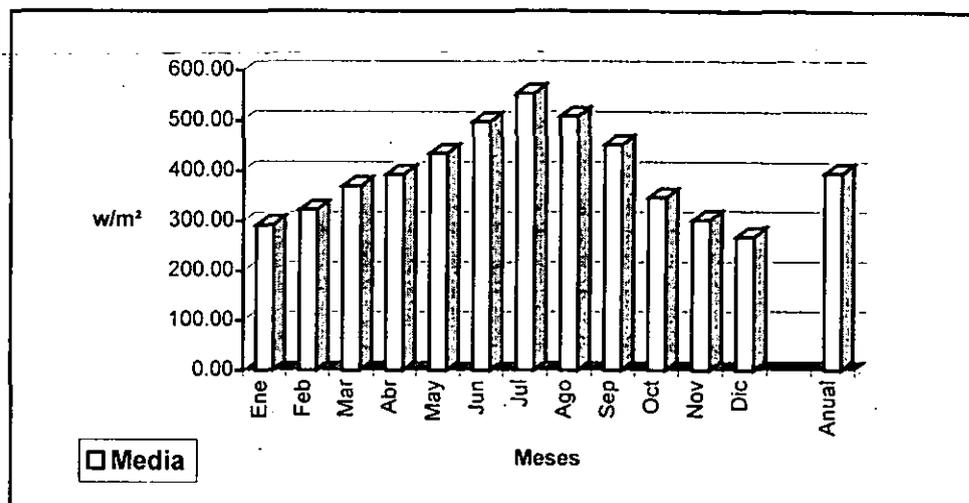
⁸⁰ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

3.1.5. RADIACIÓN SOLAR GLOBAL MEDIA (w/m^2)

La Radiación para esta localidad y para el diseño térmico eficiente de las edificaciones, es muy importante porque sus valores son muy altos, como se puede ver en la tabla 3.6. En la gráfica 3.4. de radiación global, se puede apreciar que todo el año se tiene un buen nivel.

Presentándose en forma ascendente uniforme del mes de diciembre, uno de los más fríos, a julio, uno de los más cálidos.

Por lo que se debe considerar este parámetro para el diseño de las edificaciones, ya que se requiere proteger de la radiación en los meses más cálidos, especialmente en el mes de julio. Para ello, es necesario conocer la radiación que recibe cada orientación de las fachadas.



Gráfica 3.4. Radiación Solar Global Media Mensual (w/m^2).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
6:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.04	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
7:00	0.00	0.00	0.00	43.11	96.40	132.80	132.07	103.91	70.00	43.44	12.08	0.00	52.82
8:00	56.76	67.11	109.08	165.65	225.78	273.24	284.21	249.18	210.10	163.61	127.17	87.07	168.25
9:00	192.11	204.59	253.16	303.66	365.15	422.15	447.72	407.25	364.98	296.75	257.88	213.55	310.75
10:00	332.56	348.15	400.09	438.31	496.23	560.77	602.58	558.18	513.71	422.94	382.88	338.04	449.54
11:00	457.91	472.51	525.65	548.70	599.63	669.43	727.22	680.27	633.53	521.20	479.74	437.10	562.74
12:00	526.61	554.30	607.59	616.45	659.00	731.58	802.91	754.63	704.79	574.19	530.18	491.14	629.45
13:00	541.50	577.57	630.83	629.85	664.58	737.42	817.81	769.29	715.38	572.31	524.42	489.21	639.18
14:00	493.50	537.73	591.03	586.53	615.46	686.01	769.55	721.84	663.46	515.90	463.60	431.72	589.69
15:00	392.45	442.64	495.61	494.07	519.71	585.50	665.76	620.01	557.94	415.18	359.44	330.28	489.88
16:00	258.60	310.68	361.99	368.17	392.66	451.34	522.39	479.90	416.37	287.86	231.46	204.91	357.19
17:00	117.70	166.34	213.50	229.18	253.39	302.90	360.23	322.48	261.03	155.00	102.30	79.13	213.60
18:00	12.63	34.37	73.94	97.38	120.74	159.44	200.56	169.03	113.98	36.29	0.00	0.00	84.86
19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.42	36.31	60.94	36.93	0.00	0.00	0.00	0.00	11.97
Media	291.66	321.83	369.60	392.23	434.97	497.83	553.14	507.89	452.57	346.97	301.71	269.03	394.74

Tabla 3.6. Radiación Solar Global Media Horaria⁸¹ (w/m^2).

⁸¹ Datos Horarios obtenidos del Programa Radiación Solar V. 075 de GABRIEL BALDERAS ROMERO.

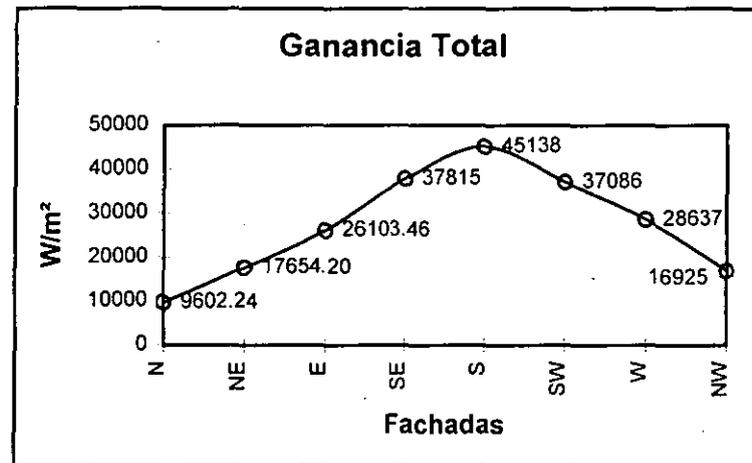
RADIACIÓN SOLAR RECIBIDA EN DIFERENTES ORIENTACIONES DE FACHADAS (w/m²)

Conociendo la radiación que recibe cada fachada en un día, se obtiene la radiación mensual que es la siguiente:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ene	0.00	581.43	1565.95	2993.40	3382.33	2800.90	1816.38	388.93
Feb	0.00	619.85	1646.66	2761.96	3715.99	3096.14	2069.33	954.03
Mar	0.00	1287.98	1895.57	3117.43	4262.47	2974.49	2366.90	1145.04
Abr	535.32	1499.43	2115.88	2745.73	3985.74	3021.63	2405.18	1775.33
May	1959.77	2442.19	2442.19	3106.77	3058.38	2575.96	2575.96	1911.38
Jun	3608.92	2805.01	2805.01	2805.01	2155.01	2958.92	2958.92	2958.92
Jul	2616.70	3002.71	3002.71	3820.52	3783.25	3397.24	3397.24	2579.43
Ago	881.53	1998.79	2753.42	3522.71	4991.37	3874.11	3119.48	2350.19
Sept	0.00	1792.32	2497.11	3875.95	5225.27	3432.95	2728.16	1349.32
Oct	0.00	926.74	2022.13	3110.34	4004.67	3077.93	1982.54	894.33
Nov	0.00	397.13	1789.93	3137.39	3471.15	3074.02	1681.22	333.76
Dic	0.00	300.62	1566.90	2818.11	3102.15	2801.53	1535.25	284.04
TOTAL	9602.24	17654.20	26103.46	37815.32	45137.78	37085.82	28636.56	16924.70

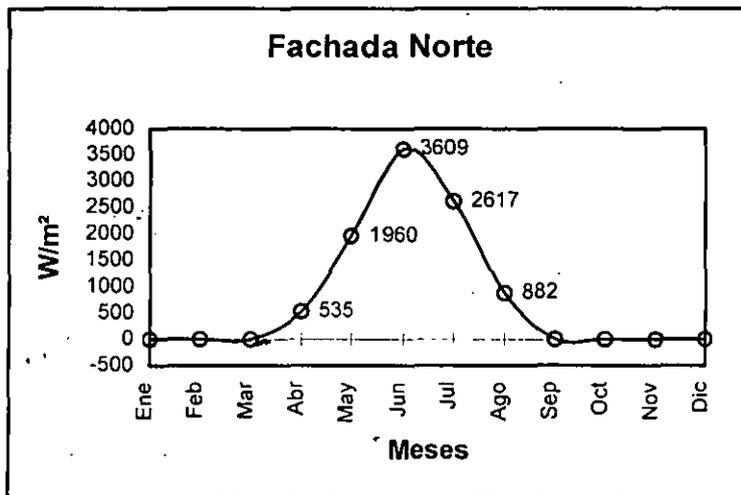
Tabla 3.7. Radiación Media Mensual para cada Fachada (w/m²).

Obteniendo el total de ganancia de las diferentes fachadas:

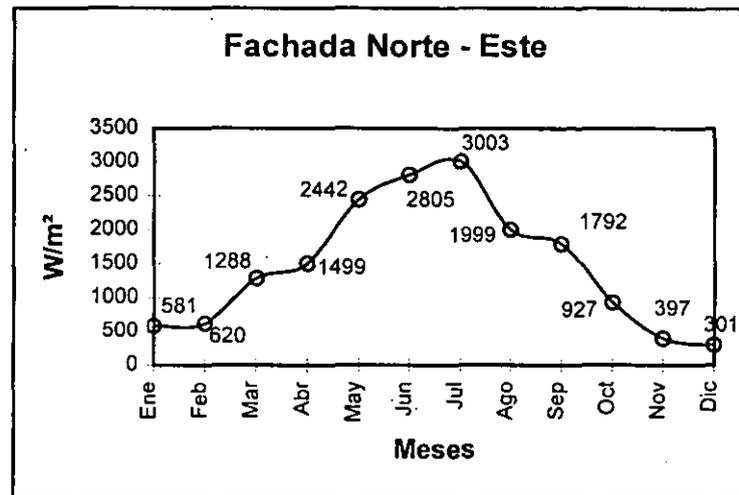


Gráfica 3.5. Ganancia Total de Radiación para cada una de las Fachadas (w/m²).

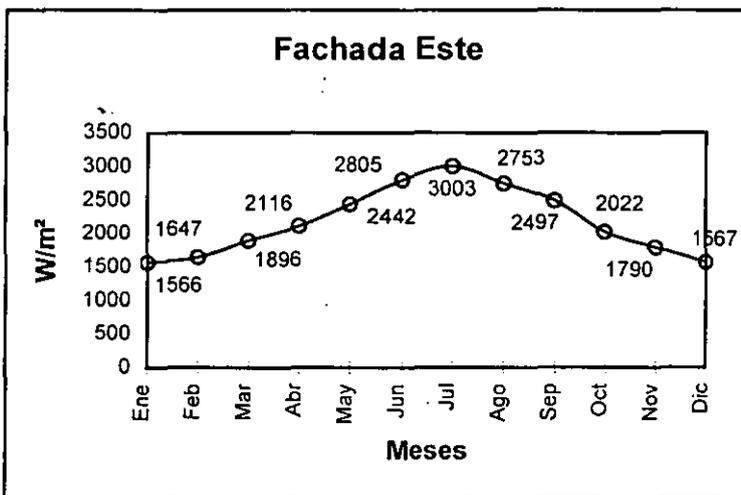
Las siguientes gráficas muestran los valores registrados para cada fachada (N, NE, E, SE):



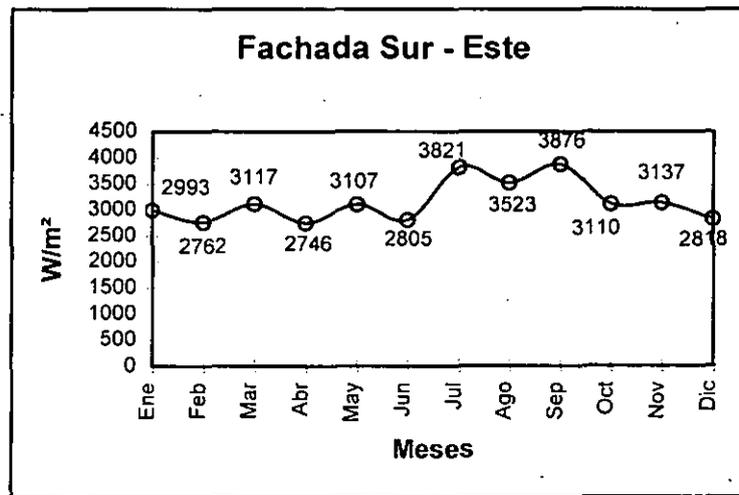
Gráfica 3.6. Radiación percibida en la Fachada Norte.



Gráfica 3.7. Radiación percibida en la Fachada Norte - Este.

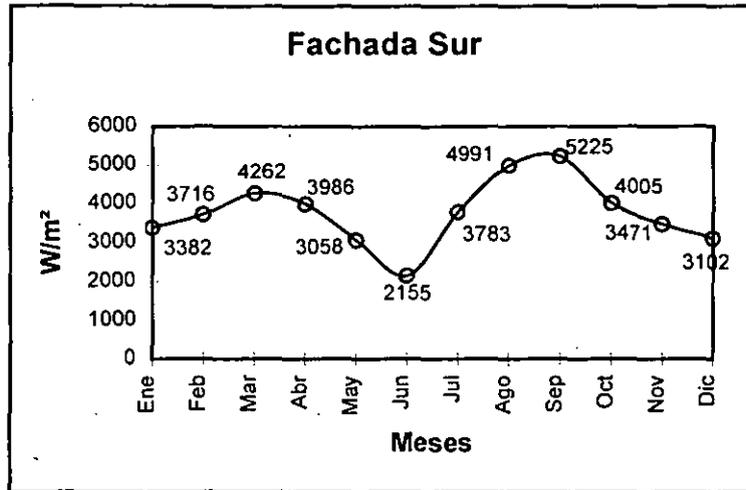


Gráfica 3.8. Radiación percibida en la Fachada Este.

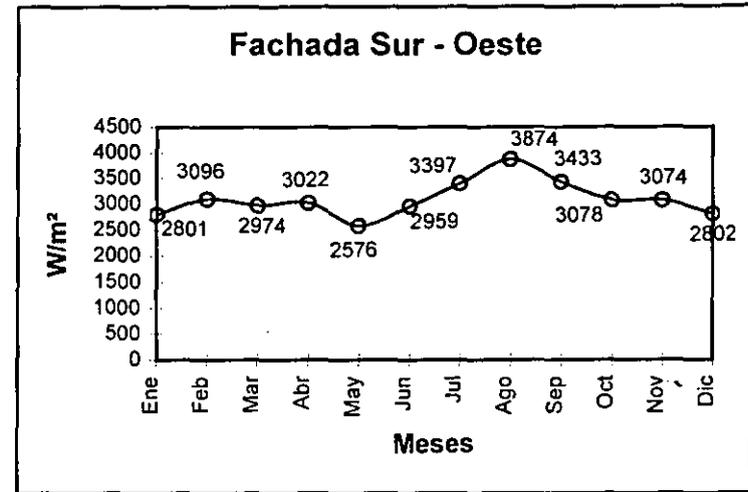


Gráfica 3.9. Radiación percibida en la Fachada Sur - Este.

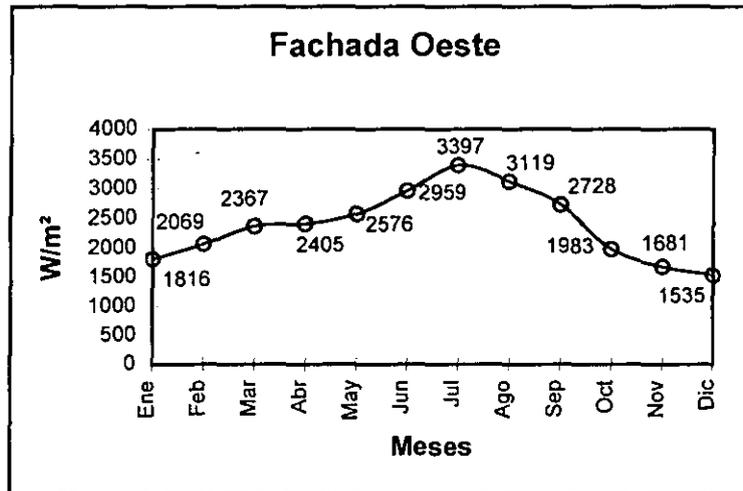
Las siguientes gráficas muestran los valores registrados para cada fachada (S, SW, W, NW):



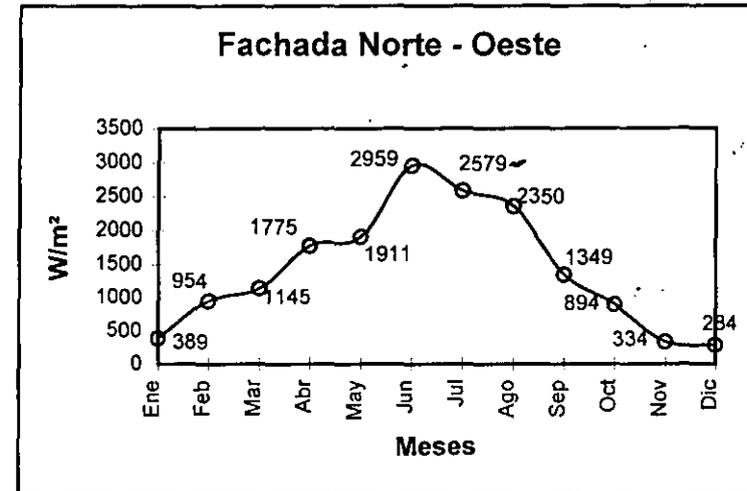
Gráfica 3.10. Radiación percibida en la Fachada Sur.



Gráfica 3.11. Radiación percibida en la Fachada Sur - Oeste.



Gráfica 3.12. Radiación percibida en la Fachada Oeste.

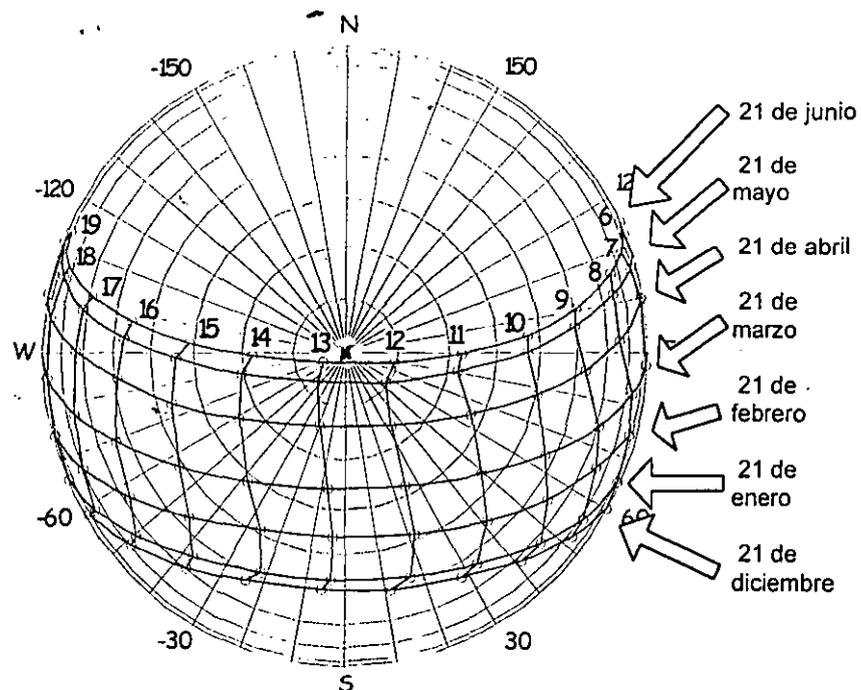


Gráfica 3.13. Radiación percibida en la Fachada Norte - Oeste.

3.1.6. PROYECCIONES SOLARES

Se muestran en seguida las proyecciones solares de la localidad con una gráfica equidistante o polar. En esta proyección se representan en un solo plano las dos coordenadas solares, construyendo un sistema de coordenadas a partir del conocimiento previo de los valores de los ángulos de altura solar y azimut, que se grafican en esta proyección.

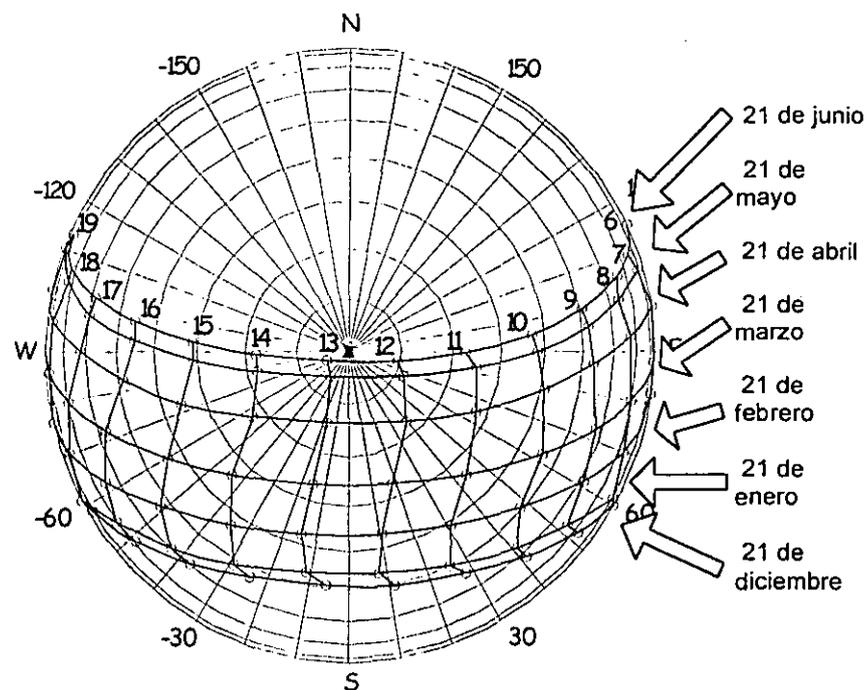
Estos valores de altura solar y azimut fueron obtenidos considerando la **hora civil**⁸², ya que por la ubicación de esta localidad de **100°18' Longitud Oeste**, la posición del Sol en su altura máxima no se encuentra a 90° a las 12:00 horas, ni su azimut es 0°. Así, tomando como base la hora civil, se pueden obtener parámetros de estudio más reales.



Gráfica 3.14. Proyección Solar del primer semestre del año, del 21 de diciembre al 21 de junio.

Los valores azimutales se refieren a los planos de orientación por cuadrantes. Las alturas se representan en los círculos concéntricos equidistantes, cuyos valores se van incrementando hacia el centro donde se encuentra la altura solar máxima (90°).

En la gráfica 3.14. se muestra el primer semestre del año, que va del 21 de diciembre al 21 de junio. De la misma manera, en la gráfica 3.15. se muestra el segundo semestre del año, del 21 de junio al 21 de diciembre.



Gráfica 3.15. Proyección Solar del segundo semestre del año, del 21 de junio al 21 de diciembre.

Este sistema se complementa con una mascarilla de sombreado para analizar patrones de sombras, diseñar y evaluar dispositivos de control solar, así como estudiar el efecto de obstrucciones en el interior y exterior de las edificaciones, realizado en el siguiente capítulo.

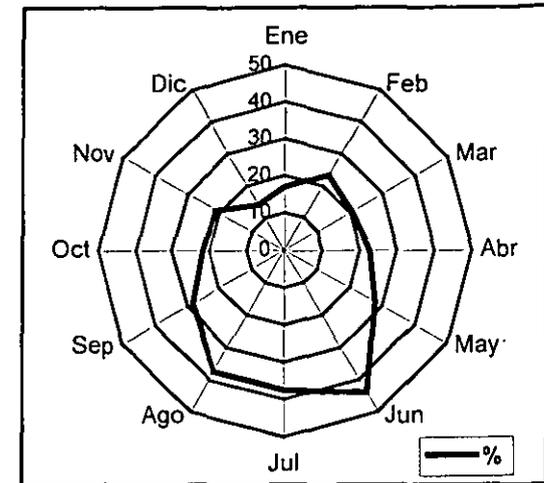
⁸² Datos obtenidos del programa *Trayectorias Solares* V 1.0 de Gabriel Balderas Romero.

3.1.7. VIENTOS

En la tabla 3.8. de Vientos se marcan la frecuencia (%), la velocidad (m/s) y la dirección de los vientos⁸³ para cada mes. Es evidente que los vientos dominantes para esta localidad todo el año tienen dirección Este, presentándose con más frecuencia y velocidad en los meses más cálidos, mayo, junio, julio y agosto (gráfica 3.16).

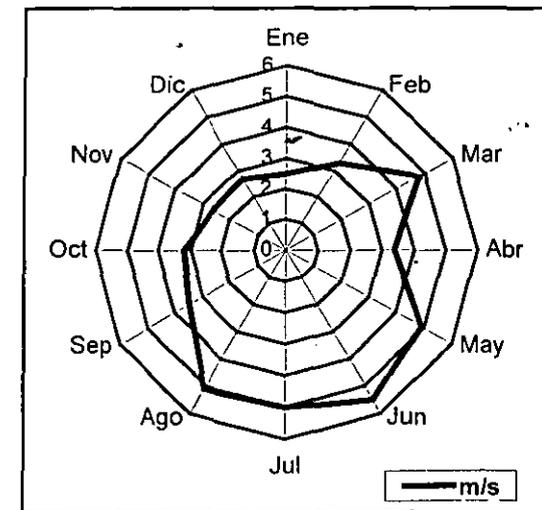
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Anual	%	5.68	13.68	26.33	15.44	4.75	1.10	1.63	3.45
	m/s	4.37	4.05	3.88	4.23	3.66	1.99	2.75	4.62
Enero	%	8.4	15.1	17	7	1.6	0.3	1.4	3.2
	m/s	6.8	3.3	2.5	2.8	1.4	0.1	2.4	5
Febrero	%	11.2	11.6	23.3	7.9	8	1.8	3.8	4
	m/s	5.7	4.3	3.3	3.5	2	0.8	5.1	5.2
Marzo	%	4.9	15	20.4	15.5	7.6	2.8	3.9	8.6
	m/s	6.1	4.5	4.8	3.8	8.6	5.8	5.9	4.4
Abril	%	9	12.4	22.7	12.5	7.2	2	2.7	13.2
	m/s	5.9	5.5	3.4	4	4.4	4.1	1	5.1
Mayo	%	7.5	16	27.8	17.3	5.4	1.9	3.2	4.8
	m/s	4.6	3.7	4.9	4.5	2.5	3.2	3	5.9
Junio	%	6.4	18.6	44	17.5	1.4	0	0.4	0.7
	m/s	3.7	3.8	5.5	6	5.4	0	3.5	2.8
Julio	%	1.4	16.1	37.6	24.6	4.7	0	1.1	1.2
	m/s	2.6	5.3	5	6	5.5	0	2.8	4
Agosto	%	2.8	13.5	37.3	24.1	5.7	0.9	0.3	1.2
	m/s	4.9	3.5	5.1	5.7	5	3.7	0.5	2.7
Septiembre	%	2.9	12	28.5	20.6	6	1	0.6	1.2
	m/s	3.6	3.2	3.5	4.9	2.2	0.9	3	4.4
Octubre	%	1.9	11.1	21.9	21	4.8	1.2	1.1	0.6
	m/s	2	4	3.2	3.5	3	1.2	3.4	2.5
Noviembre	%	5.1	9.5	21.3	10	3.8	0.7	1	1.5
	m/s	3.2	3.6	2.6	2.8	1.7	0.6	2.4	4.5
Diciembre	%	6.7	13.3	14.1	7.3	0.8	0.6	0	1.2
	m/s	3.3	3.9	2.7	3.2	2.2	3.5	0	8.9

Tabla 3.8. Velocidad, Dirección y Frecuencia de Vientos.



Gráfica 3.16. Frecuencia de Vientos (%).

El comportamiento de los vientos tiene una dirección dominante oriente, siendo el mes de junio donde se encuentran los vientos más frecuentes.



Gráfica 3.17. Velocidad de Vientos (m/s).

⁸³ Fuente: Atlas del Agua de la República Mexicana. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976. Período desde 1941 a 1970.

3.1.8. PRECIPITACIÓN ANUAL (mm).

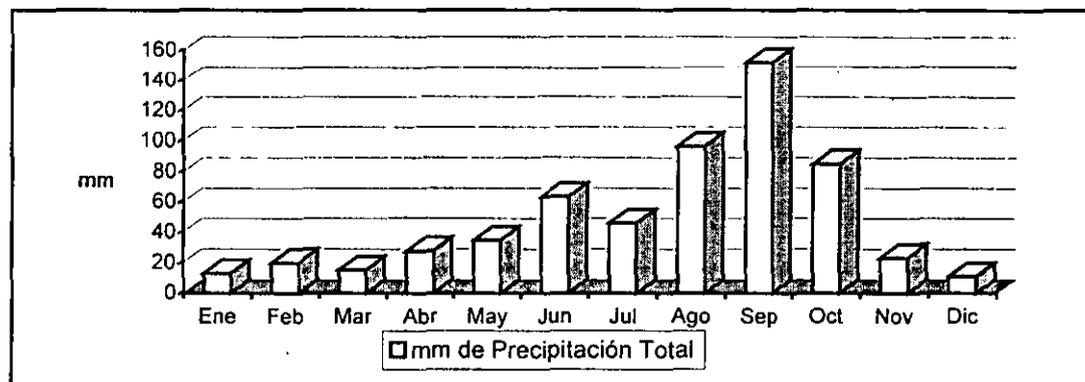
En la gráfica 3.18. se puede ver que está muy marcada la cantidad de mm de precipitación⁸⁴ que se percibe en verano a diferencia de la que se registra en invierno.

Esto es, cuando la temperatura baja, la precipitación disminuye. Mientras que se encuentran los niveles más altos después de darse la temperatura más cálida.

Así, en el mes de septiembre se registra la precipitación más alta y en diciembre la más baja.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
P. Mínima	0.6	1.8	0.5	1.2	1.9	0.4	0.2	1.5	11.9	1.4	0.6	0.2	0.2
P. Máxima	46.3	106.4	50.1	145.1	146.3	235.5	177.1	578.9	425.1	363.5	64.7	61	578.9
P. Total	13	19.9	15.4	27.7	34.8	63.3	46	96.2	152.2	85.1	23.2	11.1	587.9

Tabla 3.9. Precipitación Mensual (mm).



Gráfica 3.18. Precipitación Total Mensual (mm).

3.1.9. NUBOSIDAD

En la tabla 3.10 y la gráfica 3.19. podemos ver el comportamiento de la nubosidad durante los meses del año⁸⁵.

Existe dominancia de los días medio nublados durante todo el año, siguiendo los despejados y por último los nublados o cerrados.

La mayor parte del año conserva un buen nivel lumínico.

No. de Días	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Despejados	11.68	10.17	11.1	9.26	7.2	6.93	7.83	9.79	7.2	9.65	11.55	11.89	114.25
Medio Nublados	9.37	7.96	11.03	11.26	13.43	15.13	16.73	14.62	11.55	11.17	9	8.79	140.04
Nublados	9.93	10.1	8.86	9.46	10.36	7.93	6.43	6.58	11.24	10.17	9.44	10.31	110.81

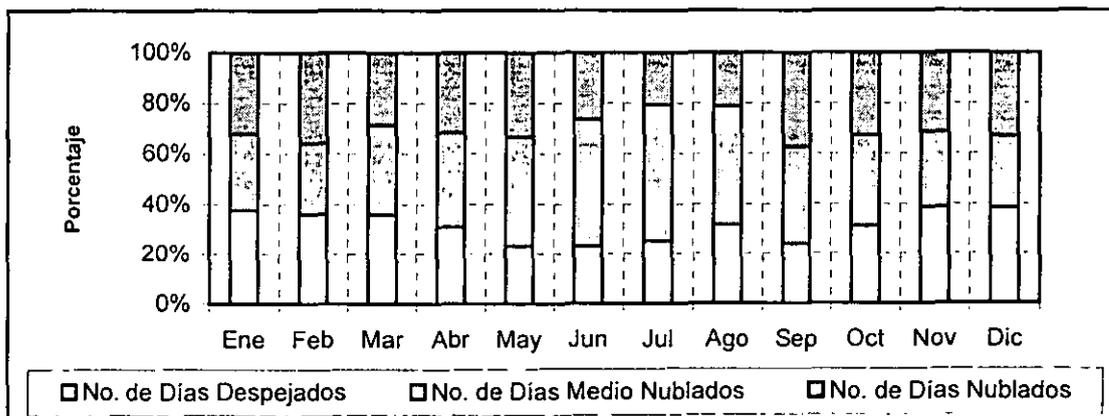


Tabla 3.10. y Gráfica 3.19. Nubosidad (días).

⁸⁴ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

⁸⁵ Fuente: Dirección General de Geografía y Meteorología. Normales Climatológicas. Observatorio Clave 18-0044. Monterrey, Nuevo León. Período General de Datos desde 1941 a 1970.

3.2. ANÁLISIS BIOCLIMÁTICO

Después de conocer las características climáticas de la localidad, el siguiente paso es realizar un análisis bioclimático para saber cómo influyen los componentes del clima en el confort humano para el desarrollo óptimo de sus actividades.

Para ello, primeramente se deben conocer las condiciones de confort de la localidad, principalmente las correspondientes a las de la temperatura de bulbo seco⁸⁶ y la humedad relativa.

3.2.1. CONFORT AMBIENTAL

Llevando a cabo los estudios realizados para estimar las zonas de confort, como la ecuación de Steven Szokolay, se tienen los siguientes resultados:

3.2.1.1. Rango de Confort Mensual de la Temperatura de Bulbo Seco (°C)

Empleando la ecuación de Szokolay⁸⁷:

$$T_n = (17.6 + 0.31 T_e) \pm 2.5 \text{ °C}$$

Donde T_e es la temperatura media mensual.

Se tienen los siguientes datos en la tabla 3.11 y en la gráfica 3.20. En esta gráfica se puede ver que la temperatura media mensual de abril a octubre, está dentro del rango de confort, mientras los meses restantes, están por debajo.

Dentro de las temperaturas mínimas mensuales, todas se encuentran por debajo del confort. Para las máximas mensuales, la mayor parte de los meses está por arriba del rango.

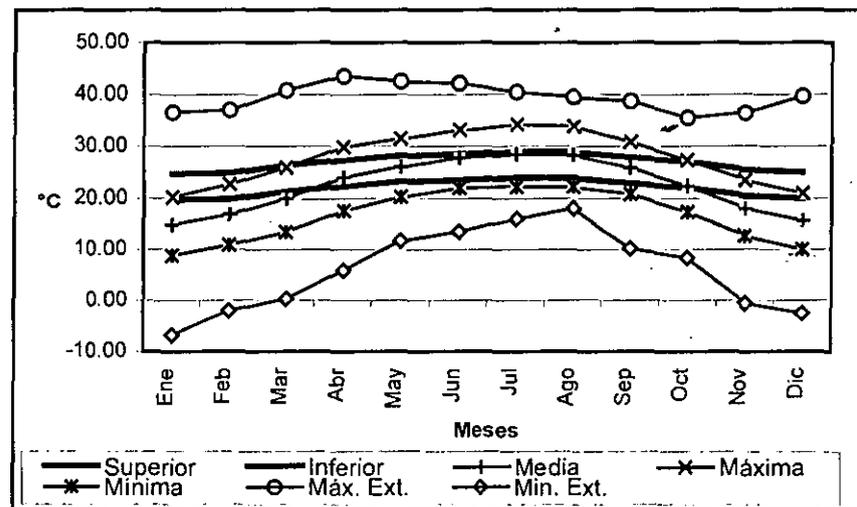
El comportamiento extremo del clima se puede ver en la relación de las temperaturas de los meses más fríos con las de los más cálidos, ya sean máximas, medias o mínimas, la oscilación es mayor a los 10°C.

Ya particularizando en cada mes se puede ver que en algún momento, las temperaturas se encuentran dentro del rango de confort, pero la mayor parte está fuera de éste, ya sea por arriba o por abajo.

Por lo que de acuerdo con estas condiciones extremas de temperatura, se requiere calentar de noviembre a marzo, tomando en consideración que en noviembre y marzo ya se tienen temperaturas en confort. De abril a octubre, se requiere enfriar, tomando en cuenta que de junio a agosto, se presentan temperaturas mayores con una diferencia de 5°C con respecto a la zona de confort.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
R. Superior	24.72	24.83	26.30	27.30	28.16	28.41	28.90	28.84	27.84	27.01	25.53	24.97
R. Inferior	19.72	19.83	21.30	22.30	23.16	23.41	23.90	23.84	22.84	22.01	20.53	19.97
Máxima	20.2	22.7	25.9	29.8	31.4	33.1	34.2	33.8	30.8	27.3	23.5	20.9
Media	14.9	16.9	20.0	24.0	26.0	27.7	28.4	28.2	25.8	22.3	18.1	15.7
Mínima	8.8	10.9	13.4	17.6	20.2	21.9	22.2	22.2	20.8	17.3	12.7	10.0

Tabla 3.11. Rango de Temperaturas en Confort (°C).



Gráfica 3.20. Rango de Confort Térmico mensual (°C).

⁸⁶ Ver datos: 2.3.2. Temperatura ambiente promedio mensual (°C)
⁸⁷ SZOKOLAY, STEVEN VAJK. *Energía Solar y Edificación*. Barcelona, Blume, 1978.

3.2.1.2. Datos Horarios Anuales de Temperatura (°C)

En esta tabla 3.12. de Datos Horarios de Temperatura de todo el año, se pueden ver muy marcadas las horas que están en confort, las que requieren calentamiento y las que se necesitan enfriarse. De primera vista, se puede apreciar lo extremo del clima al tener pocas horas del día en confort.

En los meses de abril a septiembre, se presentan temperaturas por debajo, dentro y por arriba de la zona de confort, lo que los hace los

meses con mayor dificultad de control del clima. Aquí, se requiere enfriar por lo menos la mitad del día, de las 11:00 a las 20:00 horas, necesitando un ligero calentamiento de las 4:00 a las 7:00 horas.

Ya en los meses de enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre, el registro de la mayor parte de estas temperaturas medias se encuentran por debajo del área de confort, por lo que se requiere calentar, principalmente en las horas de la noche.

Como se muestra en la siguiente tabla 3.12.:

Meses	Horas del Día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Febrero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Marzo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Abril	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mayo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Junio	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Julio	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Noviembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diciembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 3.12. Identificación de horas que se encuentran dentro del rango de confort de Temperatura⁸⁸.

⁸⁸ Ver datos: 3.1.2. Temperatura ambiente promedio mensual (°C). Datos horarios anuales de temperatura (°C)

3.2.1.3. Datos Horarios Anuales de Humedad (%)

En los meses de junio, julio, agosto y septiembre (temporada de lluvias), la humedad relativa sobrepasa ligeramente el grado de confort de las 4:00 a las 7:00 horas, pero se recupera el resto del día.

En los demás meses la humedad relativa baja discretamente en enero, mayo, octubre y diciembre; y un poco más acentuado en febrero, marzo, abril y noviembre.

En general, la mayor parte de los días en todo el año está en confort higrométrico.

Posiblemente se requiera humidificar en los meses de febrero, marzo y abril unas horas en el día.

En la siguiente tabla 3.13. se puede ver el comportamiento de la humedad a lo largo del día:

Meses	Horas del Día																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero																								
Febrero																								
Marzo																								
Abril																								
Mayo																								
Junio																								
Julio																								
Agosto																								
Septiembre						++																		
Octubre						++																		
Noviembre																								
Diciembre																								



++ Humedad por arriba del Confort
 Humedad en Confort
 -- Humedad por debajo del Confort

Tabla 3.13. Identificación de horas que se encuentran dentro del rango de confort de Humedad⁸⁹.

⁸⁹ Ver datos: 2.3.4. Humedad relativa mensual (%). Datos horarios anuales de humedad (%)

3.2.2. CARTAS BIOCLIMÁTICAS

Conociendo los parámetros de confort y las condiciones climatológicas, se emplearán dos métodos bioclimáticos para este análisis: Diagrama Bioclimático de Olgay y Diagrama Psicrométrico de Givoni.

3.2.2.1. Diagrama Bioclimático de Olgay

Observando un diagrama para el mes más frío y el más cálido, empleando los datos horarios⁹⁰ de Temperatura de Bulbo Seco (°C) y de Humedad (%), se observa lo siguiente:

Para el mes de enero (mes más frío):

Se emplea la temperatura de confort obtenida de la ecuación de Szokolay para este mes⁹¹ (gráfica 3.21.), que es de:

$$T_n = 22.22 \text{ °C}$$

El comportamiento de la temperatura y humedad de este mes se desarrolla del punto A al B.

El punto A muestra la temperatura y humedad a las 14:00 horas, las cuales son:

Temperatura: 20.2 °C y Humedad: 20.2 %

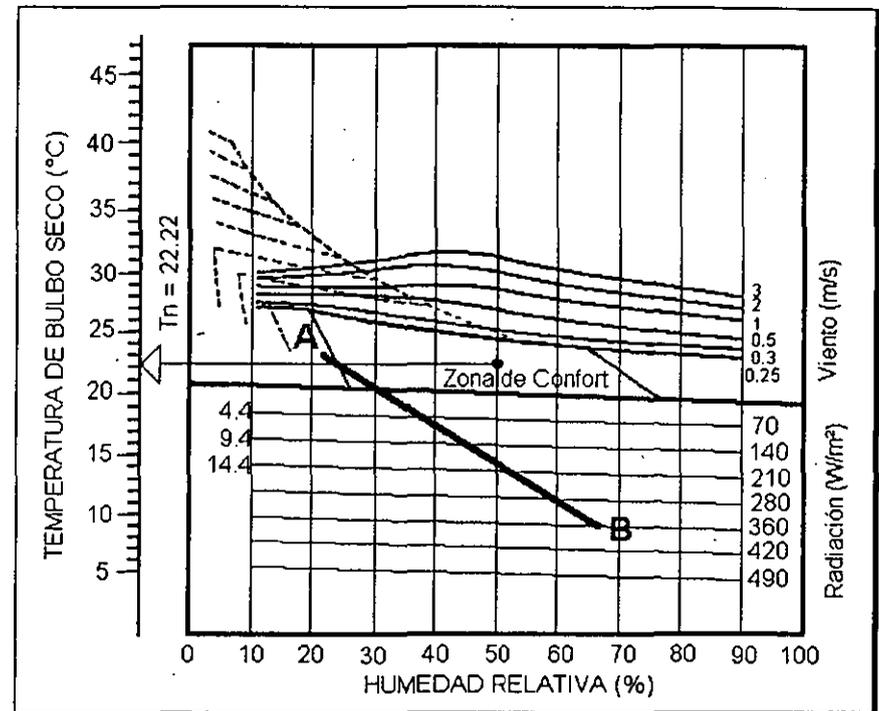
El punto B muestra la temperatura y humedad a las 6:00 horas, las cuales son:

Temperatura: 8.8 °C y Humedad: 66.4 %

En el análisis de este diagrama se puede ver que la mayor parte del día se encuentra fuera del grado de confort.

Aquí, el punto B está más alejado por debajo del rango, pudiendo resolverse la zona de no comodidad con el empleo de radiación.

En este caso se requieren aproximadamente 340 W/m², pero considerando que a las 6:00 horas no se registra radiación⁹² y hasta las 11:00 horas es de 457.91 W/m², se deben emplear otras estrategias para alcanzar la comodidad.



Gráfica 3.21. Diagrama Bioclimático de Olgay para el mes de Enero.

Para el mes de julio (mes más cálido):

Se emplea la temperatura de confort obtenida de la ecuación de Szokolay para este mes⁹³ (gráfica 3.22.), que es de:

$$T_n = 26.4 \text{ °C}$$

De la misma forma, el comportamiento de la temperatura y humedad de este mes se desarrolla del punto A al B.

⁹⁰ Ver datos: 3.1.2. Temperatura Ambiente Promedio Mensual (°C), y 3.1.4. Humedad Relativa (%).

⁹¹ Ver datos: 3.2.1.1. Rango de Confort Mensual de la Temperatura de Bulbo Seco (°C).

⁹² Ver datos: 3.1.5. Radiación Solar Global Media (W/m²)

⁹³ Ver datos: 3.2.1.1. Rango de Confort Mensual de la Temperatura de Bulbo Seco (°C).

El punto A muestra la temperatura y humedad a las 14:00 horas, las cuales son:

Temperatura: 34.2 °C y Humedad: 29.5 %

El punto B muestra la temperatura y humedad a las 6:00 horas, las cuales son:

Temperatura: 22.2 °C y Humedad: 64.4 %

En este diagrama podemos ver que parte del día se encuentra por debajo del rango de confort (en el punto B). Aquí, de acuerdo a los parámetros, se puede emplear la radiación solar para alcanzar la comodidad.

radiación como única forma, pero a las 7:00 horas aumenta a 132.07 W/m², lo que hace pensar que es recomendable esta estrategia.

El punto A se ubica por arriba del rango de confort, y siguiendo el desarrollo del diagrama lo que se requiere en este punto es la presencia de viento con una velocidad de 2 m/s, lo cual se puede cubrir con las características de la zona, ya que la velocidad del viento⁹⁴ media dominante para el mes es de 5 m/s.

Entre el punto A y la zona de confort, se presentan horas que requieren un cierto grado de humedad para poder alcanzar el confort, (esta humedad se puede apoyar en la Temperatura de Bulbo Húmedo), que según el diagrama se necesita de 1 a 3 gr de agua / kg aire,

Encontrándose también, parte del día dentro de la zona de confort la cual no necesita corrección alguna.

3.2.2.2. Diagrama Psicrométrico de Givoni

Al igual que en el diagrama bioclimático, en éste también se establece una zona de confort, y al verter los datos de humedad y temperatura, es posible determinar una serie de estrategias que se deben considerar para lograr que la edificación mantenga condiciones interiores de comodidad. Del mismo modo, se tienen dos diagramas, uno para el mes más frío y otro para el más cálido.

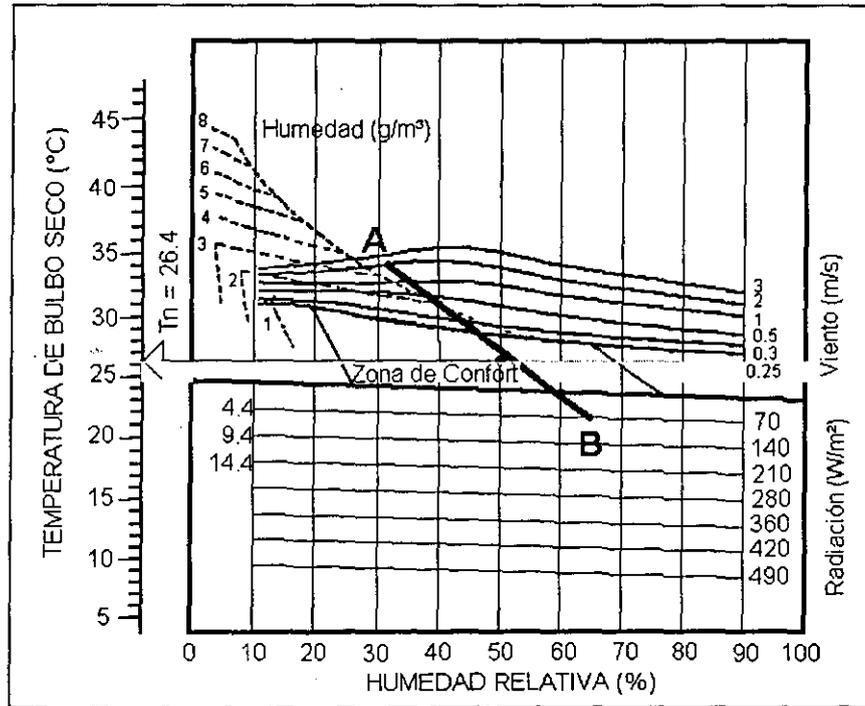
Para el mes de enero (mes más frío):

Se emplea el rango de confort obtenido de la ecuación de Szokolay para este mes⁹⁵ (gráfica 3.23.), que es de:

Rango de 19.72 °C a 24.72 °C

El comportamiento de la temperatura y humedad de este mes se desarrolla del punto A al B.

El punto A muestra la temperatura y humedad⁹⁶ a las 6:00 horas, y en el punto B muestra la temperatura y humedad a las 14:00 horas.



Gráfica 3.22. Diagrama Bioclimático de Olgay para el mes de Julio.

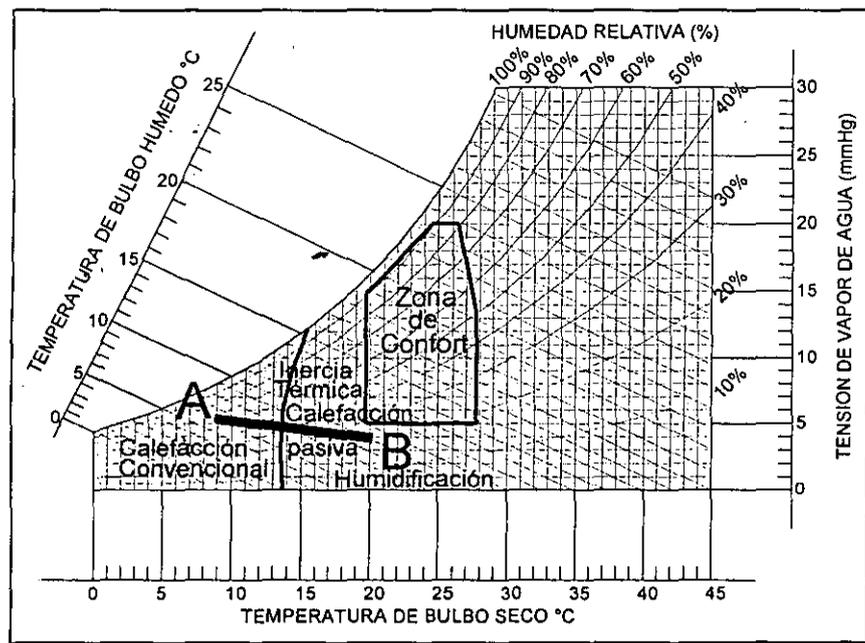
En este punto, a las 6:00 horas se requiere aproximadamente de 70 W/m² y se registran sólo 6 W/m², lo que sugiere no emplear la

⁹⁴ Ver datos: 3.1.7. Vientos.

⁹⁵ Ver datos: 3.2.1.1. Rango de Confort Mensual de la Temperatura de Bulbo Seco (°C).

⁹⁶ Valores señalados en las gráficas anteriores.

En el análisis de este diagrama se puede ver que no se está en confort en todo el día, señalando que en el extremo A se puede lograr el confort por medio de calefacción convencional, y en el B por medio de calefacción pasiva o también convencional, además de un pequeño grado de humidificación.



Gráfica 3.23. Diagrama Psicrométrico de Givoni graficado en el mes de enero.

Para el mes de julio (mes más cálido):

Se emplea el rango de confort obtenido de la ecuación de Szokolay para este mes⁹⁷ (gráfica 3.24.), que es de:

Rango de 23.9 °C a 28.9 °C

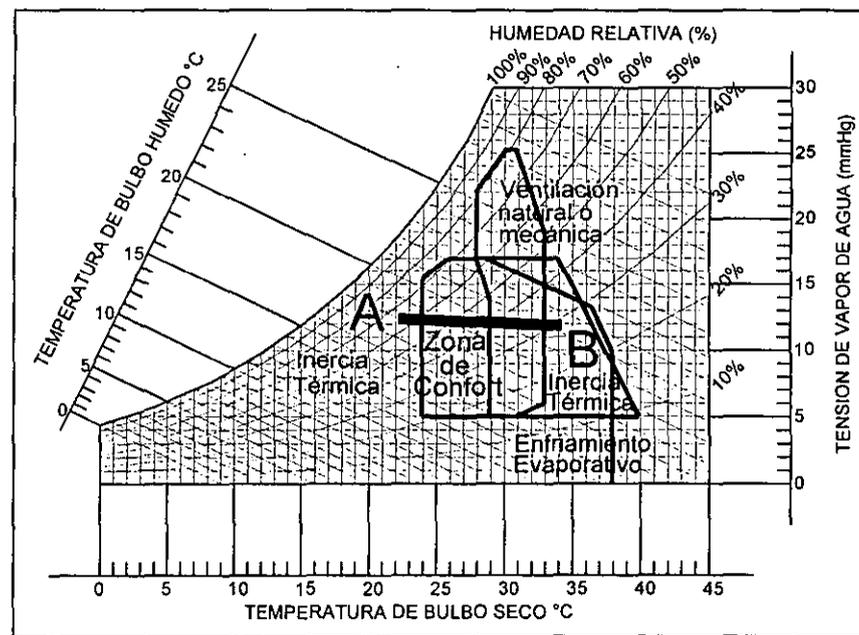
El comportamiento de la temperatura y humedad de este mes se desarrolla del punto A al B.

El punto A muestra la temperatura y humedad⁹⁸ a las 6:00 horas, y en el punto B muestra la temperatura y humedad a las 14:00 horas.

Aquí se puede ver que al inicio del día, en el punto A, se está fuera de la zona de confort, en la cual se puede establecer el manejo de Inercia Térmica como estrategia a seguir.

Del límite de la zona de confort al punto B, en un gran número de horas se establece la ventilación natural, o bien, mecánica.

Y al llegar específicamente al punto B, lo que se recomienda es el manejo de Inercia Térmica.



Gráfica 3.24. Diagrama Psicrométrico de Givoni graficado en el mes de junio.

⁹⁷ Ver datos: 3.2.1.1. Rango de Confort Mensual de la Temperatura de Bulbo Seco (°C).

⁹⁸ Valores señalados en las gráficas anteriores.

3.3. REFLEXIONES

El clima que caracteriza esta localidad es cálido-seco, con verano caliente e invierno frío. En verano la temperatura no varía mucho del día a la noche, se mantienen temperaturas altas la mayor parte del día. En invierno, en algunas ocasiones la temperatura durante el día puede rebasar los 40°C, mientras que en la noche puede estar por debajo de los 0°C, lo que define al invierno como más extremoso en relación con el verano.

La humedad se mantiene en confort la mayor parte del año, únicamente descende en un promedio de 10% en los meses de invierno-primavera.

La radiación es alta principalmente en el verano y más baja en invierno. Las fachadas orientadas hacia el sur deben protegerse en verano y favorecerlas en invierno.

La dominancia de los vientos es dirección **Este** y se presenta mayor frecuencia y velocidad en los meses de verano. Terminando la época del verano se incrementa la precipitación pluvial, presentándose la más alta en el mes de septiembre. La mayor parte del año presenta días despejados y medio nublados, lo que permite que la entrada de la radiación solar sea directa, acentuándose en la época de verano.

En general la mayor parte del año se encuentra fuera de las condiciones de confort. De acuerdo a los diagramas bioclimáticos se requiere básicamente en invierno calentar casi todo el día empleando la radiación solar. En verano se necesita enfriar principalmente al medio día, empleando ventilación natural y con la inercia térmica de la edificación, y en algunas condiciones extremas con sistemas de acondicionamiento electromecánico.

Posiblemente la falta de áreas verdes incrementa la temperatura en la urbe, lo que provoca que las condiciones de comodidad sean menores sobretodo en verano, por lo mismo se deben desarrollar más áreas verdes, por lo menos cubrir un 30% de la ciudad, al igual que la extensa zona conurbada.

En el siguiente capítulo se dan propuestas para el uso racional de la energía, donde intervienen las características climatológicas para poder llegar a la solución más adecuada.

Capítulo IV

Estrategias de Climatización Natural para el Uso Eficiente de la Energía

Conociendo las características arquitectónicas, poblacionales, económicas, energéticas y climáticas de este caso de estudio, el siguiente paso es dar alternativas que puedan contribuir con el uso eficiente de la energía, especialmente con estrategias de climatización natural.

ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN NATURAL

Para esta región se requiere enfriar en verano y calentar en invierno, por lo que se deben considerar estrategias de diseño que puedan satisfacer los requerimientos de confort durante todo el año.

Para ello se pueden seguir algunas recomendaciones de estrategias de diseño de climatización natural como:

- Criterios para ubicación del emplazamiento de la vivienda.
- Formas de la edificación.
- Efectos del viento.
- Dispositivos de control solar.
- Materiales.
- Iluminación.
- Vegetación interior.
- Sistemas de climatización complementaria.

4.1. CRITERIOS PARA UBICACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA

En esta localidad la protección que se necesita para las altas temperaturas tiene mayor importancia que las necesidades en los períodos fríos.

La ubicación de los emplazamientos de las viviendas debe ser de preferencia en la parte baja de las laderas⁹⁹, como se muestra en la figura 4.1., y puesto que la ciudad se encuentra inmersa en la Sierra Madre Oriental, se deben beneficiar las poblaciones de las corrientes de aire fresco en la temporada más cálida del año, considerando que se deben adoptar medidas necesarias para impedir que dicho flujo afecte en la época fría.

⁹⁹ GIVONI, BARUSH. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1981. Capítulo 8. *Urban Design Effects on the Urban Climate. Location of a Town within a Region*. P. 276.

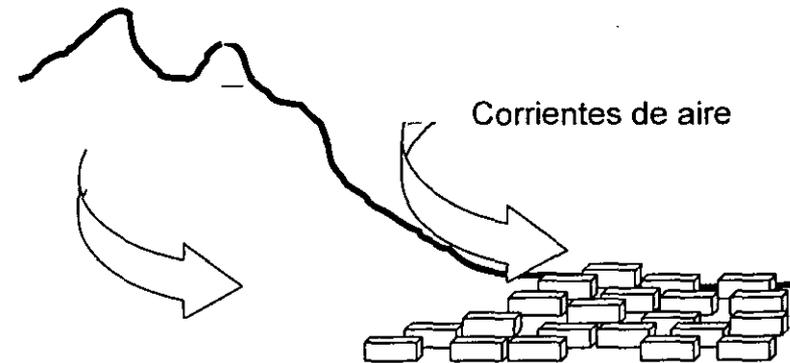


Figura 4.1. Ubicación de emplazamientos de viviendas.

Se considera la casa-patio como la tipología más adecuada, por favorecer el almacenamiento del aire obtenido de las corrientes de aire fresco, en las inmediaciones y en su enfriamiento nocturno.

El amplio margen de temperaturas diarias, hacen que la exposición hacia la dominancia de estas corrientes de viento, proporcione un equilibrio adecuado del calor a lo largo del día.

En cuanto a la orientación sol - aire óptima para la localidad, es la sureste¹⁰⁰ (figura 4.2.), de acuerdo al comportamiento de la radiación recibida durante todo el año.

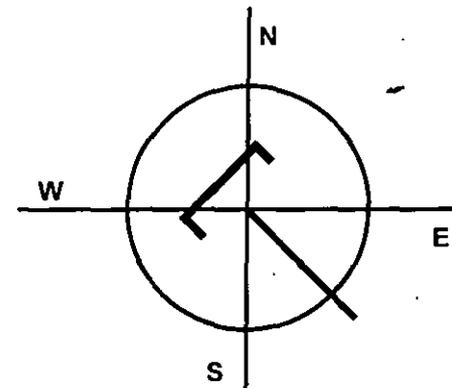


Figura 4.2. Orientación óptima para la ubicación de la vivienda.

¹⁰⁰ OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Interpretación según Principios Arquitectónicos. Orientación Sol-Aire*. P. 53.

4.2. FORMAS DE LA EDIFICACIÓN

Si tomamos en cuenta las condiciones de temperatura y humedad en invierno se podría tener una forma alargada de la edificación para la mayor captación de radiación, pero por el alto rango de temperaturas en el verano se prefiere una edificación de planta cuadrada¹⁰¹, como se muestra en la figura 4.3.

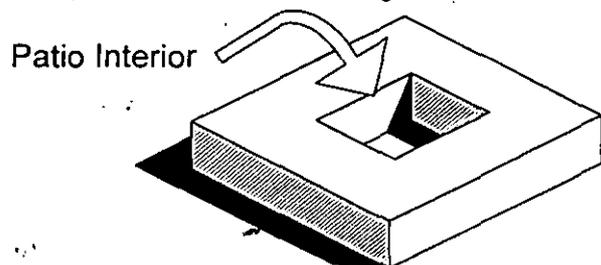


Figura 4.3. Forma óptima de la edificación.

Además de esta forma, el ambiente interior se mejora si se coloca un patio o jardín interior, ya que por la evaporación del frío a través de la vegetación o algún elemento que contenga agua, el aire se refresca, y con el uso de árboles altos, celosías y pérgolas, se optimiza el área por medio del sombreado. Así el esquema de la planta básica se desarrolla en torno al interior.

Las formas macizas de la construcción son las más adecuadas, así como la gran altura en los interiores¹⁰², como en la siguiente figura:

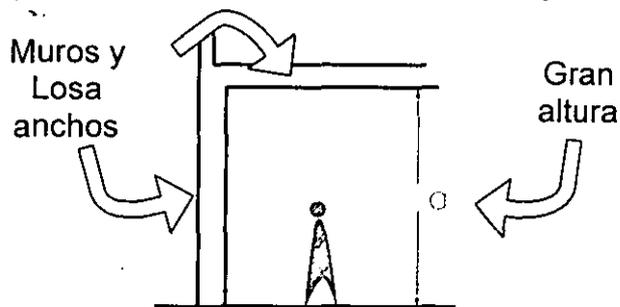


Figura 4.4. Forma óptima en los interiores.

4.3. EFECTOS DEL VIENTO

En esta localidad se requiere aprovechar las corrientes de viento para aminorar los efectos de las altas temperaturas. De acuerdo a los datos obtenidos de frecuencia del viento, la captación óptima es la Este, puesto que en esta orientación se registran los vientos dominantes.

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Anual	%	5.7	13.7	26.3	15.4	4.8	1.1	1.6	3.5

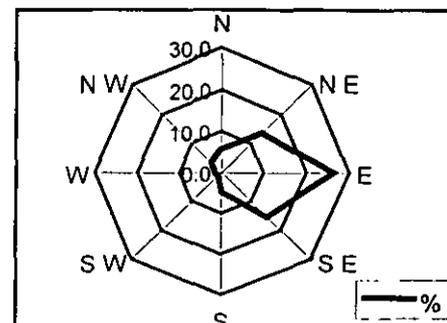


Tabla 4.1. y Gráfica 4.1. Frecuencia de los vientos (%).

Es necesario saber la velocidad con que llega el viento en cada fachada, para manejarlo de la mejor manera de acuerdo a las siguientes correlaciones entre magnitudes físicas y efectos sensibles¹⁰³:

Velocidad m/s	Efectos
Hasta 0.25	No se percibe
De 0.25 a 0.5	Comienza apenas a sentirse
De 0.5 a 1.0	Movimiento de aire muy suave
1.65	Máxima velocidad agradable sin efectos indeseables en oficina
De 1.65 a 3.30	Puede comenzar a resultar molesto, marca el tope de la velocidad en espacios interiores
De 3.30 a 5.0	Brisa

Tabla 4.2. Correlaciones entre magnitudes físicas y efectos sensibles de la velocidad del viento (m/s).

¹⁰¹ OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Entorno y Formas Edificatorias. Criterio de la forma óptima*. P. 87.

¹⁰² OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Entorno y Formas Edificatorias. Formas edificatorias de gran tamaño*. P. 90.

¹⁰³ Datos obtenidos de la publicación TUDELA, FERNANDO. *Ecodiseño*. México, UAM, Unidad X ochimilco, 1982. Parte I. III. *Las sensaciones del confort o malestar térmico. Medidas de las variaciones bioclimáticas básicas*. P.31.

La velocidad de los vientos para cada fachada es la siguiente:

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Anual	m/s	4.4	4.1	3.9	4.2	3.7	2.0	2.8	4.6

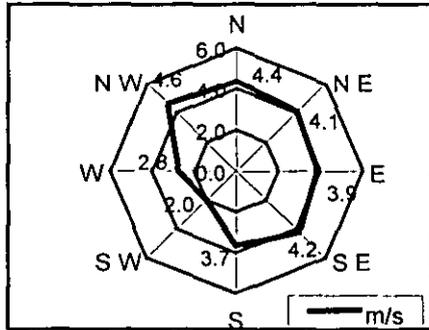


Tabla 4.3. y Gráfica 4.2. Frecuencia de los vientos (%).

La velocidad para las fachadas sur-oeste y oeste es favorable, pero considerando que la medición de las velocidades del viento se hacen a gran altura y sin obstrucciones, en el área urbana y a nivel de piso, la velocidad se ve disminuida y en algunos casos se vuelve imperceptible, por lo que se deben aprovechar las velocidades más grandes e incrementar las más bajas, para aminorar los efectos de las temperaturas más altas. Por ello, las aberturas más apropiadas¹⁰⁴ son:

A. Desarrollo en planta:

Figura 4.5. Cuando existen grandes aberturas del mismo tamaño y situadas en posición opuesta, se produce el máximo flujo de aire:

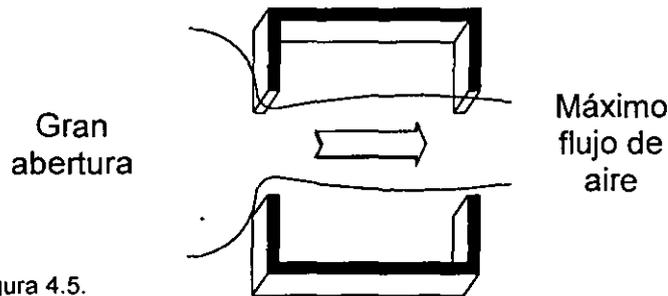


Figura 4.5.

Figura 4.6. Si se quiere aumentar la velocidad del aire se debe colocar una abertura más pequeña del lado de la dirección del viento, en la presión positiva, y otra en el lado opuesto de mayor tamaño:

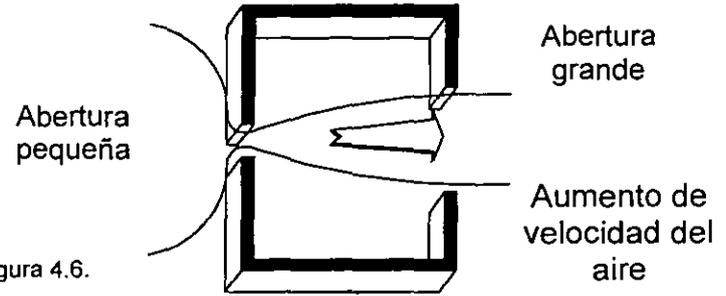


Figura 4.6.

Figura 4.7. El efecto que producen los partesoles en el movimiento del aire es dirigirlo de manera recta hacia la salida como se muestra:

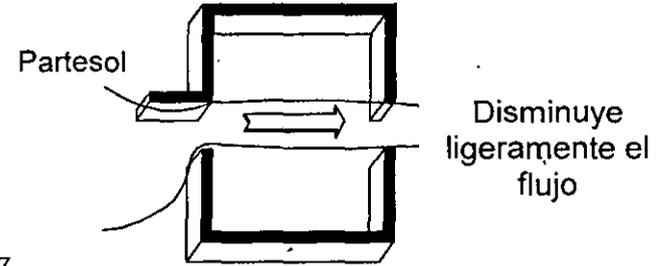


Figura 4.7.

Figura 4.8. En una habitación sin subdivisiones, con una abertura grande en la posición de la dirección del viento, y otra lateral y de menor tamaño, el viento se transporta en una curva hasta que encuentra la salida:

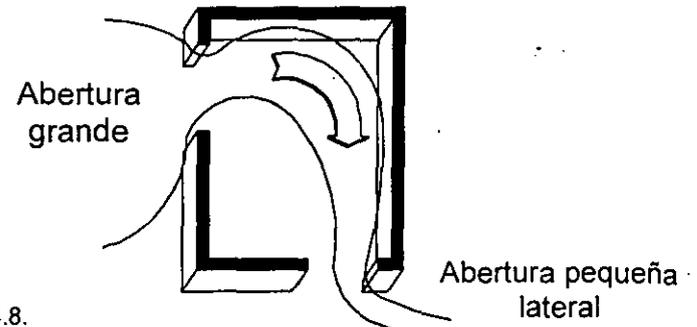


Figura 4.8.

¹⁰⁴ OLGAY, VICTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Efectos del viento y modelos de flujo del aire*. P. 102.

Figura 4.9. Las divisiones paralelas al flujo del viento, separan el recorrido, manteniendo buenas velocidades:

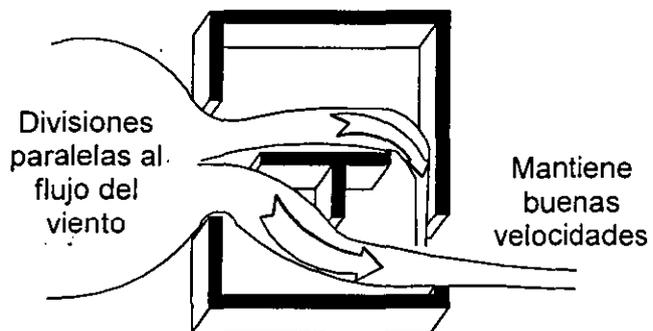


Figura 4.9.

B. Desarrollo en alzado.

Figura 4.10. Con la colocación de una abertura pequeña en la parte baja del muro y diferentes colocaciones de las aberturas opuestas, se puede ver en el número 1, 2 y 3 que el viento hace un recorrido similar entre ellos, con buena velocidad, siendo el más óptimo el número 1 por tener el flujo con recorrido mayor.

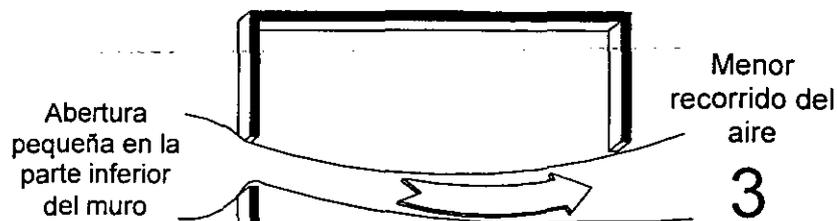
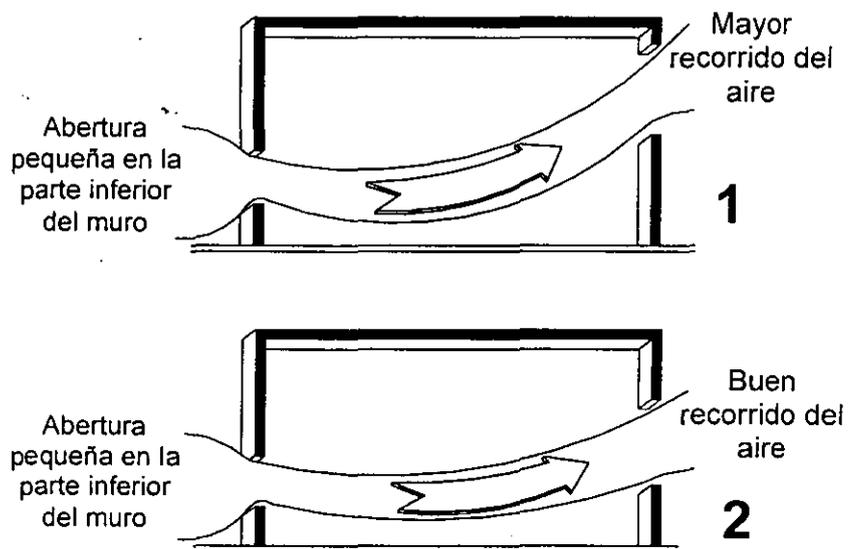


Figura 4.10.

Figura 4.11. En el siguiente esquema, a diferencia de los anteriores, la abertura con la presión positiva está a nivel del suelo, que origina un flujo más efectivo.

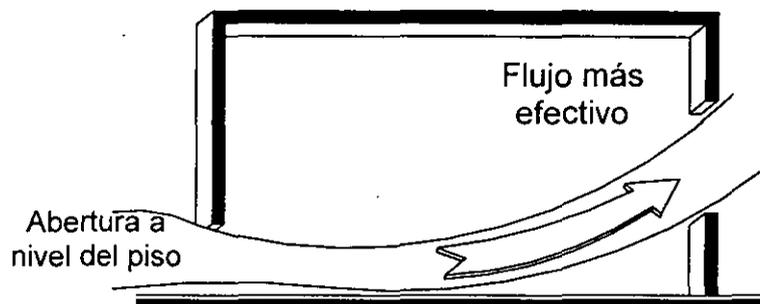


Figura 4.11.

Figura 4.12. Los aleros recuperan corrientes de aire que podrían desviarse, y de esta manera incrementar el efecto del flujo:

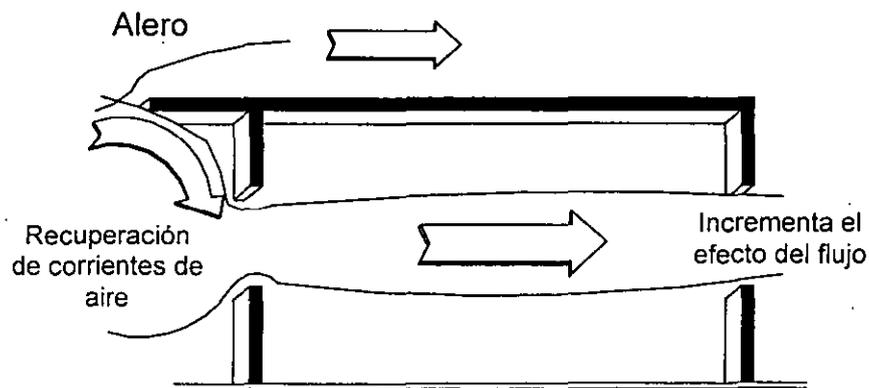


Figura 4.12.

Figura 4.13. La ventana pivote debe estar dirigida hacia abajo para un mejor aprovechamiento del aire:



Figura 4.13.

Figura 4.14. Otro empleo óptimo de la ventana tipo pivote, es cuando no hay la abertura opuesta por donde sale el flujo de aire, este elemento, el pivote, trabaja con las dos presiones, la positiva y la negativa de la siguiente forma:



Figura 4.14.

Figura 4.15. El efecto que se logra con aleros ubicados en el borde superior de la abertura, produce una corriente horizontal lineal:

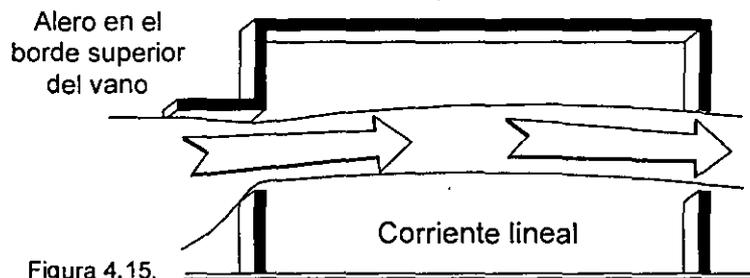


Figura 4.15.

Figura 4.16. La extracción del aire caliente del interior se logra, en el siguiente caso, en el punto más alto del techo, que en algún

momento funciona como torre de viento. Cuando la velocidad del viento es muy baja durante el día, el aire caliente del interior es arrastrado hacia el exterior a través de las aberturas en el techo. Y durante la noche, estas aberturas funcionan como chimenea, ya que el calor acumulado en la estructura del techo en el día, jala el aire caliente hacia el exterior. Cuando se registran velocidades altas de aire se optimiza la circulación del flujo interior.

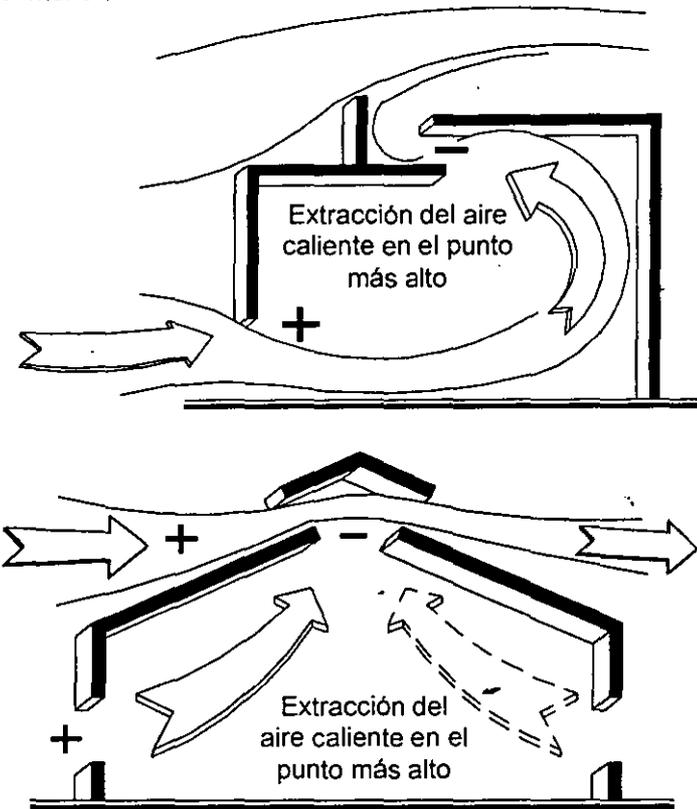


Figura 4.16.

C. Refrescar el aire desde el exterior.

Como se especifica en los diagramas bioclimático y psicrométrico, se requiere del empleo de las corrientes de viento en los meses más cálidos. Se podría pensar que la temperatura del aire pudiera calentar el interior más que refrescarlo, es por ello conveniente pasar la corriente de viento por un área sombreada, jardinada o bien por elementos que contengan agua:

Figura 4.17. Pasar la corriente de aire por un área jardinada para que aumente su humedad, baje su temperatura y entre fresco en la habitación, lo mismo se puede hacer utilizando elementos con agua como fuentes, espejos de agua o albercas. Y obtener un confort higrométrico, ya que cuando las temperaturas son muy altas, el grado de humedad desciende demasiado:

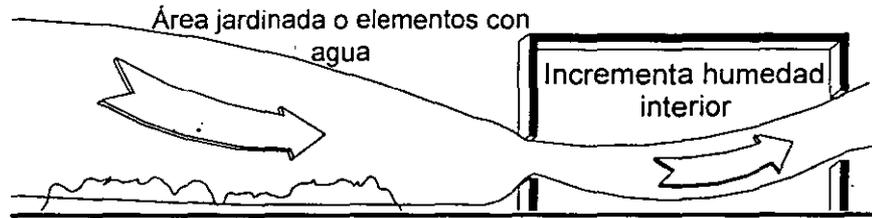


Figura 4.17.

Figura 4.18. Del mismo modo, se puede pasar la corriente de aire por una zona sombreada, considerando que para que disminuya la temperatura se requiere que esta zona tenga una gran dimensión. Esta estrategia reduce el grado de temperatura del aire, pero no aumenta su humedad:

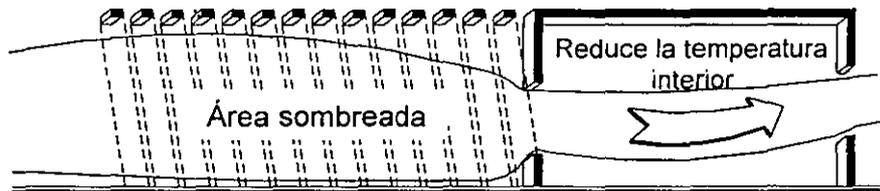


Figura 4.18.

4.4. DISPOSITIVOS DE CONTROL SOLAR

Los dispositivos de protección solar permiten regular los efectos de soleamiento de acuerdo a la época del año, ya que los vanos en las edificaciones no bastan para moderar la entrada de la radiación solar durante el día. Es por ello que se requieren elementos reguladores de soleamiento, como aleros y partesoles.

Siguiendo el Procedimiento para evaluar la eficiencia de los dispositivos de protección solar¹⁰⁵, desarrollado por el Dr. David Morillón,

¹⁰⁵ Morillón Gálvez, David y Mejía Domínguez, David. Recomendaciones y Estrategias Bioclimáticas para el Diseño Arquitectónico y Urbano en la Paz, B.C. S.: Metodología Protección Solar. Memorias ANES 1999, Morelia Mich. P. 109-112.

se obtendrán resultados¹⁰⁶ que mostrarán una guía de la dimensión de los dispositivos de protección de acuerdo a la orientación de los vanos.

4.4.1. ALEROS Y PARTESOLES

Si lo que se requiere es calentamiento, habrá de permitirse el paso de la radiación solar. Sin embargo, si resulta necesario el enfriamiento, deberá impedirse de paso de la radiación, empleando el sombreado como estrategia.

Así, los ángulos óptimos de protección solar medidos a partir de la horizontal del lugar y línea que une la parte inferior de la ventana con el extremo más sobresaliente del alero, son los siguientes:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<	52°	70°	60°	58°	38°	47°	10°	36°

Tabla 4.4. Ángulos de protección para los aleros.

Al igual que los aleros, si lo que se requiere es calentamiento, habrá de permitirse el paso de la radiación solar. Sin embargo, si resulta necesario el enfriamiento, deberá impedirse del paso de la radiación.

Así, los ángulos óptimos de protección solar, tanto izquierdo como derecho, para cada orientación son:

	N	NE	E	SE
	O-N	N-E	NO-NE	NE-SE
<	30°	8°	0°	25°

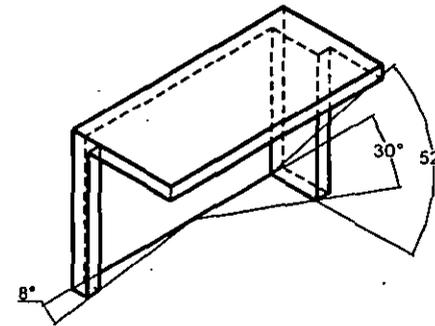
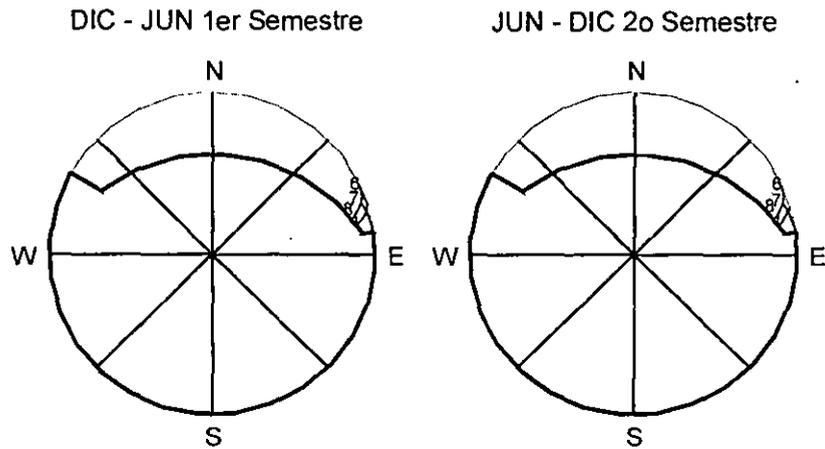
	S	SW	W	NW
	E-S	S-O	SE-SO	SO-NE
<	33°	80°	16°	80°

Tabla 4.5. Ángulos de protección para los partesoles.

A continuación se muestran los resultados gráficos de los dispositivos propuestos:

¹⁰⁶ El desarrollo de este método se muestra en el Anexo I.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Norte



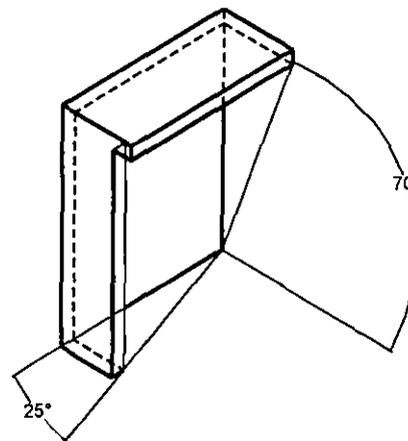
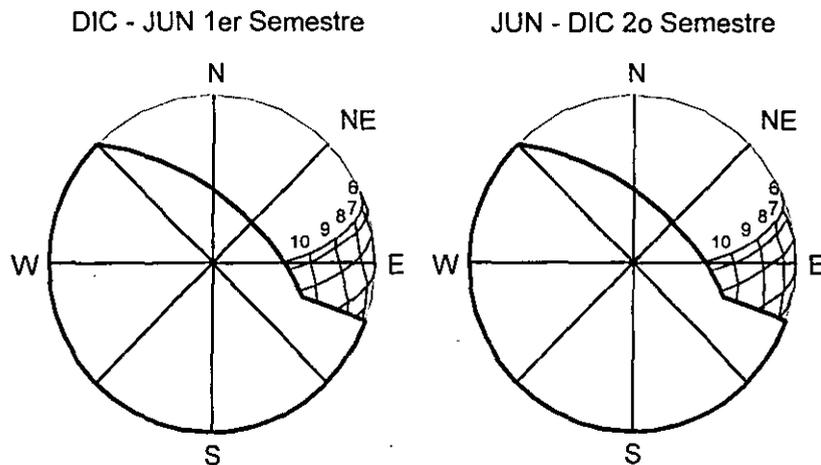
Para esta orientación norte se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 52°
- Partesol NW: 30°
- Partesol NE: 8°

Aquí, se permite la entrada de radiación en las primeras horas de las primeras horas de la mañana, y la obstrucción en casi todo el año.

Figura 4.19. Dispositivo de control solar Norte.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Norte - Este



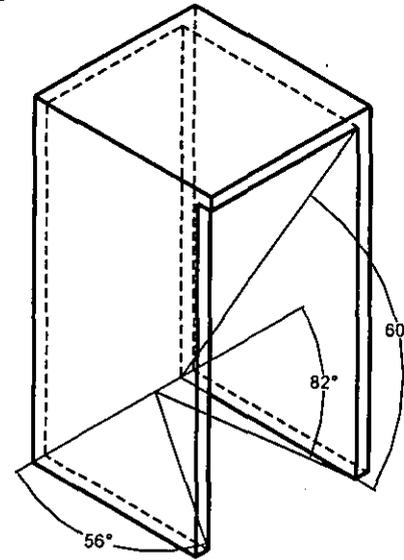
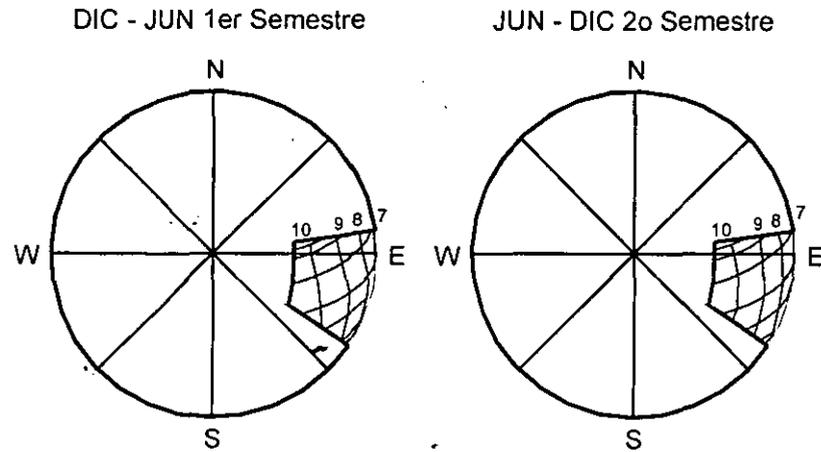
Para esta orientación norte - este se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 70°
- Partesol NO-NE: 0°
- Partesol NE-SE: 25°

Se tiene entrada de radiación solar únicamente en las horas de la mañana en casi todo el año.

Figura 4.20. Dispositivo de control solar Norte-Este.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Este



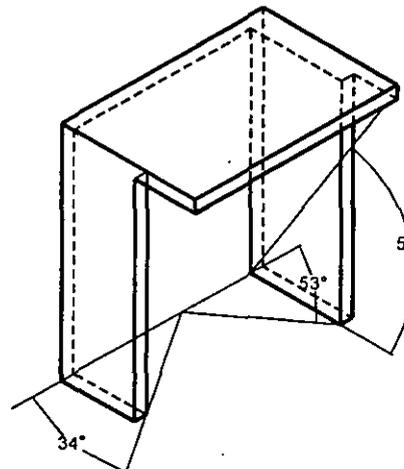
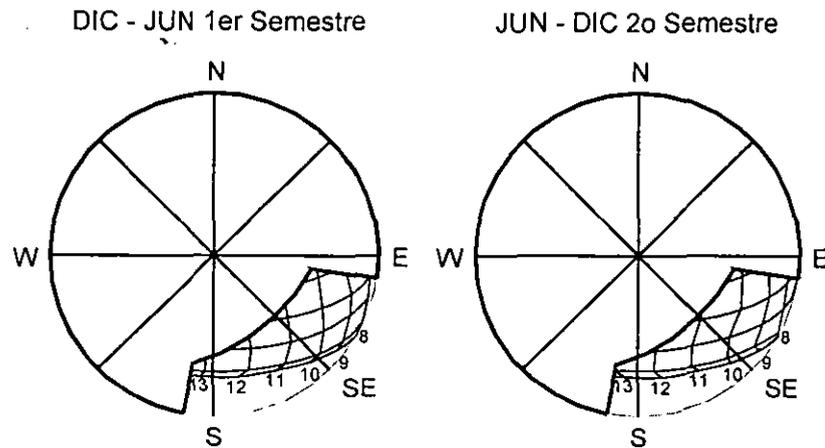
Para esta orientación este se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 60°
- Partesol NE: 82°
- Partesol ES: 56°

Se permite la entrada de radiación solar en las primeras horas de la mañana en algunos meses.

Figura 4.21. Dispositivo de control solar Este.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Sur - Este



Para esta orientación sur - este se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 58°
- Partesol NE-SE: 53°
- Partesol SE-SW: 34°

En esta orientación, hay entrada de radiación solar en las horas de la mañana en los meses de invierno.

Figura 4.22. Dispositivo de control solar Sur-Este.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Sur

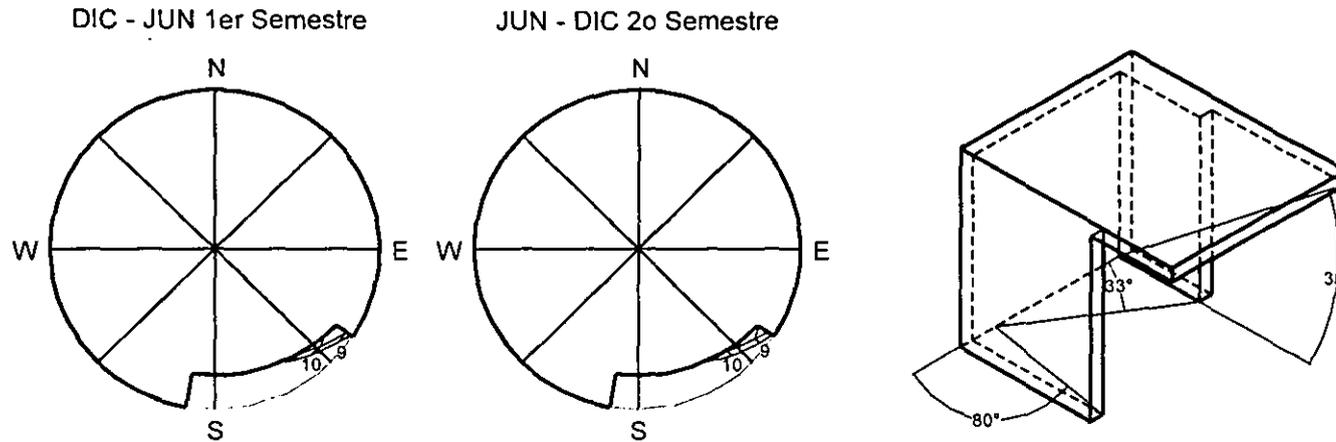


Figura 4.23. Dispositivo de control solar Sur.

Para esta orientación sur se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 38°
- Partesol ES: 33°
- Partesol SW: 80°

Se tiene una pequeña captación de radiación solar en las primeras horas de la mañana en los meses más fríos.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Sur - Oeste

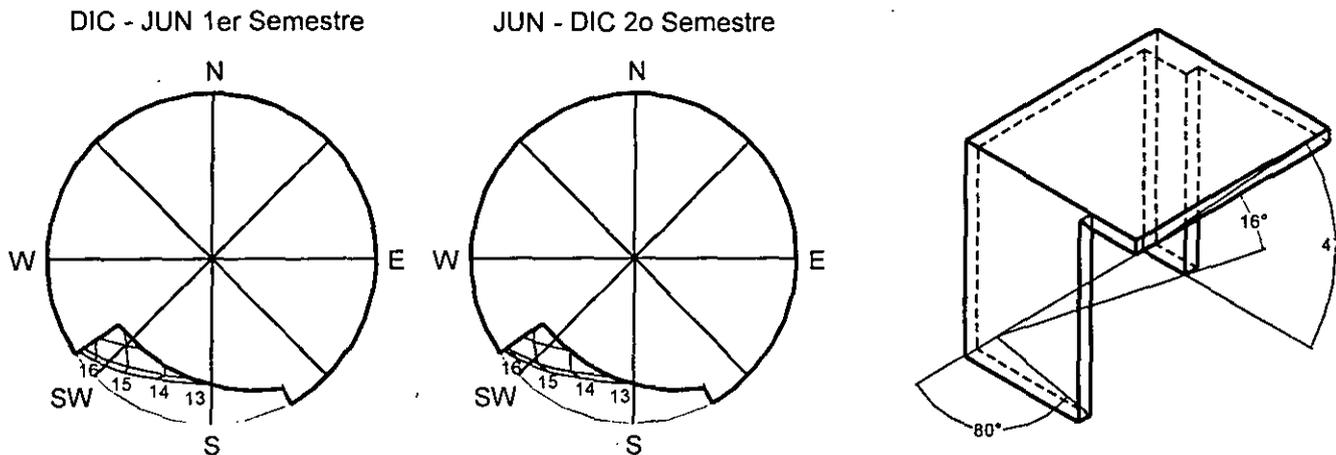


Figura 4.24. Dispositivo de control solar Sur-Oeste.

Para esta orientación sur - oeste se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 47°
- Partesol SE-SW: 16°
- Partesol SW-NW: 80°

En esta orientación, se permite la entrada de radiación solar en algunas horas de la tarde en los meses más fríos.

Dispositivos de Control Solar para la orientación Oeste

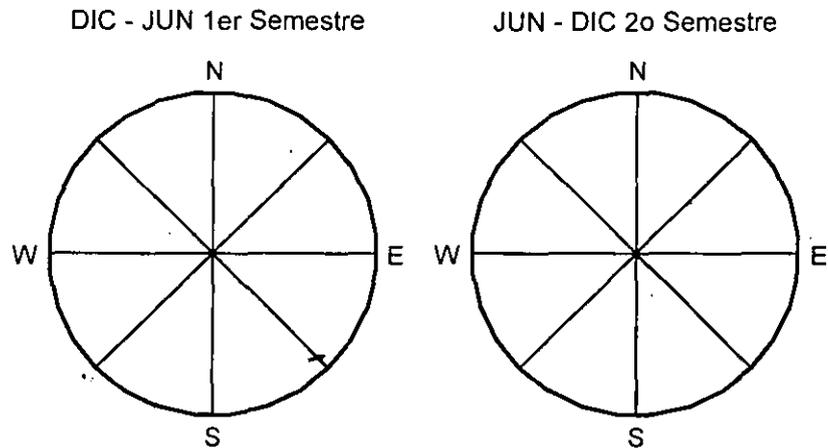


Figura 4.25. Dispositivo de control solar Oeste.

Para esta orientación oeste se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 10°
- Partesol SW: 90°
- Partesol WN: 90°

En esta orientación, no se recomienda la colocación de vanos, ya que los dispositivos de protección que requeriría, serían sumamente extensos, por el hecho de que las horas de las tarde son las más críticas.

NO SE RECOMIENDA

Dispositivos de Control Solar para la orientación Norte - Oeste

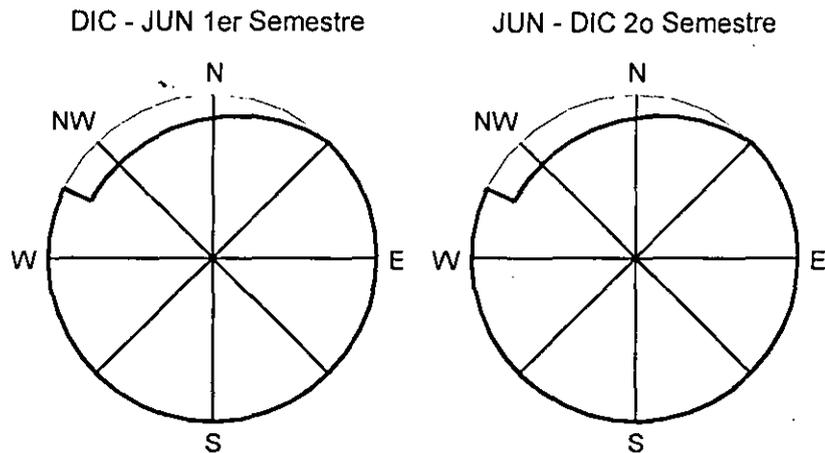
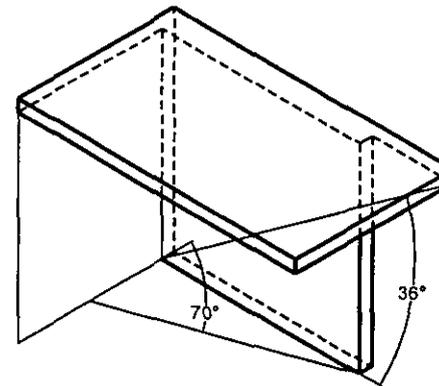


Figura 4.26. Dispositivo de control solar Norte-Oeste.

Para esta orientación norte - oeste se establecen los siguientes parámetros:

- Alero: 36°
- Partesol SW-NW: 70°
- Partesol NW-NE: 0°

En este caso, se tiene una protección que no permite la entrada de radiación solar en ningún mes del año.



4.4.2. RECOMENDACIONES PARA ELEMENTOS DE PROTECCIÓN SOLAR

Conociendo los requerimientos de sombreado se pueden dar opciones para el diseño de los dispositivos de control solar, especialmente en las orientaciones que requieren un alero o partesol con dimensiones muy grandes, tomando en cuenta que una de las funciones de los vanos es permitir la entrada de luz.

Así, para protecciones horizontales se pueden emplear:

Figura 4.27. **Toldos**, dispuestos en diferentes posiciones, según se requiera ya que son retráctiles:

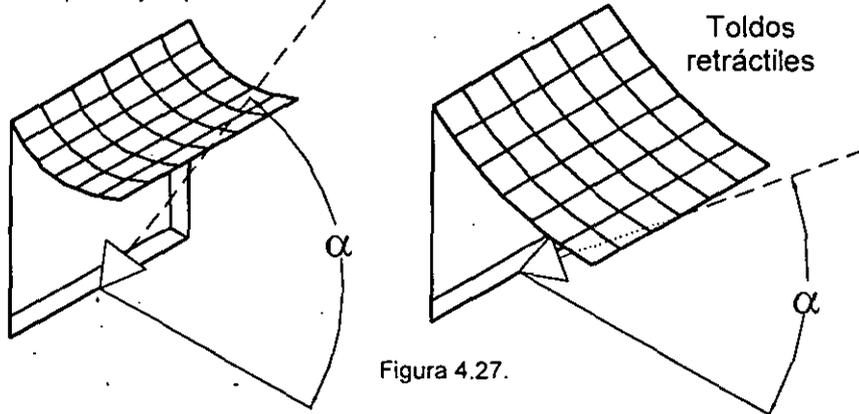


Figura 4.27.

Figura 4.28. **Elementos suspendidos** de los aleros son muy eficaces para protecciones en ángulos de altura solar muy baja:

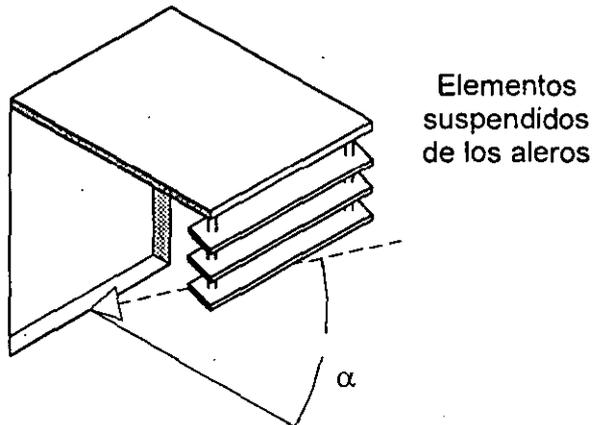


Figura 4.28.

Figura 4.29. **Elementos horizontales fijos**, que impiden el radiación directa, y **móviles** frente al vano, que hacen variar su perfil de sombra en función de su posición:

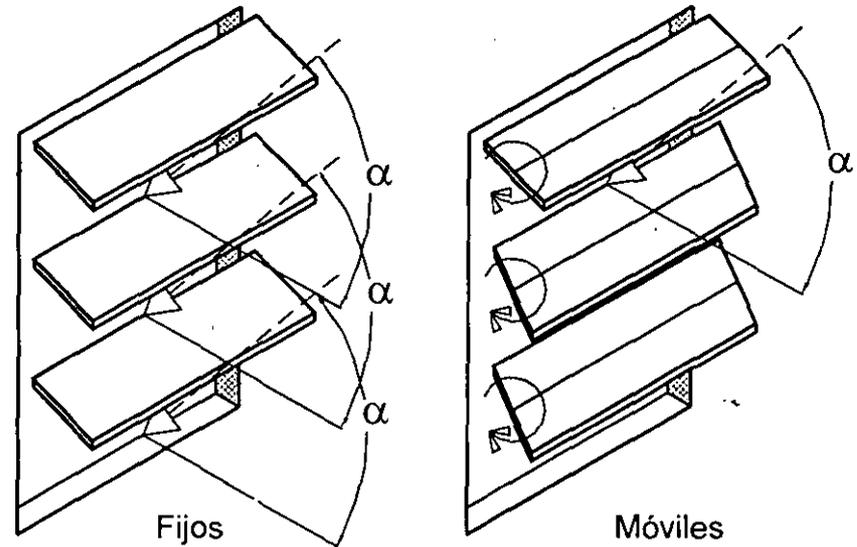


Figura 4.29.

Para protecciones verticales:

Figura 4.30. **Pantallas exteriores**, que protegen todo el vano en las horas que más se necesita, y se retiran cuando no se requiere, ya que son móviles:

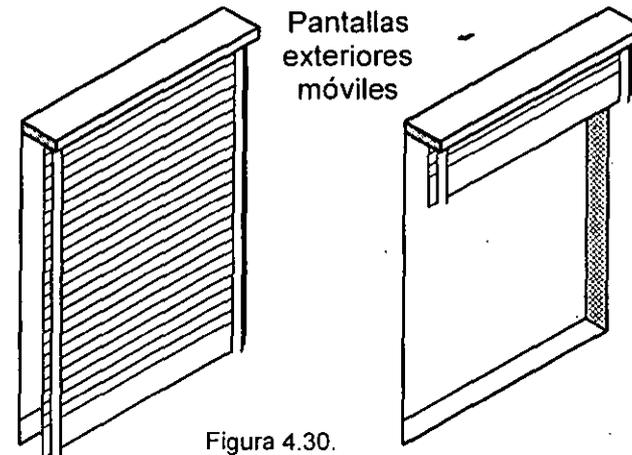


Figura 4.30.

Figura 4.31. Elementos verticales oblicuos a la fachada, evitan la entrada de la radiación asimétricamente, además de ayudar a evitar la transmisión del calor.

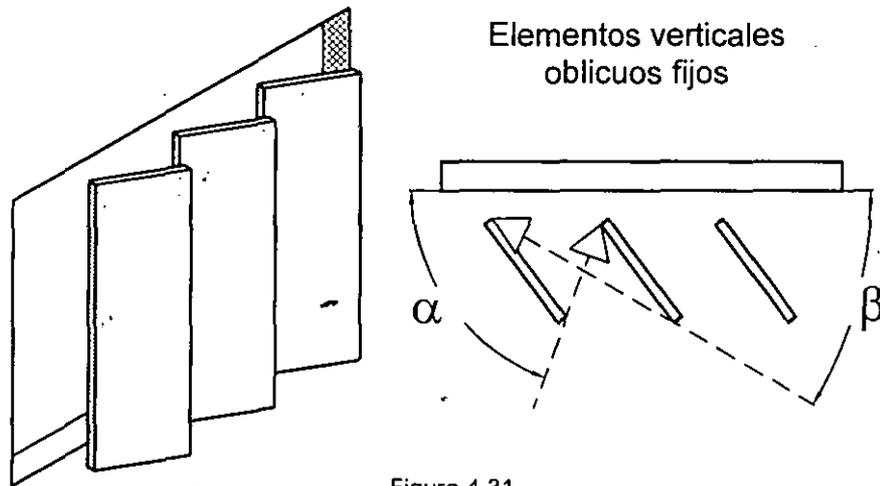


Figura 4.31.

Figura 4.32. Elementos verticales móviles, los cuales se orientan de acuerdo a la posición del Sol:

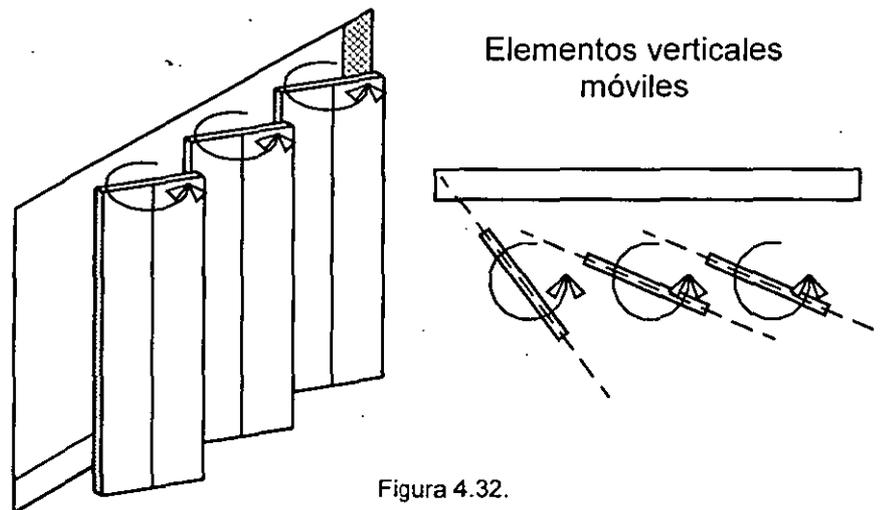


Figura 4.32.

Figura 4.33. Y combinando los elementos verticales y horizontales se tienen:

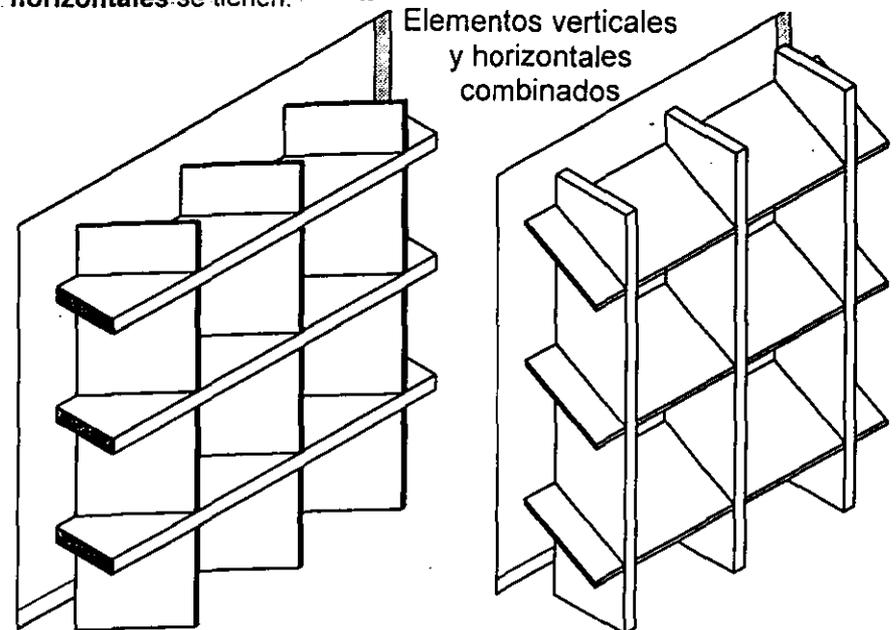


Figura 4.33.

Figura 4.34. El empleo de **vegetación** es también de gran ayuda para la obstrucción de la radiación. Para los requerimientos de enfriamiento en verano y calentamiento en invierno, la vegetación exterior de las fachadas oeste, este y sur, debe ser básicamente de hoja caduca y de gran altura, para que en verano proteja de la radiación solar y en invierno, ya sin hojas, dejen pasar la incidencia del Sol:

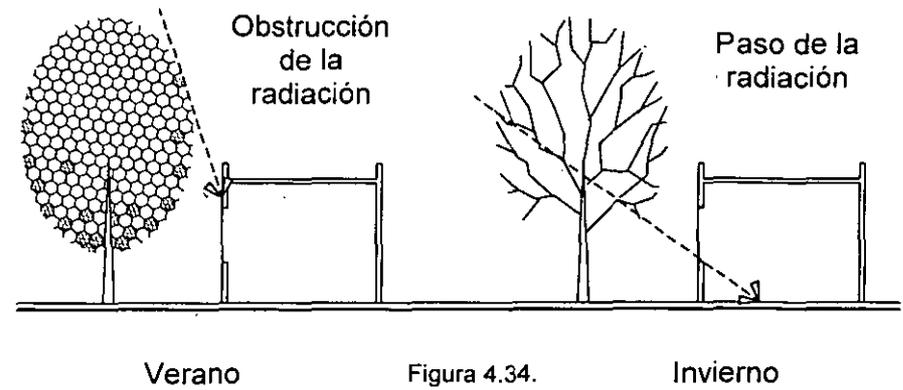


Figura 4.34.

En la fachada norte se pueden emplear los árboles comunes de esta localidad, como el naranjo, el manzano y el mandarino, de hoja perenne, que, como conservan su follaje todo el año, protegen a la fachada en verano y no obstruyen radiación solar en invierno, además de proporcionar los frutos de éstos.

Para proteger áreas jardinadas del sobrecalentamiento se pueden emplear **pérgolas**, las cuales permiten el paso de la radiación, pero no en su totalidad.

Figura 4.35. Ahora bien, para el **interior** de la edificación se pueden emplear elementos móviles que impidan la radiación directa como las **persianas o pantallas**, como se muestra:

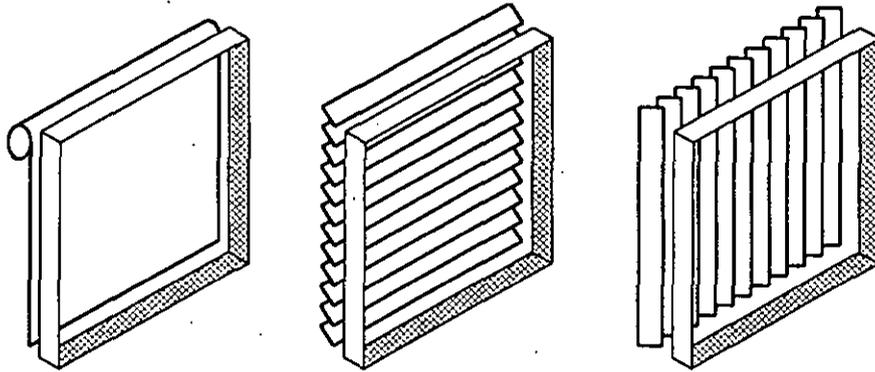


Figura 4.35. Persianas o pantallas.

Existen en el mercado nuevos tipos de persianas más sofisticadas, que consisten en la combinación de diferentes materiales.

Figura 4.36. En la siguiente figura se muestra uno de los tipos de pantalla que está compuesta de tela y tiene una cierta morfología la cual permite el retraso del paso del calor.

La construcción de esta pantalla cuyo espesor se basa en formas hexagonales, pudiendo tener cualquier forma poligonal, es mucho más eficiente, energéticamente hablando, que una pantalla simple, ya que el aire que queda en el interior amortigua la incidencia de la radiación solar.

Si este sistema además se complementa con un acabado de aluminio hacia el exterior, se optimizan sus propiedades. Este acabado

puede permitir o no el paso de la luz, dependiendo de las necesidades propias de cada caso.

Son manejables y estéticas, pudiendo encontrarlas en diferentes colores y texturas. Son distribuidas por varias empresas en México, como el caso de Verosol®¹⁰⁷, pero la desventaja es que no son hechas en el país, por lo que su costo se incrementa.

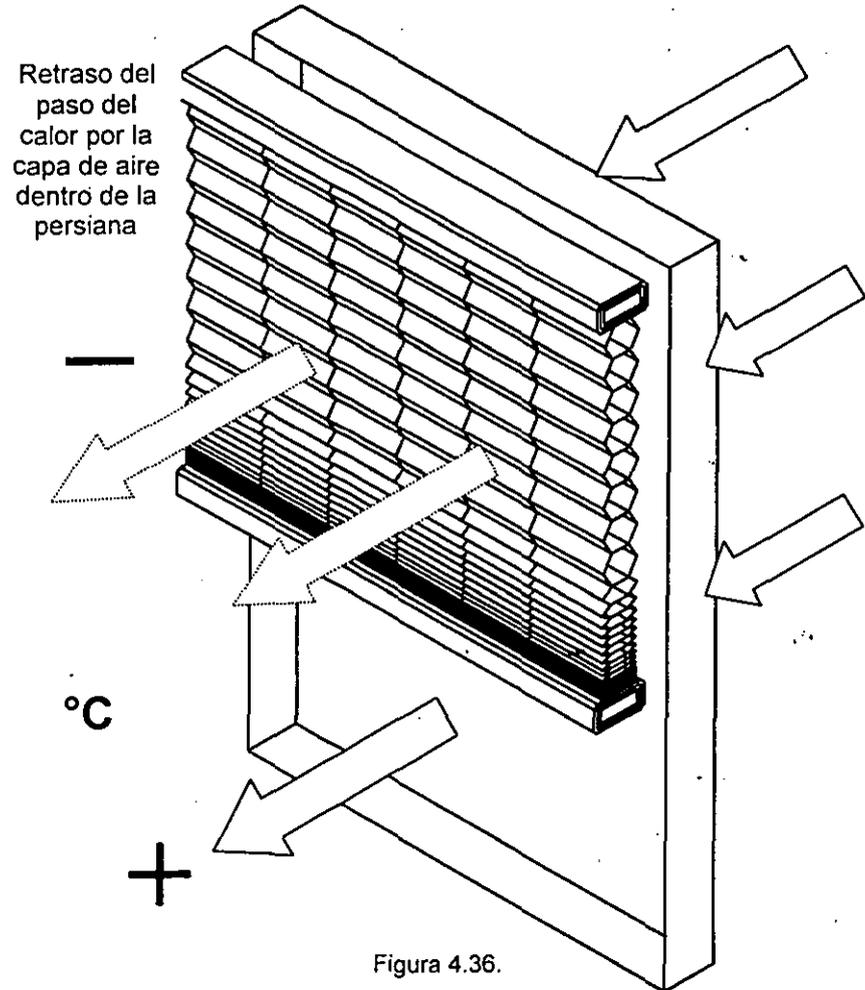
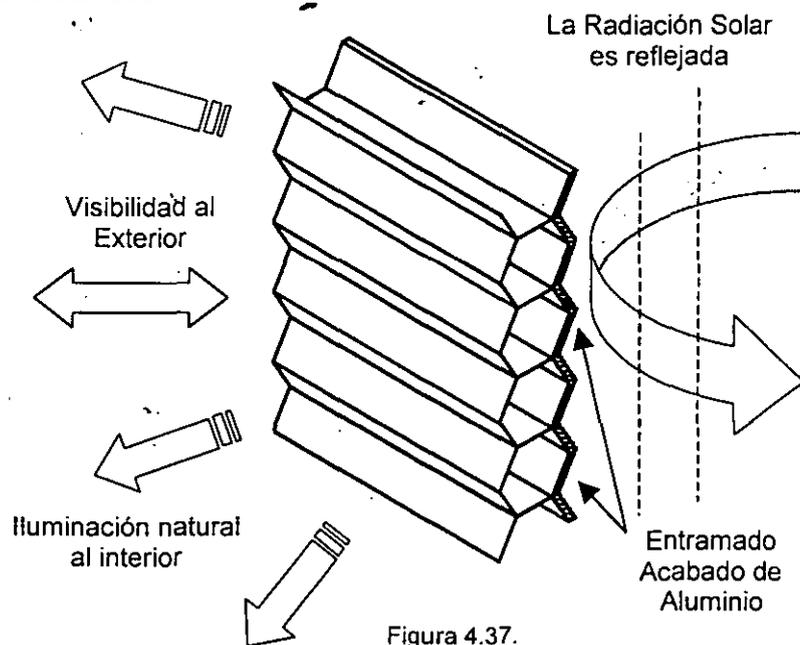


Figura 4.36.

¹⁰⁷ Verosol®. Persianas plisadas de tela metalizada antisolar. Miembro de Royal Group Technologies®.

Figura 4.37. Todos los tipos de persianas y pantallas pueden ser optimizados con el uso de materiales con propiedades térmicas o reflejantes, en su composición. Esto es, la cara que da hacia el exterior puede tener un acabado en aluminio y la que da hacia el interior de tela, lo que hace que gran parte de la radiación solar sea reflejada, como se puede ver en la siguiente figura.

El inconveniente que se tiene de esta alternativa es que por la colocación del aluminio no se permite el paso de luz natural y se pierde la visibilidad hacia el exterior, pero en los últimos meses ya se distribuye en el mercado nacional un tipo de pantalla cuyo acabado exterior, de aluminio, tiene un cierto entramado que permite la visibilidad y la luz natural de adentro hacia fuera mientras es reflejada la radiación solar, y la eficiencia de este tipo de acabado dependerá básicamente del espesor del entramado.



4.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

La equivocada elección de los materiales de construcción en viviendas, pueden representar un alto consumo de energía o condiciones térmicas interiores poco favorables para el bienestar del hombre.

La estructura del edificio y los materiales que la constituyen, influyen de gran manera en los intercambios térmicos con el medio ambiente, así como en la gestión de los flujos de calor de diversas procedencias que circulan en el interior de la edificación.

Para la elección de materiales adecuados se deben considerar factores como el costo inicial, durabilidad, gastos de mantenimiento, transmisión solar, poder de aislamiento, efecto de invernadero, resistencia al deterioro, dilatación térmica, facilidad de limpieza, facilidad de instalación y sustitución, conservación y aspecto exterior.

En los últimos años se han modificado las características de algunos de los materiales de construcción con el objeto de que sean mejores térmica y acústicamente. Estos materiales deben cumplir con requisitos mínimos de resistencia estructural así como proporcionar protección contra los elementos naturales.

Las viviendas antiguas se construían empleando materiales pesados, la mayoría de las veces con propósitos diferentes al de conseguir el equilibrio térmico, sin embargo, éstas reaccionaban óptimamente a los factores del clima. Haciendo una comparación con los materiales de las construcciones actuales, extremadamente ligeros y delgados, es necesario hacer un estudio más profundo, ya que, bajo las condiciones características de la localidad, este tipo de edificación tan liviana no es el más apropiado a las situaciones extremas registradas.

Por ello se debe tener un control de la entrada de calor. Y considerando que la agresión viene de afuera de la edificación, la primera capa de control de calor se encuentra en la superficie exterior¹⁰⁸. Debido a que la temperatura superficial de un material expuesto al asoleo directo será mayor que la del aire que lo rodea, los movimientos de aire a su alrededor reducirán los impactos caloríficos externos.

Las características de absorción y emisión¹⁰⁹ de los materiales constituyen otra estrategia eficaz contra los impactos de los niveles de radiación. Aquellos materiales que reflejan más rápidamente la cantidad absorbida en forma de radiación térmica, producirán temperaturas más bajas dentro de la edificación.

¹⁰⁸ TUDELA, FERNANDO. *Ecodiseño*. México, UAM, Unidad Xochimilco, 1982. Parte II. VII. *Comportamiento térmico de la edificación*. P. 149.

¹⁰⁹ OLGAY, VICTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Efectos térmicos de los Materiales. Penetración del calor a través de la superficie*. P. 113.

4.5.1. REFLEXIÓN DE LOS MATERIALES

La energía de la radiación solar se concentra cerca de la parte visible del espectro, por lo que el criterio de **reflexión** se encuentra en relación con los colores. Los materiales blancos pueden reflejar el 90% o más de la radiación recibida y los negros el 15% o menos.

Así mismo, las características de los materiales desde el punto de vista de la reflexión del calor a través de las longitudes de onda infrarrojas, depende más de la densidad de su superficie y de su composición molecular, que del color.

La siguiente tabla muestra las características de los materiales de algunas superficies, según su capacidad de reflexión y emisión¹¹⁰, tanto de la radiación térmica como de la solar:

Superficie	% Reflexión		% Emisión
	Radiación solar	Radiación térmica	Radiación térmica
Aluminio pulido	85	92	8
Chapa cromada	72	80	20
Pintura blanca	71	11	89
Mármol blanco	54	5	95
Pintura verde claro	50	5	95
Pintura color aluminio	45	45	55
Yeso	43	5	95
Madera de pino	40	5	95
Cemento	29	5	95
Ladrillo de arcilla roja	23-30	6	94
Pintura gris	25	5	95
Negro mate	3	5	95

Tabla 4.6. Porcentaje de Reflexión y Radiación de algunos materiales (%).

Si las superficies expuestas a la radiación solar en cielos despejados, son de color blanco o construidas con materiales de color claro, permanecerán más frescas que las metalizadas. A pesar que el

aluminio posee un mayor nivel de reflexión de la radiación solar, este efecto es contrarrestado por la capacidad emisora de las superficies blancas, las cuales reflejan el calor por radiación térmica.

En esta región donde existen períodos cálidos y fríos, el manejo de la reflexión y la absorción de los materiales, debe alternarse para que sea favorable. Así, dentro de la edificación, es posible resolver esta situación con ayuda de los períodos estacionales.

Figura 4.38. La incidencia de la radiación solar en invierno debe ser captada por superficies con materiales absorbentes y de color oscuro:

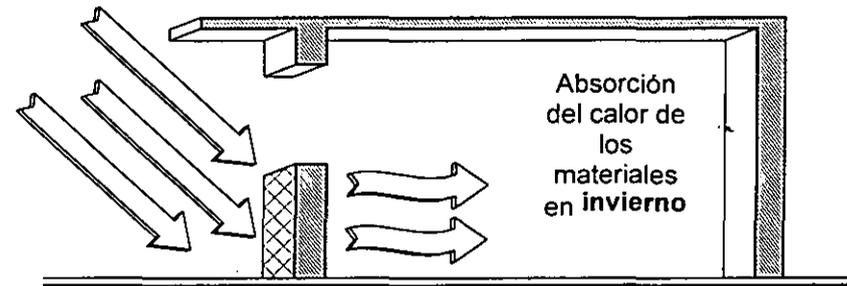


Figura 4.38.

Figura 4.39. En verano, debe ser captada por superficies con alto índice de reflexión, como se muestra en la siguiente figura:

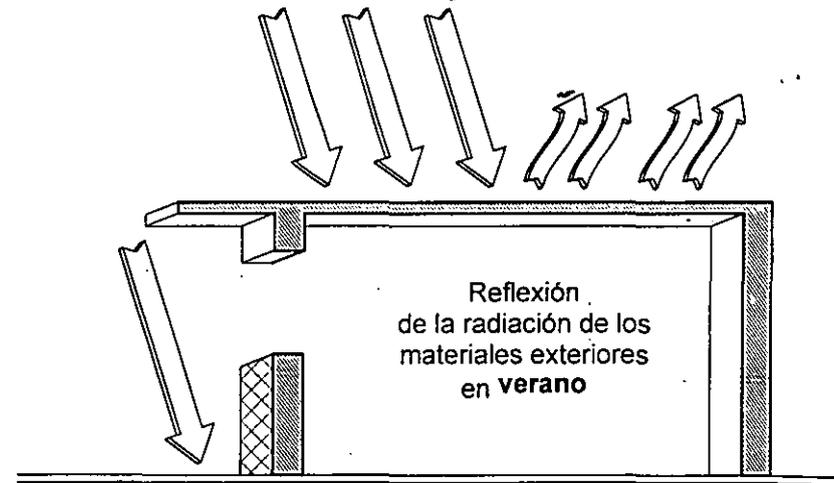


Figura 4.39.

¹¹⁰ COBLENTZ, CAMMERER, DRYSDALE. *Manual de Química y Física*. Departamento de Investigaciones Científicas e Industriales. Inglaterra.

En los acabados interiores se pueden colocar materiales aislantes y aplicar un aplanado. En los exteriores se sigue el procedimiento de construcción cotidiano con ciertas características.

Figura 4.40. En una losa plana horizontal o inclinada, el impermeabilizante debe tener acabado de aluminio o bien, tener un acabado de pintura altamente reflejante.

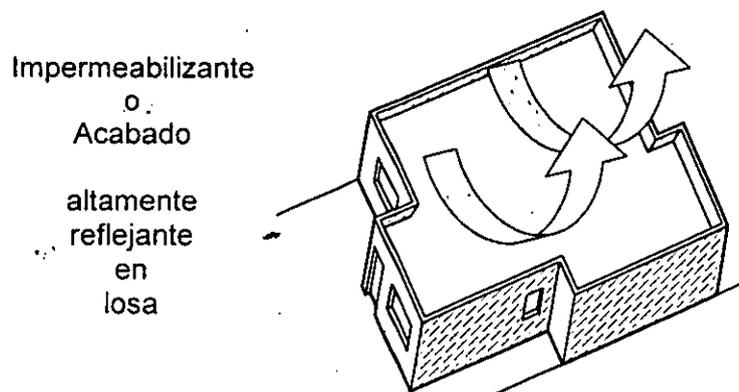


Figura 4.40.

Figura 4.41. En una losa inclinada cuyo acabado final sea de materiales pétreos como la teja, es conveniente poner un material aislante entre la teja y la losa, para que pueda servir como elemento térmico retardante.

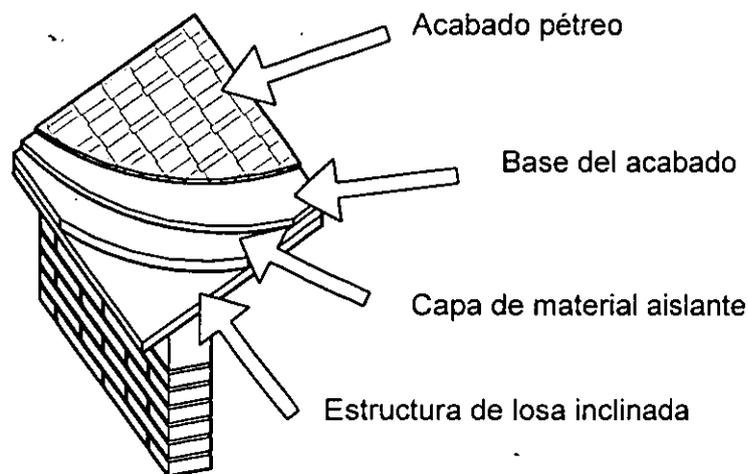


Figura 4.41.

Se han hecho diversos estudios¹¹¹ sobre los acabados exteriores de las losas o techos, en cuanto a los recubrimientos que se deben emplear para reflejar mayor radiación solar. Algunos de estos recubrimientos son los siguientes:

El recubrimiento de techos color blanco, *White Roof Coatings*, contiene materiales poliméricos transparentes como el acrílico y un pigmento blanco que puede ser dióxido de titanio. Otros pigmentos blancos usados, de dióxido de titanio y óxido de zinc, normalmente reflejan de 70 al 80% de la energía solar. Aún con el color blanco hay cierta absorción de rayos solares, pero el pigmento ayuda a proteger al pollmero y al interior de los efectos de los rayos ultravioleta.

El recubrimiento de colores, *Tinted Coatings*, especialmente de colores claros, son fabricados para adherirse a los recubrimientos de color blanco, aunque si se usa únicamente blanco, el costo es menor. En este recubrimiento, los colores relativamente oscuros como el rojo, el verde y el azul, tienen por lo menos una reflexión del 20%.

Los recubrimientos de aluminio, *Aluminum Roof Coatings*, generalmente usan un tipo de resina de asfalto, conteniendo trozos de hojas de aluminio en su composición. La superficie superior es una capa continua de aluminio, la cual protege al material de asfalto de los rayos ultravioleta. Esta capa de aluminio aumenta la reflectancia de los rayos solares, para lograr un valor de reflexión aproximado del 50%.

Las cubiertas de metal, *Metal Roofing*, empleadas como techo, son normalmente de lámina galvanizada y de aluminio. Éstas tienen una reflectancia solar del 60% y una baja emitancia. Estas cubiertas metálicas tienen un mejor rendimiento si se les aplica otro recubrimiento de pigmentos poliméricos, similares a la pintura.

Ahora bien, no sólo los acabados de la estructura pueden tener propiedades reflejantes, también los cristales de las ventanas un terminado especial que permita reflejar la radiación solar.

Existen en el mercado nacional cristales reflejantes, como el Reflectasol®¹¹², cuyas características y propiedades están orientadas al

¹¹¹ Cool Roofing Materials Database. Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division

¹¹² Reflectasol®. Cristal Flotado para control Ambiental. Fabricado y distribuido por Vidrio Plano © Monterrey, N. L. México.

ahorro en consumos de energía para la refrigeración de los edificios. Estos cristales son fabricados y distribuidos en México por empresas líderes a nivel internacional como es el caso de Vidrio Plano ©, perteneciente a Grupo Vitro ©.

La función de estos cristales es controlar la ganancia excesiva de calor reflejando la energía solar incidente y absorbiendo calor en su masa. Esta reducción en el paso del calor se convierte en considerables ahorros monetarios al disminuir, desde el momento de proyectarse, la capacidad y el costo del equipo de aire acondicionado, así como los gastos de consumo de energía y mantenimiento periódico. Dentro de este tipo de cristal, se manejan niveles de eficiencia, los cuales están en relación con la cantidad de energía calorífica y lumínica que rechazan.

Figura 4.42. Su principal característica es que permite la entrada de luz en un rango que va desde 9% hasta 31%, y el calor es rechazado hacia el exterior desde 62% hasta 82%. Es importante mencionar que al filtrar la luz que pasa a través del cristal, se eliminan hasta un 95% los rayos ultravioleta considerados dañinos para la salud y para los colores y texturas interiores. Estos cristales son templados, lo que los hace vidrios de seguridad.

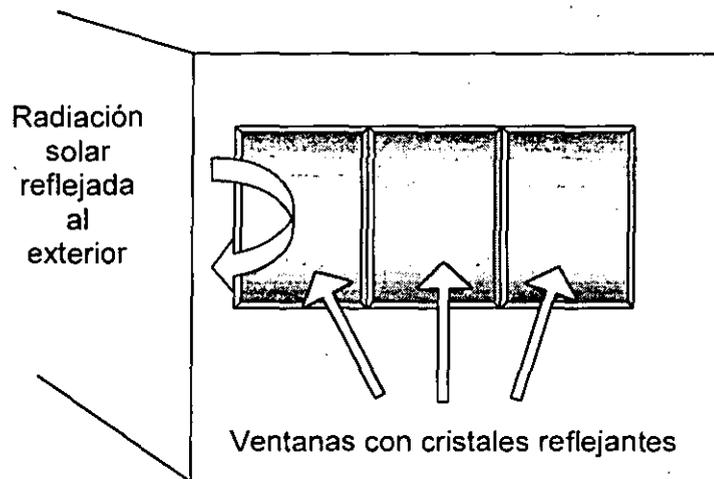


Figura 4.42.

4.5.2. TRANSMISIÓN DE LOS MATERIALES

Para el control térmico de los materiales se debe conocer su comportamiento desde el punto de vista de la transmisión. La variación

de la temperatura en el día origina una oscilación en el interior de la estructura, resultando dos efectos.

El primer efecto depende el valor aislante del material, caracterizado como factor "U", que es el coeficiente de transmisión total de calor, expresado en $W/m^2 \cdot ^\circ C$. A menor valor de U, mejor efecto aislante y reducción del flujo de calor. En la siguiente tabla se muestra el valor de transmisión¹¹³ de algunos materiales:

Materiales	Espesor cm	Transmisión $W / m^2 \cdot ^\circ C$
Muros		
Tabique sólido	12	3.64
Tabique enyesado por ambas caras	12	3.24
Tabique sólido	24	2.67
Tabique enyesado por ambas caras	24	2.44
Tabique con cámara de aire de 5 cm, aplanado el exterior y enyesado el interior	21	1.7
Tabique con capa aislante de corcho de 2.5 cm y yeso en el interior	16.5	0.85
Tabique con capa aislante de fibra de 1.3 cm y yeso en el interior	15.3	1.19
Tabique con capa aislante de lana de vidrio de 5 cm y yeso en el interior	19	0.85
Tabique con placa de tablaroca de 1.3 cm	15.3	0.74
Tabique con bloques de concreto ligero celular de 10 cm en el interior	22	1.13
Concreto ordinario	10	3.58
Concreto ordinario	15	3.18
Block de concreto hueco, aplanado exterior y enyesado interior	15	1.7
Block de concreto hueco, aplanado exterior y enyesado interior	20	1.19
Piedra porosa	30	2.84
Piedra porosa	45	2.27

¹¹³ RIVAS RAMÍREZ, MANUEL. Modelo de cálculo térmico para el ahorro de energía en la edificación. Tesis. UNAM, Facultad de Arquitectura, Maestría en Arquitectura – Tecnología, 2000.

Materiales	Espesor cm	Transmisión $-W/m^2 \cdot ^\circ C$
Techos		
Teja o pizarra sobre entarimado y fieltro, con falso plafón de yeso	9	1.7
Cubierta de lámina de aluminio con fibra de 1.3. cm y dos capas de fieltro bituminoso	1.5	2.16
Cubierta de lámina de aluminio con fibra de vidrio de 5 cm	5.5	1.25
Concreto armado de 10 cm y 3 capas de fieltro bituminoso	11	3.35
Concreto armado de 10 cm y 3 capas de fieltro bituminoso y corcho de 2.5 cm	13.5	1.08
Concreto armado de 10 cm y 3 capas de fieltro bituminoso y fibra de vidrio de 5 cm	16	1.13
Entarimado de 2.5 cm sobre maderas con 3 capas de fieltro bituminoso y falso plafón de yeso	13.5	1.82
Entarimado de 2.5 cm sobre maderas con 3 capas de fieltro bituminoso y falso plafón de yeso, con placas aislantes de fibra de vidrio de 5 cm sobre el entarimado	18.5	0.91
Entarimado de 2.5 cm sobre maderas con 3 capas de fieltro bituminoso y falso plafón de yeso, con placas aislantes de fibra de 1.3 cm sobre el entarimado	14.8	1.25

Tabla 4.7. Propiedades de transmisión de combinación de materiales de construcción ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

El segundo efecto depende de la capacidad acumulativa calorífica del material, caracterizada por el calor volumétrico específico.

A mayor capacidad acumulativa, menor variación de temperatura propagada a través del material.

Este retardo producido por la transmisión se le denomina como inercia térmica, que proporciona la posibilidad de almacenar las cargas que se producen cuando las temperaturas son más altas y liberarlas cuando son más bajas.

Este efecto reduce simultáneamente el impacto y se conoce como capacidad aislante.

El aire estático es uno de los mejores elementos aislantes, y aquellos materiales que contienen burbujas de aire en su interior, tienen un índice de transmisión de calor más bajo y son generalmente más livianos.

Por el contrario, los materiales con una gran inercia, son generalmente densos y su efecto se asocia directamente con su peso.

4.5.3. RETARDO POR INERCIA

Para los requisitos de retardo por inercia deben considerarse las ganancias de radiación obtenidas en el mes más cálido, julio.

En este caso es evidente la acumulación de carga calorífica concentrada en las primeras horas de la tarde. Para trasladar estos impactos a períodos más fríos, las distintas superficies expuestas requerirán diferentes retardos por inercia. La mayor carga calorífica caerá sobre la superficie horizontal, y después sobre las fachadas.

Figura 4.43. Durante el día, la estructura pesada transmitirá al interior temperaturas inferiores a las cedidas por una estructura ligera.

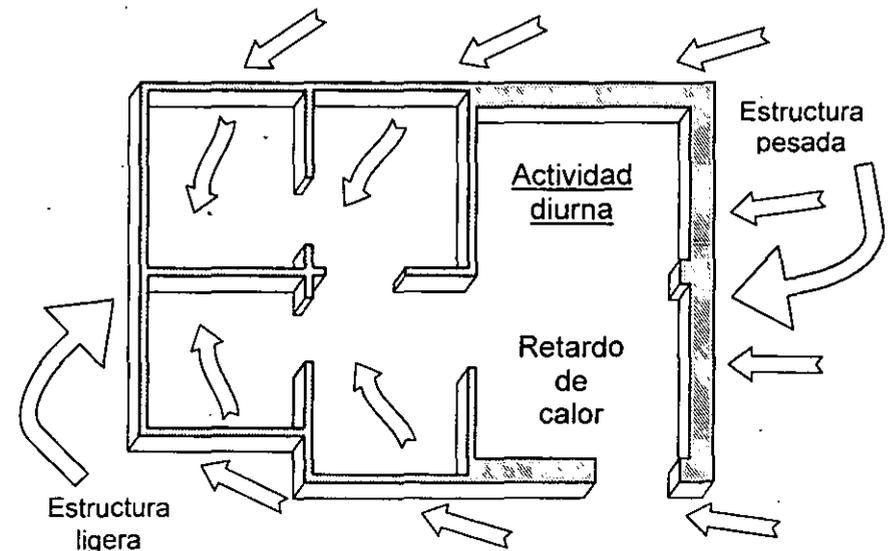


Figura 4.43.

Figura 4.44. Por la noche, la estructura ligera se enfría, pierde el calor obtenido durante el día a causa del bajo índice de retardo térmico de los materiales que la componen, además, la caída de la temperatura exterior permite a la construcción pesada utilizar el frío por ventilación.

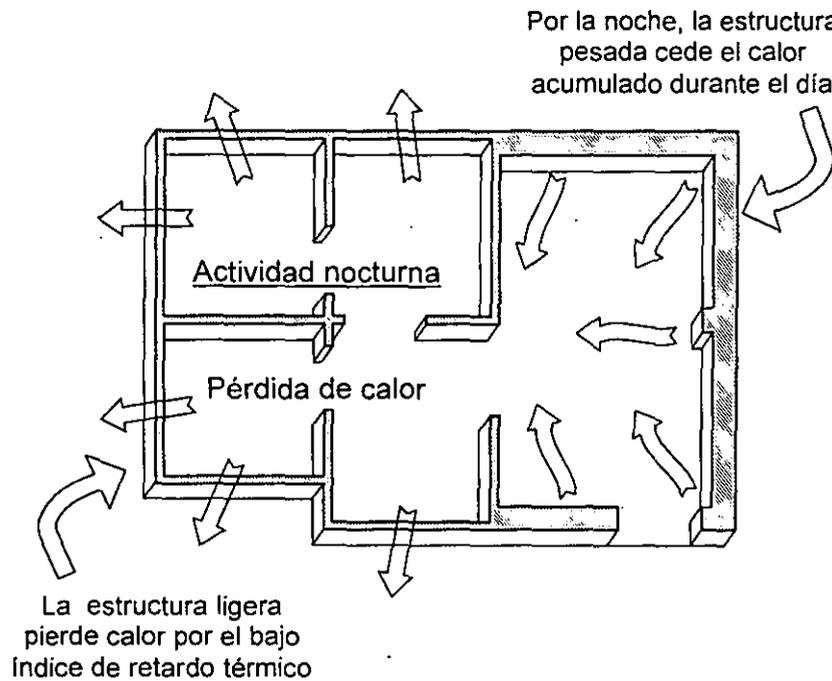


Figura 4.44.

La situación extremosa en esta región semiseca y calurosa implica alternativas más estrictas, por la variación que existe entre los impactos nocturnos y los diurnos.

Por lo que es necesario proteger las zonas de actividad diurna con una construcción maciza, mientras que en los dormitorios el aislamiento será mínimo para una rápida reacción al fresco de la noche.

Es por ello que se deben emplear los materiales combinando estructuras pesadas y estructuras ligeras. Así la situación del interior más equilibrada ocurrirá en una vivienda diseñada en forma tal, que las zonas de actividades que se realizan durante el día, se construyan con materiales pesados, y las de actividades que se realizan en la noche, con materiales ligeros.

En la siguiente tabla¹¹⁴ se puede ver el retraso en horas de algunos materiales:

Material	Espesor (cm)	Retraso (horas)
Concreto sólido	5	1.1
	10	2.5
	15	3.8
	20	5.1
	30	7.8
	40.6	10.2
Tabique	10	2.3
	20	5.5
	30	8.5
	40.6	12.0
Madera	1.25	0.17
	2.5	0.45
	5	1.3
Panel aislante	1.25	0.08
	2.5	0.23
	5	0.77
	10	2.7
	15	5.0

Tabla 4.8. Retraso térmico en horas de acuerdo al espesor de diferentes materiales de construcción.

El bajo nivel de difusión característico de algunos materiales, puede utilizarse eficazmente para amortiguar y desplazar los impactos térmicos ganados en el día.

La magnitud deseada de la capacidad aislante puede relacionarse con el peso total de la construcción en función de la oscilación térmica en el día.

Para las técnicas de climatización natural de aislamiento térmico, el uso de **muros dobles** es muy eficiente.

¹¹⁴ Heating, Ventilating, Air Conditioning Guide, 1951.

Figura 4.45. Este sistema consiste en colocar dos muros separados por una capa de aire. Entre más grande sea la distancia entre los muros, se logrará un mejor resultado; con un mínimo óptimo de 5 cm.

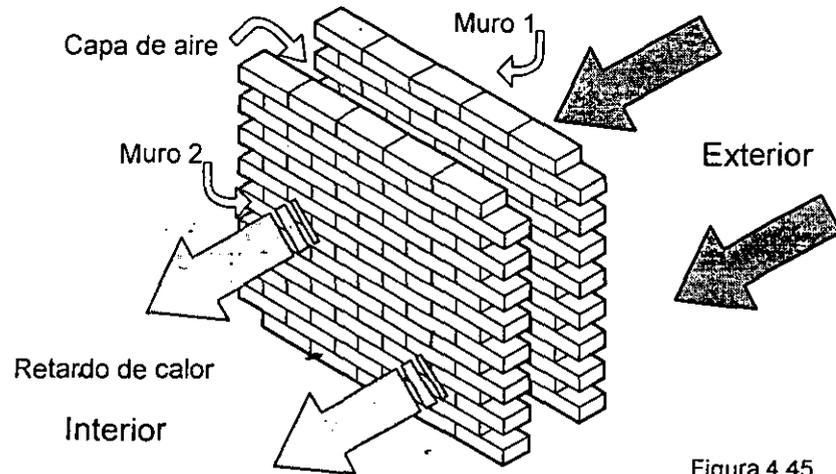


Figura 4.45.

Figura 4.46. Estos muros dobles se deberán colocar en toda la envolvente de la estructura preferentemente, pero si no se desea así por cuestión de economía o cualquier otro aspecto, se deberán colocar en las fachadas que presenten los puntos más críticos de transferencia de calor, como la oriente y la poniente. Estos muros presentan diversas características en cuanto a su diseño, pueden tener una capa de material aislante entre ellos para optimizar su función:

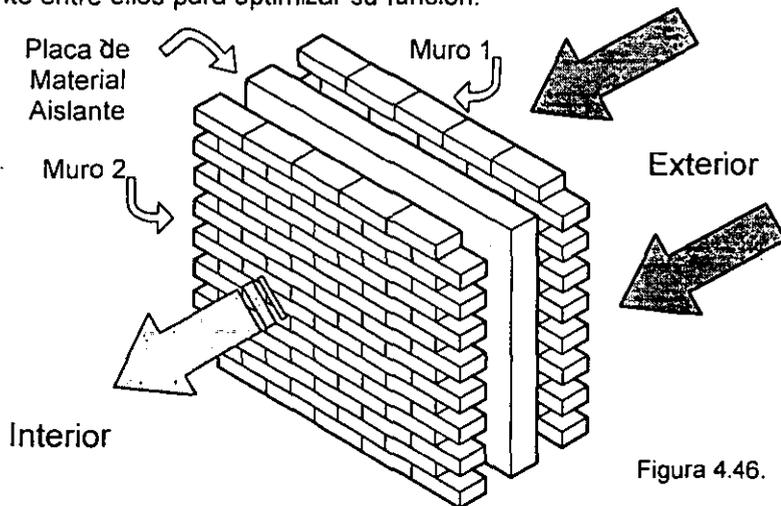


Figura 4.46.

Figura 4.47. Estos muros deben contar con acabados al exterior y al interior de la vivienda. El color de la pared no es tan importante como el color del techo, pero afecta a la ganancia de calor.

Al interior se puede dejar el material aparente o con aplanado. Al exterior, las paredes blancas absorben menos calor que las oscuras. Luz y brillo en las paredes disminuye el incremento de calor, particularmente en las fachadas poniente y oriente de la edificación. Se puede aplicar un aplanado o algún aislante térmico, éste último optimizará más la inercia térmica del muro.

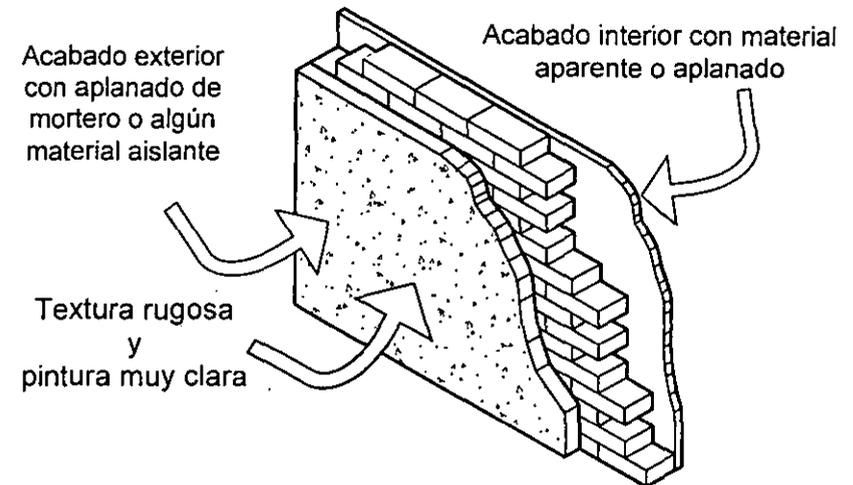


Figura 4.47.

En cuanto a las texturas, el acabado exterior de preferencia debe ser rugoso fino y grueso, dependiendo de la orientación. En las fachadas poniente, oriente y norte se debe emplear un rugoso grueso, mientras que en la sur, un acabado rugoso fino es suficiente. Asimismo, los muros de las fachadas que no sean dobles, también deben contar con el mismo tratamiento de acabados.

Considerando que la losa de azotea o techo es la que tiene la mayor ganancia de calor por radiación solar, también se debe proveer de algún tipo de aislamiento que retarde el paso de calor hacia el interior. Se pueden colocar sistemas de vigueta y bovedilla, que además de ser ligeros, tienen un retardo térmico mucho mayor que una simple losa plana de concreto de 10 cm. Aunado a esto, se deben manejar los acabados interiores y exteriores.

Figura 4.48. La vigueta es un elemento estructural de concreto presforzado pretensado que asociado con la bovedilla forma una losa prefabricada¹¹⁵ que comúnmente se utiliza en sistemas de piso y azotea.

Por sus características tiene la ventaja de eliminar la cimbra y ahorrar tiempo y costos.

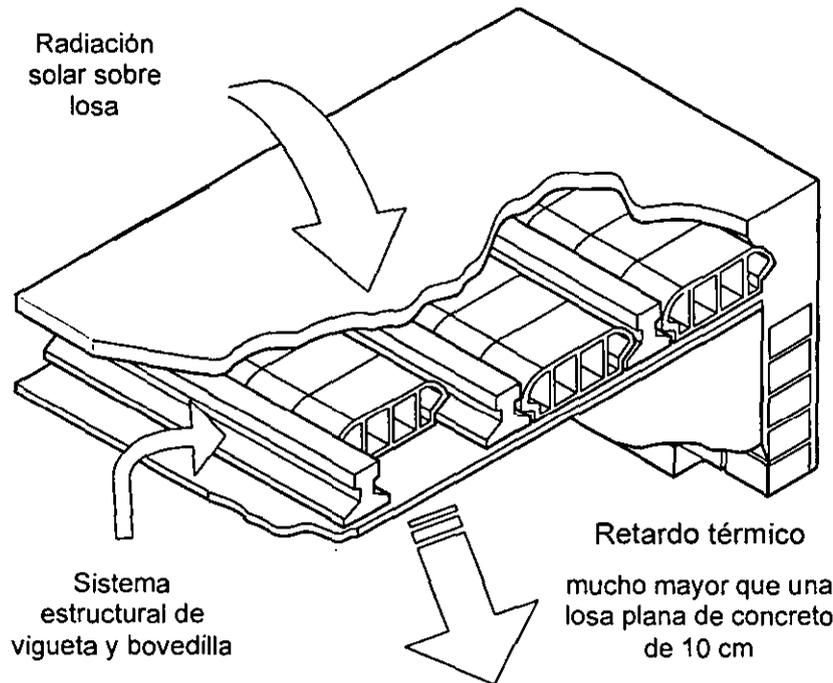


Figura 4.48.

En el caso de proyectarse losas planas de concreto de 10 cm de espesor, siguiendo los sistemas tradicionales de construcción, para contrarrestar su poca efectividad como elemento retardante, se le pueden hacer unas adecuaciones en el interior.

Figura 4.49. Se pueden colocar plafones falsos, de preferencia con materiales de propiedades aislantes. Deben ser diseñados con cierto espesor, elaborados con materiales aislantes, que de preferencia deben

estar separados de la losa, y entre mayor sea la separación, se trabajará mejor.

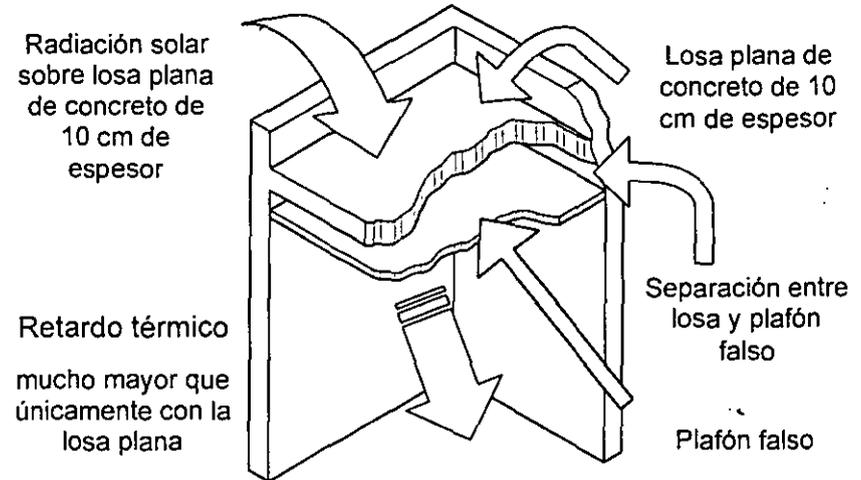


Figura 4.49.

Debido a las necesidades actuales de un mejor aislamiento térmico y acústico, aunado a un menor consumo de energía, se dispone ya en el mercado nacional de las unidades de tipo Duovent^{®116}, como una alternativa de solución, para el acristalado de las ventanas.

Estas unidades reducen en forma considerable el calor durante el verano y evita la pérdida del mismo durante el invierno.

Figura 4.50. Las unidades Duovent[®] están formadas por dos láminas de cristal unidas por un separador de aluminio que componen un espacio de aire hermético. Las esquinas del separador son dobladas para lograr un marco continuo y evitar posibles filtraciones de humedad.

La principal característica es el aislamiento térmico. La amplitud del espacio de aire determina el grado de aislamiento térmico, llegando a su nivel óptimo cuando se utiliza una separación de 12.7 mm.

Los cristales de color, reflejantes, laminados o templados, pueden incorporarse a la unidad para conseguir un mejor control de la radiación solar.

¹¹⁵ Viguetas y Bovedillas, S. A. de C. V. VIBOSA ©. Elementos de concreto presforzado.

¹¹⁶ Unidades Duovent[®]. Unidades para el ahorro en el consumo de energía. Fabricado y distribuido por Vidrio Plano © Monterrey, N. L. México.

Una alternativa para reducir el calor por conducción es inyectar gas Argón en el espacio de aire, ya que éste conduce menos el calor que el aire del ambiente.

El separador de aluminio contiene material desecante que absorbe la humedad que se pueda presentar en el espacio de aire.

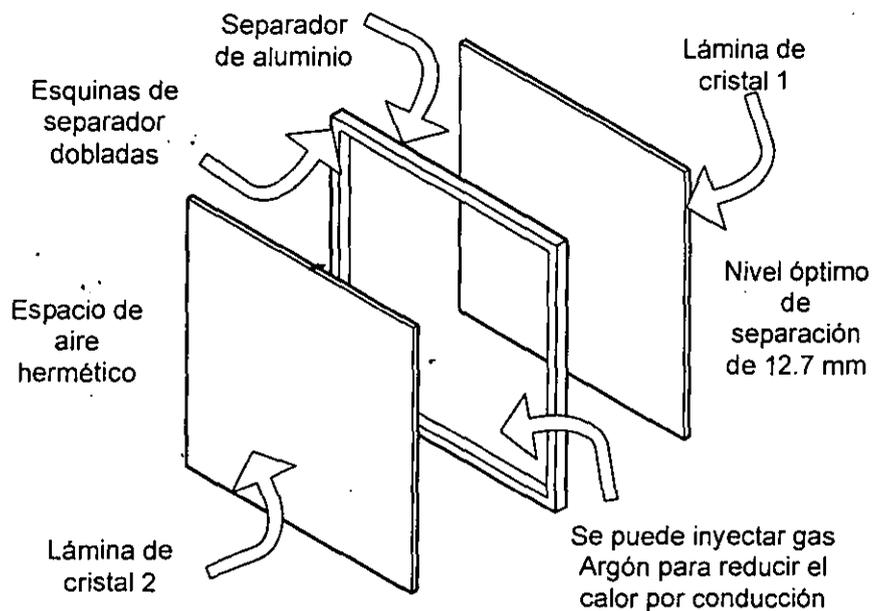


Figura 4.50

4.5.4. DETERIORO DE LOS MATERIALES

También en este clima se presentan agentes atmosféricos donde las diferencias drásticas de temperatura afectan principalmente al aspecto físico de los materiales constructivos, produciendo variaciones en su dimensión y con ello su agrietamiento, incrementando su deterioro¹¹⁷.

Las reacciones químicas producen también efectos secundarios importantes y otro tipo de fenómenos que se aceleran logarítmicamente con el incremento de la temperatura.

¹¹⁷ OLGAY, VÍCTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998. Parte 2. *Efectos térmicos de los Materiales. Deterioro de los materiales*. P. 114.

También, la radiación excesiva ocasiona el deterioro de los materiales por el aumento de las temperaturas y la reacción fotoquímica de los rayos del Sol.

La manera más simple para proteger la edificación del deterioro es la colocación de pintura en los materiales. En el mercado existen diversos tipos de pinturas vinílicas y esmaltes de diferentes calidades y precios, lo que permite que se tenga accesibilidad a estos productos.

Figura 4.51. Siempre es preferible pintar constantemente las construcciones que restaurar las estructuras de las mismas por la agresión de los agentes ambientales.

La colocación de pintura siempre es indispensable para disminuir la abrasión de agentes ambientales

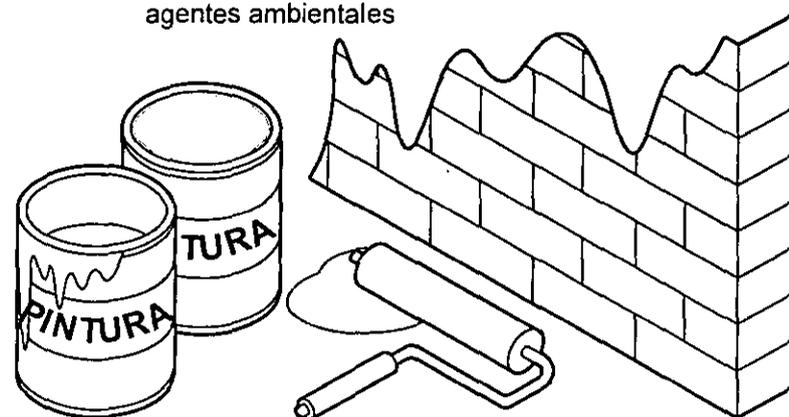


Figura 4.51.

4.6. ILUMINACIÓN

Se debe realizar un diseño de iluminación que garantice el nivel lumínico idóneo y una fuente de luz adecuada para la actividad visual que se realiza cotidianamente en cada habitación de la vivienda, considerando que podemos emplear tanto luz natural como eléctrica.

La iluminación tiene una relación directa con la climatización de los espacios, ya que la incidencia solar, es decir, la iluminación natural y los sistemas de iluminación artificial, generan ganancias térmicas que influyen en el confort térmico de la edificación.

4.6.1. ILUMINACIÓN NATURAL

La **luz natural** si bien, depende de las características del cielo, tiene razones que justifican su uso, como el ser un elemento de diseño, llevar consigo beneficios psicológicos y fisiológicos, y por supuesto, ser un factor importante en la oportunidad de ahorro de energía en la edificación.

En esta región caracterizada por su clima extremo, el consumo de energía es sumamente alto debido a los sistemas artificiales de aire acondicionado en la época de verano y por los sistemas de luz eléctrica en el invierno, por el número de horas de radiación registradas en ambas épocas.

Por lo que el diseño de las aberturas es un poco complejo, debido a que se debe captar la mayor luz posible, en el verano con la menor carga térmica, y en el invierno permitiendo el calentamiento de los espacios.

Figura 4.52. Para el uso de la luz natural, se requiere conocer la posición del sol¹¹⁸, la nubosidad¹¹⁹ y la cantidad de contaminantes (esta localidad presenta niveles de contaminación altos por razón del desarrollo industrial, lo que provoca que aumenten los días medio nublados y cerrados, pero no se puede tener una medición exacta de ello).

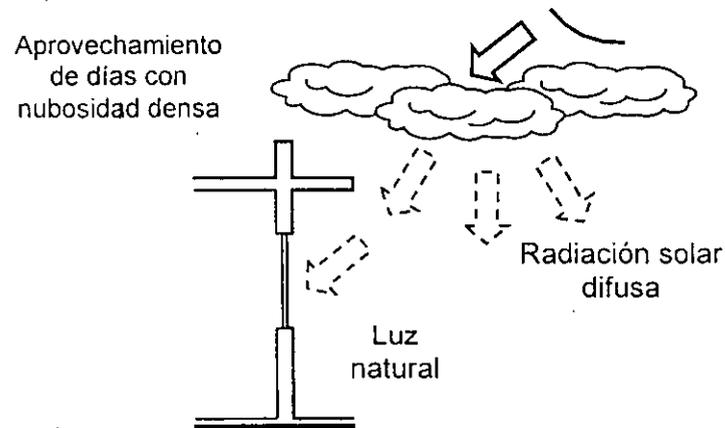


Figura 4.52.

¹¹⁸ Ver datos: 3.1.6. Proyecciones solares

¹¹⁹ Ver datos: 3.1.9. Nubosidad

Por las características de nubosidad de esta localidad se puede diseñar la edificación con un alto índice de iluminación natural, puesto que la mayor parte del año se registran días despejados y medio nublados, y poco menos de la tercera parte como días nublados o cerrados, pero considerando el factor de la contaminación, se recomienda el uso de luz natural en situaciones en donde no se requiera una iluminación consistente o un control preciso de ella.

Se pueden colocar vanos ya sea en las fachadas como en el techo para lograr una iluminación natural. Pero deben tener ciertas características para que se permita la entrada de la luz pero no la del calor¹²⁰.

Así, en las fachadas se pueden colocar vanos con remetimientos o protecciones que impidan la incidencia de la radiación solar directa al interior.

Figura 4.53. Estos vanos pueden funcionar como ventanas¹²¹ o como ventilas, es decir, pueden interactuar con el viento y ventilar la habitación, que es lo más recomendable por la dominancia de los vientos, o únicamente pueden ser un elemento fijo de entrada de luz.

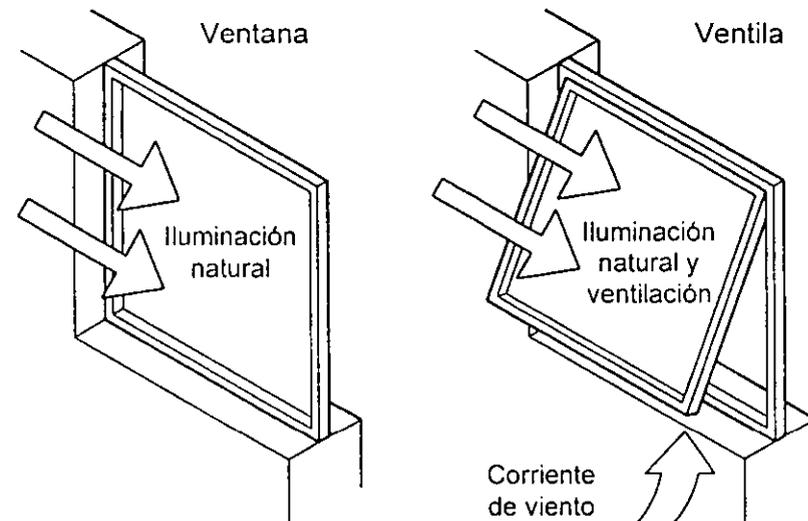


Figura 4.53.

¹²⁰ Ver datos: 4.4. Dispositivos de control solar.

¹²¹ Ver datos: 4.3. Efectos del viento

Una de las entradas de luz que mejor logra esta iluminación natural es la proveniente de los techos, pero se debe tener un especial tratamiento para que funcione a favor de la iluminación y no del calentamiento.

Figura 4.54. Para poder colocar elementos como domos o tragaluces, deben colocarse protecciones para obstruir la incidencia directa de la radiación.

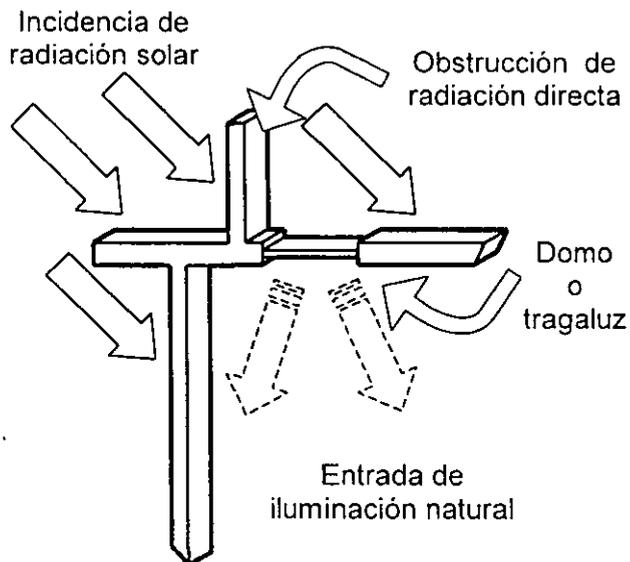


Figura 4.54.

El material usado en las ventanas para lograr una buena iluminación es muy importante, porque permitirá o no la entrada de calor y no sólo la entrada de luz¹²².

Es por ello que se deben emplear materiales que puedan trabajar como aislantes térmicos, pero no lumínicos¹²³.

Figura 4.55. Un material que se puede emplear para estos fines son las láminas de policarbonato, las cuales reflejan una cantidad importante de rayos infrarrojos, que son los que provocan el calor,

dejando pasar al mismo tiempo una gran cantidad de luz, así reduce en un 50% la acumulación de calor solar.

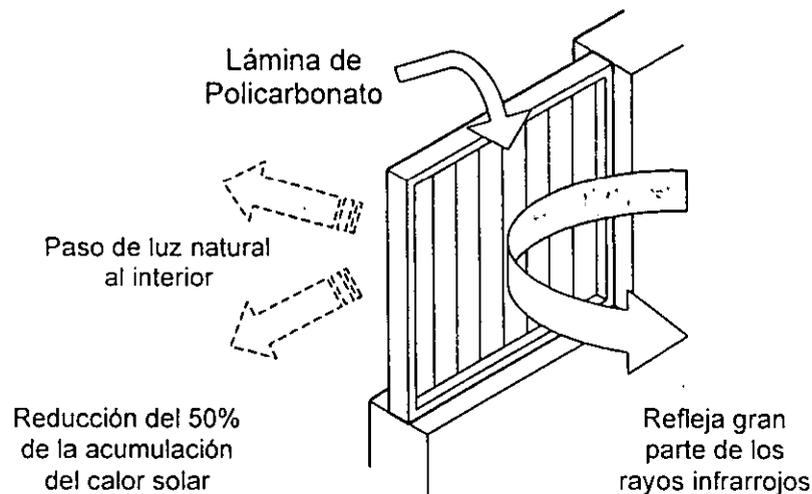


Figura 4.55.

Existen diversas variedades de presentación de este material, puede encontrarse con varias formas, como láminas planas o onduladas, gruesas o delgadas, de diversos colores, y con distintas características estructurales, que se emplearán de acuerdo a los requerimientos propios del proyecto. Este producto es cada vez más usado en la construcción de casas habitación, aunque su alto costo detiene su utilización cotidiana como parte de los materiales básicos de construcción.

4.6.2. ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Comúnmente los niveles de iluminación son elevados, tanto en áreas generales como en específicas. Es conveniente si se tienen los recursos, comprobar estos niveles mediante el uso de un luxómetro y compararlo con las Tablas de la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación.

En caso de existir sobreiluminación es preferible retirar algunas lámparas o sustituirlas por otras de menor capacidad. En caso contrario, que los niveles de iluminación sean los adecuados, entonces se sugiere emplear lámparas que proporcionen el mismo nivel, pero con una menor potencia.

¹²² Ver: 4.4.2. Recomendaciones para elementos de protección solar.

¹²³ Ver figura 4.37. Persianas o pantallas que permiten el paso de la luz natural.

Figura 4.56. El foco incandescente es el de más bajo rendimiento debido a que su operación está basada en el sobrecalentamiento de un filamento hasta alcanzar el rojo blanco, con lo cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y sólo el 5% en luz.

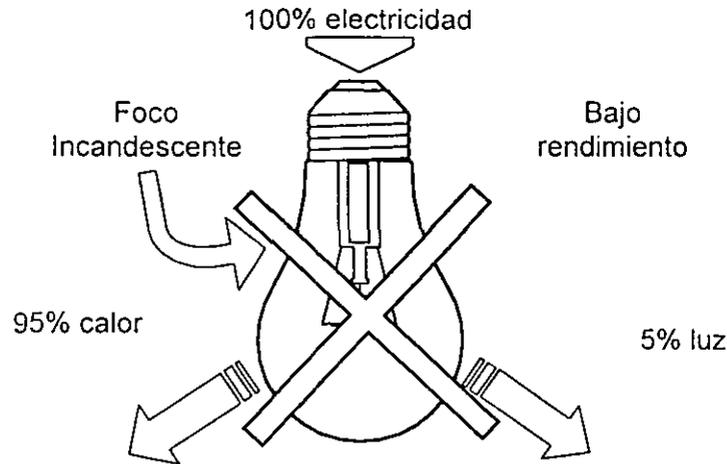


Figura 4.56.

Además de ello, en ocasiones se emplean luminarias tipo spot que impiden la difusión de la luz.

Figura 4.57. Por lo que lo más aconsejable es sustituir los focos incandescentes y las luminarias tipo spot con lámparas fluorescentes compactas las cuales cuentan con entrada para socket.

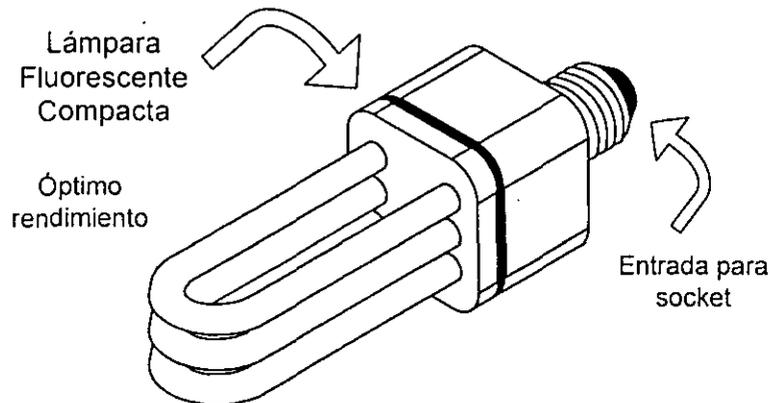


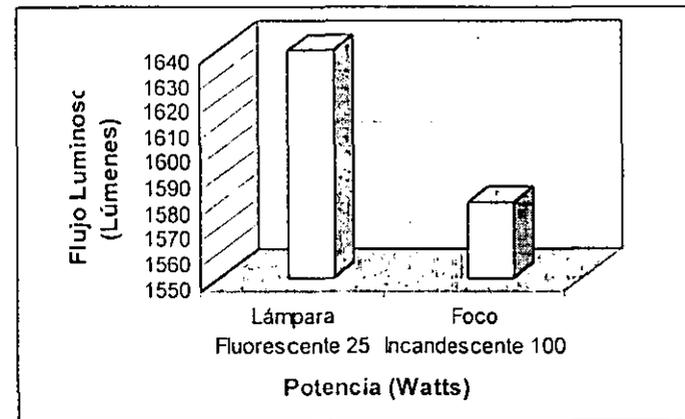
Figura 4.57.

Aunque el costo inicial de estas lámparas fluorescentes compactas es más elevado que un foco incandescente, a la larga resultan más económicas; su duración aproximada es 10 veces mayor y consumen 4 veces menos energía. Una lámpara CF o tubo de 32 watts produce la misma cantidad de luz que un foco de 75 watts.

Los siguientes datos de potencia comparan la lámpara fluorescente y el foco incandescente, en donde se puede ver que el flujo luminoso es mucho más alto en la primera que en la segunda¹²⁴:

Potencia	Flujo luminoso	Potencia	Flujo luminoso
Foco incandescente		Lámpara Fluorescente	
Watts	Lúmenes	Watts	Lúmenes
60	820	13.5 - 16	750 - 950
75	1075	17.5 - 20	1230 - 1390
75	1075	20 - 22 ¹²⁵	1190 - 1640
100	1580	23 - 25	1420 - 1640

Tabla 4.9. Potencia y flujo luminoso de focos incandescentes y lámparas fluorescentes.



Gráfica 4.3. Potencia y flujo luminoso de una lámpara fluorescente de 25 watts y un foco incandescente de 100 watts.

¹²⁴ Tecnología y oportunidades de mercado para la iluminación eficiente en el sector residencial. PAESE - CFE.

¹²⁵ Corresponden a lámparas fluorescentes circulares.

Este sistema consume más de 2000 kilovatio-horas de electricidad por año¹²⁷, causando la emisión a la atmósfera de 3500 libras de dióxido del carbono y 31 libras de dióxido de azufre¹²⁸.

Los **sistemas de enfriamiento evaporativo**, llamados de **aire lavado** o **coolers**, son los más empleados en esta región por razones de economía, pero no son muy recomendables ya que el porcentaje de humedad en el ambiente en los meses más cálidos, cuando se requiere el uso de estos sistemas, es alto y el confort higrométrico se ve afectado. En la época en que funciona bien es en el invierno e inicio de la primavera, cuando los niveles de humedad llegan a ser muy bajos.

Otro de los sistemas de enfriamiento por ventilación mecánica son los **ventiladores**, ya sean de pie o de techo. Este sistema consume menos energía que los anteriores y no aumenta los niveles de humedad del ambiente, pero cuando las temperaturas son muy elevadas, no es suficiente o se requiere de mayor velocidad del movimiento del aire, pero se afectaría al usuario con el golpe constante del viento.

Se pueden hacer combinaciones de estos sistemas para cubrir las necesidades de confort térmico e higrométrico en cada época del año, sin consumir tanta electricidad, y se deben emplear únicamente en los días más cálidos y sólo en las horas con más altas temperaturas. Esto es, cuando en las horas intermedias del día la temperatura pasa los niveles de confort en los meses del verano.

Independientemente del tipo sistema electromecánico que se emplee, éste debe cubrir ciertas especificaciones, cumpliendo las Normas Oficiales de Eficiencia Energética¹²⁹ apoyadas por la CONAE.

4.8.1. SISTEMAS DE CONTROL

Para los sistemas de calefacción y de enfriamiento deben considerarse las dimensiones de las viviendas para acondicionar sólo el área que está ocupada y no la totalidad de la construcción. Esto permite al usuario reducir el uso de estos sistemas y por lo tanto el consumo de energía, reflejado en la facturación eléctrica. Para las casas con aire

acondicionado central, los termómetros eléctricos pueden permitir el calentamiento cuando está desocupada. Esto puede ser particularmente eficaz si la casa es desocupada en períodos grandes del día. Y el confort interior se controla porque el termostato puede programarse para mantener las temperaturas óptimas constantes durante las horas activas en la mañana y tarde.

El control eficaz de los sistemas de climatización complementaria se da por medio de termostatos, que regulan constantemente su temperatura empleando el mínimo necesario de energía eléctrica.

Los **Termostatos**¹³⁰ son interruptores sensibles de temperatura que controlan una unidad o sistema de acondicionamiento espacial. Se puede ahorrar energía ajustando el termostato manualmente, así, en verano, con esta estrategia y aire acondicionado central, se baja la temperatura del termostato a 26°C sólo cuando el usuario esté dentro de la casa y haya necesidad de refrescar.

Para una disminución en el uso de energía pero sin sacrificar el confort interior, se puede instalar un termostato programable. Éste ajusta la temperatura que desee el usuario. Manteniendo las temperaturas requeridas más altas o más bajas durante cuatro o cinco horas por día en lugar de 24 horas. Un termostato programable se puede pagar por sí mismo, en energía ahorrada, en cuatro años.

Hay cinco tipos básicos de termostatos automáticos y programables, los cuales son los electromecánicos, los digitales, los híbridos, los de ocupación y los de sensor.

Los **termostatos electromecánicos** normalmente son los dispositivos más fáciles para operar, tiene controles manuales y operan con un cronómetro rotatorio, y tienen palancas corredizas para ajustar la temperatura en la noche y en el día.

Los **termostatos digitales** se identifican por su lectura digital. Son más flexibles y manejables. Proporcionan el control preciso de temperaturas, y permiten la planificación de los horarios de uso acostumbrados.

Los **sistemas híbridos** combinan la tecnología de controles digitales con la de controles manuales.

¹²⁷ Datos proporcionados por el Instituto de Investigaciones Eléctricas, empleados para actividades de investigación en el uso de la energía eléctrica.

¹²⁸ Los valores varían de acuerdo al tipo de sistema de aire acondicionado, al uso y al mantenimiento que tenga.

¹²⁹ Ver 1.2.3. Normatividad.

¹³⁰ Datos obtenidos de Lennox ® Industries Inc. ©

Los **termostatos de ocupación** mantienen la temperatura ambiente hasta que alguien los activa para calentar o enfriar. Estos termostatos de ocupación tienen una buena respuesta en espacios que permanecen desocupados por lapsos largos.

Los **termostatos de sensor** funcionan por medio de un sensor que regula la temperatura interior constantemente.

4.9. RECOMENDACIONES DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EMPLEO DE APARATOS QUE CONSUMEN ENERGÍA ELÉCTRICA

Así como la edificación tiene que aportar medios para el ahorro de energía, también los usuarios deben influir para que esto se lleve a cabo de la manera más eficiente posible.

Es por ello que para hacer un uso efectivo de la energía se pueden dar algunas recomendaciones¹³¹ como las siguientes:

Aislamiento térmico. Con el aislamiento térmico se puede ahorrar hasta 50% de la energía que se utiliza para la calefacción o el aire acondicionado, con las siguientes recomendaciones:

- Mantener puertas y ventanas cerradas mientras los sistemas activos están en servicio.
- Sellar todo tipo de hendiduras para asegurar que el aire acondicionado quede perfectamente aislado.
- Aislar las paredes.

Ventiladores. En algunos meses y condiciones determinadas se emplean ventiladores los cuales deben:

- Conservar las aspas limpias.
- Tener una adecuada instalación eléctrica en los de techo.

Aire lavado. El aire lavado es muy eficiente en climas cálidos y secos o muy secos, es más económico y consume menos energía que el aire acondicionado, pero para el clima de la localidad de Monterrey que es semiseco, el efecto del aire lavado no da los mejores resultados

¹³¹ Recomendaciones hechas por distribuidores y por organismos como CONAE, FIDE, SE, IIE y CFE.

puesto que la humedad relativa no lo permite. En el caso de emplearse deben hacerse algunas observaciones:

- Colocar el equipo en lugares sombreados.
- Limpiar y pintar correctamente cada vez que sea necesario.
- Revisar periódicamente los cables y cambiar los que estén dañados.
- Reemplazar la paja o espen de las paredes constantemente según la especificación del modelo del equipo.
- Nivelar la temperatura de acuerdo a las situaciones que se presenten durante el día.
- Dar mantenimiento al motor.
- Revisar el funcionamiento adecuado de bandas, poleas y bombas de agua.

Aire acondicionado. Es inevitable en algunos meses y en determinadas horas del día emplear sistemas de aire acondicionado para poder alcanzar el confort interior, por lo que también se deben adoptar algunas medidas para el uso eficiente de éste.

- Desconectar el aire acondicionado al salir de la habitación.
- Apagar el aire al estar fría la habitación y encender un ventilador si es necesario.
- Limpiar el equipo, además de pintar la unidad para evitar su oxidación, si es necesario.
- Revisar periódicamente si la unidad necesita gas refrigerante.
- Que el motor, los alambrados y el termostato funcionen correctamente.
- Limpiar el filtro de aire cada 15 días para que el motor no se sobrecargue y reduzca su utilidad.
- Mantener la temperatura del termostato en 26 °C¹³², ya que por cada grado que se disminuya se consumirá 10% menos de electricidad.
- Dar mantenimiento a todo el equipo cada año.
- Evitar que los rayos solares caigan directamente sobre las ventanas cuando el equipo está activo, ya sea con aleros, persianas o cortinas con recubrimientos de aluminio o películas plásticas.
- Emplear un equipo adecuado, con la capacidad necesaria y no superior a la requerida.

¹³² De acuerdo con el rango de confort para el mes más cálido que es julio, y que va de 23.9 a 28.9 °C.

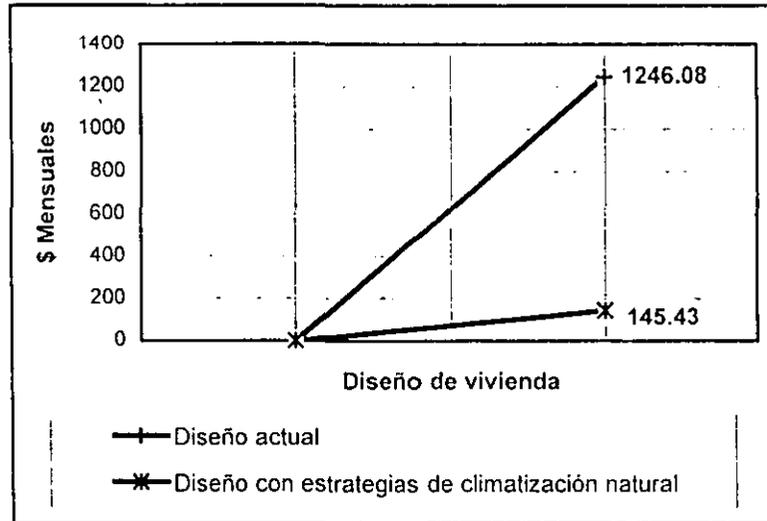
Para el modelo modificado con estrategias de climatización natural se tiene un exceso de 5 KW, y se requiere un equipo que cubra 1.33 toneladas de refrigeración (5 KW / 3.517 KW/Ton). Lo que lleva a una potencia de: $Pot = 13.77 \text{ KW}$

Multiplicando este resultado por lo establecido en la tarifa eléctrica de la zona, se tiene:

		Unitario	Total
	KW	\$	\$
Costo Total Diario	13.77	0.352	5.57
Costo Total Mensual			167.20

Tabla 4.12. Costo total mensual por consumo de energía eléctrica de aire acondicionado de la vivienda con estrategias de climatización natural.

La diferencia entre pagar \$ 1246 y \$ 167 de energía eléctrica es considerable, dejando de cubrir el 86.6% del total¹³⁷. Gráficamente se tienen los siguientes resultados:



Gráfica 4.5. Costo mensual de consumo de energía eléctrica de equipo de aire acondicionado del diseño actual y del propuesto.

¹³⁷ Este parámetro monetario únicamente cubre el costo de la energía eléctrica por uso de equipo de aire acondicionado, sin considerar la facturación de otros sistemas electromecánicos.

Ahora bien, para saber cuánto dinero se deja de pagar en un lapso más amplio se tiene el siguiente análisis, el cual emplea el criterio de Valor Presente de un estudio financiero.

Si se ahorran mensualmente \$ 1079, ¿cuánto se puede dejar de cubrir en uno, cinco o diez años?, considerando que el costo de la energía eléctrica tiene una tasa de crecimiento del 1.6% mensual.

Entonces se tiene la siguiente fórmula:

$$P = A * \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

donde:

- P es el valor presente, el cual representa ahora el flujo de efectivo futuro de dinero. [\$].
- A es la cantidad que se ahorra mensualmente. [\$ 1079].
- i es la tasa de crecimiento de costo de la energía. [0.016].
- n es el período de tiempo. [meses].

Así, en un período de un año el valor presente es de 11 700, es decir, se dejarían de pagar al término de un año lo que ahora sería el equivalente a \$ 11 700.

En un período de 5 años se dejarían de pagar al término del lapso lo que ahora equivaldría a \$ 41 420.

Y en uno de 10 años, \$ 57 400.

Haciendo únicamente el cálculo térmico para el acondicionamiento de una sola habitación, que es como cotidianamente se maneja en la localidad, se tendría que la recámara 2 del modelo de referencia (figura 4.61.), sin la aplicación de las propuestas requiere de un equipo de aire acondicionado de 2 toneladas de refrigeración, el cual tiene un costo de \$ 8000 aproximadamente¹³⁸, esto sin considerar el costo de mantenimiento, y su consumo energético llevaría al pago de \$ 800 mensuales.

¹³⁸ Costo aproximado de un equipo de aire acondicionado tipo ventana con adecuaciones, sin considerar ductos ni materiales aislantes, cuya capacidad es de dos toneladas de refrigeración. Tarifas proporcionadas por YORK ® Aire Acondicionado y Refrigeración, a enero del 2001.

Esta misma recámara 2 pero con alternativas de acondicionamiento natural necesita 0.25 toneladas de refrigeración, lo cual implica que no es indispensable la colocación de un sistema electromecánico tan complejo como el aire acondicionado o incluso el aire lavado, ya que esta situación bien puede ser resuelta por el uso de un ventilador de techo, el cual tiene un costo y un consumo de energía sumamente bajo en comparación con el de los otros sistemas.

4.11. REFLEXIONES

De la aplicación de estas alternativas podemos obtener importantes reducciones de ganancias de calor en la edificación, en el consumo de energía y en el pago de servicios.

Tan sólo con los dispositivos de control solar¹³⁹, se dejan de recibir considerables cantidades de radiación en cada una de las fachadas y, por consiguiente, la disminución de transferencia de calor hacia el interior. Dando como resultado que la radiación recibida en cada fachada en un día determinado para cada mes, con dispositivos de protección solar, son los siguientes:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Ene	0.00	0.00	0.00	2107.45	982.58	1686.05	0.00	0.00
Feb	0.00	0.00	67.11	1646.66	0.00	442.64	0.00	0.00
Mar	0.00	362.24	762.33	1287.98	0.00	0.00	0.00	0.00
Abr	43.11	950.73	950.73	438.31	0.00	0.00	0.00	1775.33
May	96.40	1183.56	590.93	0.00	0.00	0.00	0.00	1911.38
Jun	421.08	1404.00	560.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Jul	422.28	1472.58	1050.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ago	103.91	1318.52	1318.52	558.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Sep	0.00	280.10	1158.79	1722.32	0.00	0.00	0.00	0.00
Oct	0.00	43.44	503.80	2022.13	0.00	931.08	0.00	0.00
Nov	0.00	0.00	139.25	2314.35	640.76	1578.92	0.00	0.00
Dic	0.00	0.00	0.00	2056.11	988.69	1456.12	0.00	0.00

Tabla 4.13. Radiación que recibe cada fachada en un día con dispositivos de protección solar (w/m²).

¹³⁹ Ver 4.4. Dispositivos de control solar.

La diferencia de ganancias de radiación obtenidas sin elementos de protección y con elementos, es la siguiente:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Total	1086.78	7015.17	7102.53	14153.5	2612.03	6094.81	0.00	3686.71

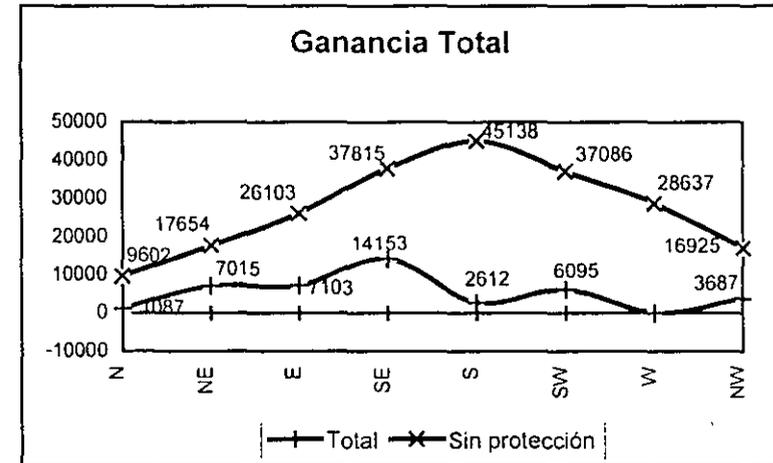


Tabla 4.14. y gráfica 4.6. Ganancias de radiación con y sin elementos de protección solar (w/m²).

Con el uso de una o varias de estas alternativas en el diseño de un proyecto, se puede lograr que se deje de consumir hasta un 85% de electricidad por razón de acondicionamiento ambiental. Y como resultado de ello, el pago por concepto de servicios de electricidad se ve claramente disminuido favoreciendo la economía del usuario.

Lo cual quiere decir que la propuesta de estrategias de climatización natural tiene serias ventajas sobre las construcciones que en la actualidad se desarrollan en la región.

Asimismo, no sólo se tiene un beneficio económico, también energético y por consiguiente ambiental, ya que al dejar de consumir una aproximación de 104 050 KW en 10 años¹⁴⁰, se dejarían de emitir a la Atmósfera¹⁴¹ 64.98 ton de CO₂ y 20.48 ton de CO.

¹⁴⁰ Considerando que sólo en los tres meses del verano se emplee el equipo.

¹⁴¹ Parámetros proporcionados por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. 1999 según las normas publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Se dan alternativas que pueden complementar las acciones que lleva a cabo el gobierno del país y los particulares a este respecto, puesto que, actualmente se concentran las acciones únicamente en edificios no residenciales.

Las propuestas presentadas pueden ser consideradas desde el proyecto, o bien, como medidas correctivas en algunos casos.

Además de lo anterior, se requieren estudios más comprometidos que estén basados en investigaciones apoyadas por las universidades del país, por instituciones privadas y por supuesto, gubernamentales.

Las universidades de la región deben hacer investigaciones sobre todos los aspectos relacionados con la energía, no sólo desde el punto de vista de la física o de la química, sino desde el de la población y economía de la localidad. Particularmente en los programas de la carrera de Arquitectura se debe profundizar en el tema de los recursos energéticos y las edificaciones, y establecer programas de posgrado que apoyen investigaciones relacionadas con ello.

Si bien el gobierno del estado no puede tener el control total de la problemática energética, por cuestiones políticas y económicas, puede implementar medidas y programas entre los diferentes sectores de la población.

Una medida fundamental es la conscientización de la población de las características reales de la situación energética, promoviendo la cultura del ahorro y el cuidado de los recursos con que se cuenta, a través de los diversos medios de comunicación y de programas escolares. Otra medida es el establecimiento de programas de renovación y mantenimiento de equipos y sistemas electromecánicos de acondicionamiento ambiental.

Además, en el ramo tan extenso de la autoconstrucción, el gobierno debe estipular un mínimo de parámetros de diseño de climatización natural para llevar a cabo cualquier obra, ya sea nueva y remodelación. También, establecer parámetros pero más elaborados y estudiados que deben considerar las compañías constructoras dedicadas al sector residencial.

Asimismo, la normatividad debe cumplirse para lograr los mayores beneficios posibles, pero al mismo tiempo se debe adecuar para

cada región con características particulares ambientales, ya que la generalización de las normas provoca el mal cumplimiento de ellas. Para futuros proyectos de normatividad, se requieren considerar todas las características propias del lugar, no sólo las ambientales, sino también las económicas y socioculturales. Además, debe establecerse para cualquier tipo de edificación, desde industrial a residencial, puesto que todos los sectores presentan un potencial alto de ahorro energético que no se aprovecha.

A partir de esta investigación se pueden desprender otras, que den continuidad a ésta o que apoyen la propuesta de eficiencia energética de nuevos casos de estudio.

Las investigaciones que den continuidad a la presente, pueden profundizar en varios temas, como el estudio y propuestas de la normatividad en el sector residencial desde el punto arquitectónico, energético y económico, o un estudio a nivel regional de los problemas urbanos - arquitectónicos en relación con el consumo de energía.

O bien, se pueden apoyar nuevas investigaciones para otros casos de estudio donde la escasa información, combinada con las características climatológicas extremas, lleva a un desmedido consumo de energéticos y desperdicios de los recursos.

Se podría pensar que todas estas acciones no tengan un impacto tan grande en el medio ambiente, pero estos pequeños esfuerzos se verán reflejados a largo plazo, cuando se establezca fuertemente la cultura del ahorro de los recursos, que si bien ahora contamos con muchos, no se debe olvidar que son finitos.

El propósito de las acciones a favor del ahorro y uso eficiente de la energía no significa reducir el nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades, sino invitar a la reflexión y al cambio de hábitos al igual que al de las actitudes que conduzcan a una mayor eficiencia en el uso de la energía, al empleo racional de los recursos energéticos, a la protección de la economía y la preservación del entorno natural del hombre.

El problema del ahorro de energía no se resuelve solamente con conocerlo, sino es necesario un esfuerzo conjunto entre las autoridades, organismos gubernamentales, arquitectos, diseñadores, constructores, investigadores interesados y por supuesto la población, para poder dar un uso eficiente a nuestros recursos energéticos.

Fuentes de Información

MUMFORD, LEWIS. *Técnica y civilización*. Madrid, Alianza Editorial, 1971. 522 p. Serie Alianza Universidad.

- En esta obra se hace una descripción detallada de la técnica y la civilización desde el punto de vista de Lewis Mumford, mencionando el inicio y desarrollo de los energéticos a nivel mundial.

FERNÁNDEZ GALIANO, LUIS. *El Fuego y la Memoria: Sobre arquitectura y energía*. Madrid, Alianza, 1991.

- En esta publicación se hace una relación del desarrollo de la energía en la arquitectura, marcando la importancia de la arquitectura como energía y de la energía que ésta consume.

LÓPEZ MORALES, FRANCISCO JAVIER. *Arquitectura Vernácula en México*. México, Trillas, 1993.

TÁMEZ TEJEDA, ANTONIO. *Arquitectura vernácula mexicana del Noreste*. México, Fondo Editorial Nuevo León, 1993.

PUENTE LEYVA, JESÚS. *Distribución del ingreso en un área urbana: El caso de Monterrey*. Siglo XXI, México, 1976.

VILLAREAL, DIANA R. *Urbanización y autoconstrucción de vivienda en Monterrey*. México, Centro de Escodesarrollo, Claves Latinoamericanas, 1986.

- En estas cuatro publicaciones se hace una descripción cronológica del desarrollo de la ciudad de Monterrey, tocando aspectos históricos, arquitectónicos, económicos, poblacionales, culturales, urbanos, entre otros, para dar un panorama general de sus características.

GARCÍA DE MIRANDA, ENRIQUETA. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. México, Instituto de Geografía, UNAM, 1964.

- En esta publicación se hacen descripciones detalladas del comportamiento climático de una región en la República Mexicana de acuerdo a ciertas clasificaciones, lo que proporciona una idea general al lector de las características de un lugar determinado.

ALMANZA SALGADO, RAFAEL, [ET...AL]. *Actualización de los Mapas de Irradiación Global Solar en la República Mexicana*. México, UNAM, 1985.

SALISBURY, FRANK Y PARKE, ROBERT. *Las Plantas Vasculares, forma y función*. México, Herrero, 1981.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y GANADERÍA, SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. *Normales Climatológicas: Período 1941 - 1970*. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1976.

SECRETARÍA DE RECURSOS HIDRÁULICOS. *Atlas del Agua de la República Mexicana*. México, Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976.

- En estas publicaciones se encuentran datos suficientes y certeros para llevar a cabo el análisis climatológico de un lugar.

INEGI. *Anuario Estadístico de 1999 del Estado de Nuevo León*. México, INEGI, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, GEOGRAFÍA E INFORMÁTICA. <http://www.inegi.gob.mx/>

- En las publicaciones y página web del INEGI se tienen los registros de la situación actual y proyecciones sobre población, vivienda,

energía, entre otros. Aunque a esta información se le cataloga como fidedigna, difiere de algunos consensos de otras dependencias del gobierno y de particulares. Sin embargo, por la extensa cantidad de información, se toma como base para investigaciones.

COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD. <http://www.cfe.gob.mx/>

COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA. <http://www.conae.gob.mx/>

FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. <http://www.fide.gob.mx/>

SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA. <http://www.semarnap.gob.mx/>

U3E-NUEVO LEÓN. CINTERMEX-CAINTRA. Av. Fundidora #501-1er. Nivel, Local 95-A, Col. Obrera, C. P. 64010 Monterrey, N. L. Gerente / Promotor Ing. Francisco Javier Luna Rodríguez. Teléfonos Oficina: (83) 69-0248, 69-0200, 69-6810 Fax: (83) 69-6810, 69-0210.

- En estas fuentes de información existen datos específicos sobre el desarrollo energético del país y de cada localidad en particular, sobre las tarifas, el consumo energético y del deterioro ambiental. También se muestran las acciones que el gobierno y particulares llevan a cabo a este respecto.

PEDRAZA BARREDA, LUIS T. *Confort en la Vivienda*. Nuevo León, México, Universidad Mexicana del Noreste, Editorial Aprender a Ser, 1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN. Arq. Dinorah Casas Tenorio. Monterrey, N. L.

- UNIVERSIDAD MEXICANA DEL NORESTE. Ing. Luis Toribio Pedraza Barreda. Quinta Zona 409. Col. Caracol. C. P. 64810. Monterrey, N. L. México.
- Por medio de estas fuentes de información se ve el grado de desarrollo de investigación sobre la energía y la Arquitectura en la ciudad de Monterrey, principalmente en las instituciones educativas.
- OLGYAY, ALADAR. *Solar Control Shading Devices*. Princeton, Princeton University, 1957.
- OLGYAY, VICTOR. *Arquitectura y Clima*. Barcelona, G. Gili, 1998.
- En estas publicaciones los autores hablan de la "interpretación bioclimática de la arquitectura" (*bioclimatic aproach*), definiendo los efectos del clima sobre el hombre. Estas investigaciones hacen especial énfasis en el acondicionamiento natural y la arquitectura, por lo que se toma como base para la presenta investigación.
- GIVONI, BARUSH. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1981.
- En esta obra se hace referencia al diseño urbano y a las edificaciones considerando las características del clima, aunque esta publicación toca casos de estudio muy diferentes a las condiciones de nuestro país, maneja criterios de diseño arquitectónico y urbano muy importantes.
- PUPPO, ERNESTO. *Acondicionamiento Natural y Arquitectura: Ecología en Arquitectura*. 2ª ed. Barcelona, Marcombo, 1979.
- En estas publicaciones analiza y describe los medios naturales de control ambiental en un estudio completo con una evaluación práctica de las características del medio ambiente aplicadas las características de las edificaciones.
- PUPPO, ERNESTO. *Sol y Diseño: Índice Térmico Relativo*. Barcelona, Marcombo, 1976.
- SZOKOLAY, STEVEN VAJK. *Arquitectura solar*. Traducción por Kyrill Pawlowsky. Imprim. Barcelona, Blume, 1983.
- SZOKOLAY, STEVEN VAJK. *Energía Solar y Edificación*. Traducción por Kyrill Pawlowsky. Barcelona, Blume, 1978.
- En estas obras se ofrece información a quienes consideran la posibilidad de instalar acumuladores de energía solar, dando soluciones en el desarrollo de estos sistemas.
- TUDELA, FERNANDO. *Ecodiseño*. México, UAM, Unidad Xochimilco, 1982.
- El autor de esta obra presenta un acervo básico de conocimientos elementales del bioclima y el diseño, por medio de la difusión de principios científicos relativos al bioclima, al confort y al comportamiento térmico de las edificaciones.
- MORALES RAMÍREZ, JOSÉ DIEGO. *Climatización Natural de Edificios en Clima Cálido*. Tesis. UNAM, Facultad de Arquitectura, Maestría en Arquitectura - Tecnología, 1989.
- En esta tesis se puede observar el desarrollo de un proyecto de investigación con el desarrollo de sistemas de climatización natural, el cual comprueba su factibilidad energética y económica a través de un análisis de costo beneficio.
- DEPARTMENT OF ENERGY. ASSISTANT SECRETARY. *Energy Efficiency and Renewable Energy*. <http://www.ornl.gov/roofs+walls/insulation/>
- ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY NETWORK. <http://www.eren.doe.gov/>
- LACOMBA, RUTH... [ET AL.] *Manual de Arquitectura Solar*. México, Trillas, 1991.
- LAWRENCE BERKELEY NATIONAL. ENVIRONMENTAL ENERGY TECHNOLOGIES DIVISION. *Laboratory Cool Roofing Materials Database*. <http://eetd.lbl.gov/coolroof/>
- RIVAS RAMÍREZ, MANUEL. *Modelo de cálculo térmico para el ahorro de energía en la edificación*. Tesis. UNAM, Facultad de Arquitectura, Maestría en Arquitectura - Tecnología, 2000.
- En estas fuentes de información se encuentran múltiples temas como arquitectura bioclimática, diseño bioclimático, hábitat bioclimático, pasivos de climatización, energía solar pasiva, energía natural, energía solar y arquitectura, ahorro de energía, Sol y arquitectura, arquitectura solar, clima y arquitectura, medio ambiente y edificación, entre otros, lo que permite tener una base para apoyar investigaciones que den solución a los problemas que sobre este tema se generen.

Glosario de Términos

ALEROS

Para la determinación de las dimensiones de los aleros se sobrepone la mascarilla en cada una de las gráficas y en las diferentes orientaciones: norte, nor-este, este, sur-este, sur, sur-oeste, oeste y nor-oeste.

Si lo que se requiere es calentamiento, habrá de permitirse el paso de la radiación solar.

Sin embargo, si resulta necesario el enfriamiento, deberá impedirse el paso de la radiación, empleando el sombreado como estrategia.

Cuando la temperatura ambiente coincida con el umbral de confort, el requerimiento será de sombreado también.

Se suman las horas totales que requieren soleamiento y las que requieren sombreado.

Después se cuantifican las horas que requieren sombra y las que no, de acuerdo a los dispositivos de protección especificados a cada 10°.

Posteriormente, se calcula su eficiencia en el periodo de calor y de frío, en ambos semestres, para cada orientación y para cada ángulo de protección.

El ángulo de protección óptimo es el correspondiente al valor máximo de la eficiencia del dispositivo de ambos semestres (cuando se cruzan las eficiencias para calor y frío).

Así, los ángulos óptimos de protección solar medidos a partir de la horizontal del lugar y línea que une la parte inferior de la ventana con el extremo más sobresaliente del alero, son los siguientes:

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
<	52°	70°	60°	58°	38°	47°	10°	36°

Tabla A.1. Ángulos de protección para los aleros.

PARTESOLES

Para la determinación de las dimensiones de los partesoles se sobrepone la mascarilla en cada una de las gráficas con líneas radiales a cada 10° y en las diferentes orientaciones: norte, nor-este, este, sur-este, sur, sur-oeste, oeste y nor-oeste.

Al igual que los aleros, si lo que se requiere es calentamiento, habrá de permitirse el paso de la radiación solar.

Sin embargo, si resulta necesario el enfriamiento, deberá impedirse el paso de la radiación.

Cuando la temperatura ambiente coincida con el umbral de confort, el requerimiento será de sombreado también.

Se sigue el mismo proceso de suma de horas y de cálculo de eficiencia, para cada orientación, con partesol izquierdo y derecho.

Los partesoles se miden según su ángulo de protección definido por el plano de la ventana y por una línea imaginaria que une el punto más sobresaliente del partesol con el extremo opuesto de la ventana.

Así, los ángulos óptimos de protección solar, tanto izquierdo como derecho, para cada orientación son:

	N	NE		E	SE			
	O-N	N-E	NO-NE	NE-SE	N-E	E-S	NE-SE	SE-SO
<	30°	8°	0°	25°	82°	56°	53°	34°

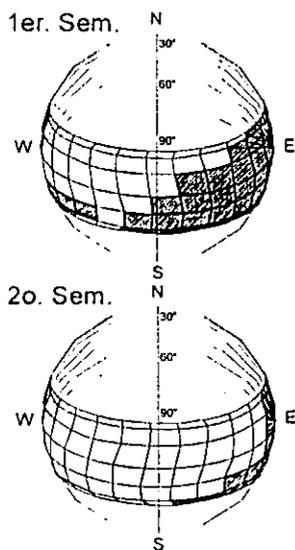
	S	SW		W	NW			
	E-S	S-O	SE-SO	SO-NE	S-O	O-S	SO-NO	NO-NE
<	33°	80°	16°	80°	90°	90°	70°	0°

Tabla A.2. Ángulos de protección para los partesoles.

El desarrollo de las gráficas puede observarse en lo que se muestra a continuación:

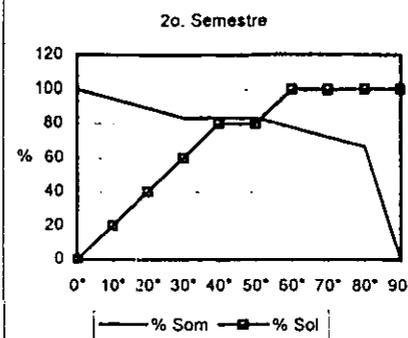
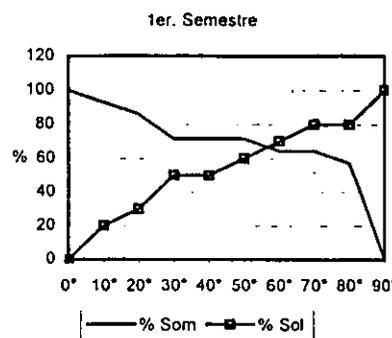
CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS ALEROS – ORIENTACIÓN NORTE Y NOR-ESTE

NORTE



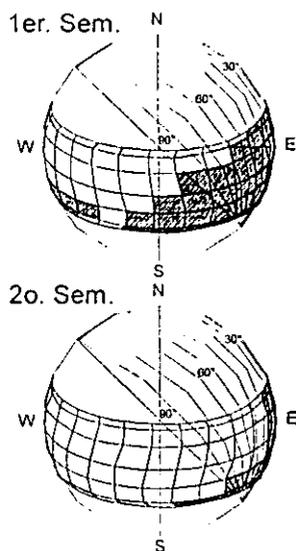
Orientación Norte

Orientación Norte								
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
	1er	%	1er	%	2o	%	2o	%
Total	14	100	10	100	18	100	5	100
0°	14	100	0	0	0°	18	100	0
10°	13	93	2	20	10°	17	94	1
20°	12	86	3	30	20°	16	89	2
30°	10	71	5	50	30°	15	83	3
40°	10	71	5	50	40°	15	83	4
50°	10	71	6	60	50°	15	83	4
60°	9	64	7	70	60°	14	78	5
70°	9	64	8	80	70°	13	72	5
80°	8	57	8	80	80°	12	67	5
90°	0	0	10	100	90°	0	0	5



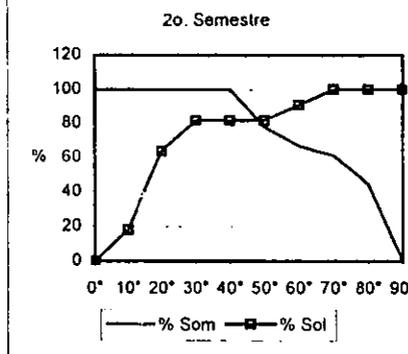
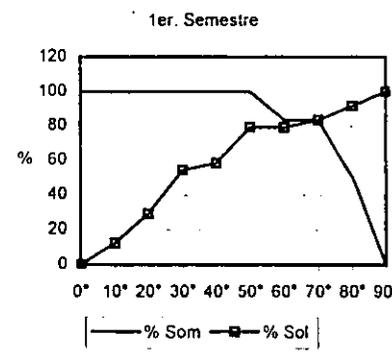
El ángulo óptimo para esta orientación es de 52° (2° Semestre)

NOR - ESTE



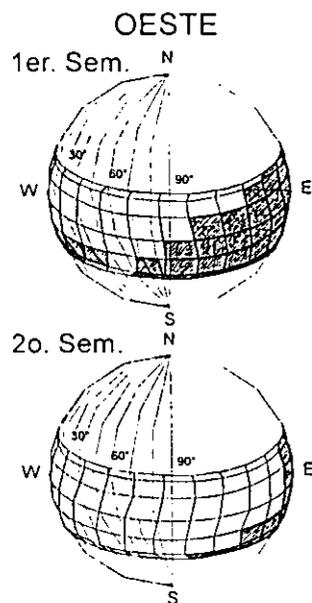
Orientación Norte - Este

Orientación Norte - Este								
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
	1er	%	1er	%	2o	%	2o	%
Total	6	100	24	100	18	100	11	100
0°	6	100	0	0	0°	18	100	0
10°	6	100	3	13	10°	18	100	2
20°	6	100	7	29	20°	18	100	7
30°	6	100	13	54	30°	18	100	9
40°	6	100	14	58	40°	18	100	9
50°	6	100	19	79	50°	14	78	9
60°	5	83	19	79	60°	12	67	10
70°	5	83	20	83	70°	11	61	11
80°	3	50	22	92	80°	8	44	11
90°	0	0	24	100	90°	0	0	11



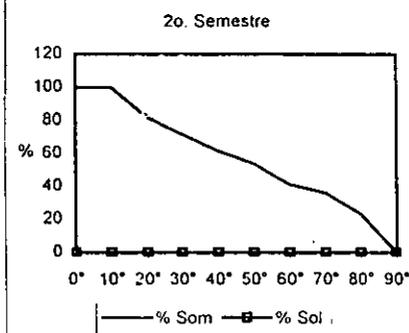
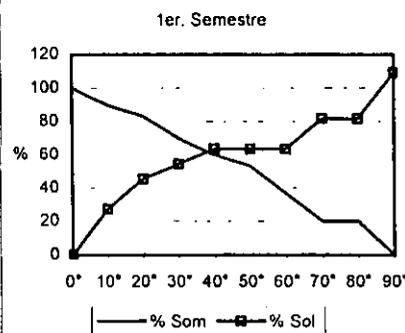
El ángulo óptimo para esta orientación es de 70° (1er. Semestre)

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS ALEROS – ORIENTACIÓN OESTE Y NOR-OESTE



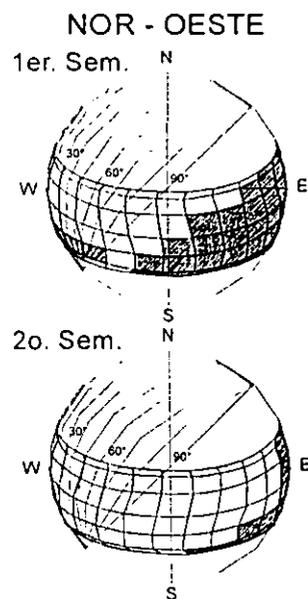
Orientación Oeste

Orientación Oeste									
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear		
	1er	%	1er	%	2o	%	2o	%	
Total	30	100	11	100	39	100	0	100	
0°	30	100	0	0	39	100	0	0	
10°	27	90	3	27	39	100	0	0	
20°	25	83	5	45	20°	32	82	0	0
30°	21	70	6	55	30°	28	72	0	0
40°	18	60	7	64	40°	24	62	0	0
50°	16	53	7	64	50°	21	54	0	0
60°	11	37	7	64	60°	16	41	0	0
70°	6	20	9	82	70°	14	36	0	0
80°	6	20	9	82	80°	9	23	0	0
90°	0	0	12	109	90°	0	0	0	0



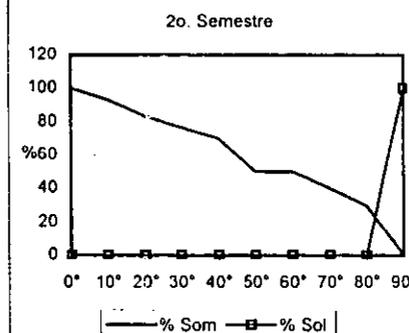
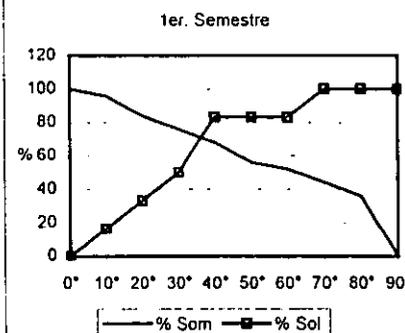
El ángulo óptimo para esta orientación es de 10° (2° Semestre)

* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.



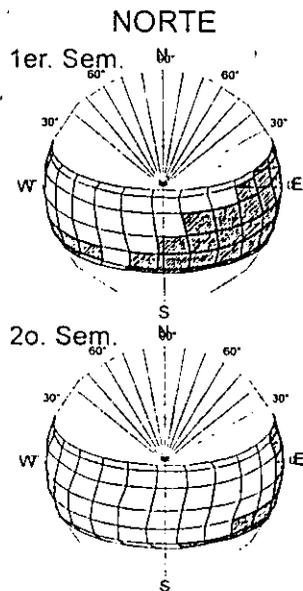
Orientación Norte - Oeste

Orientación Norte - Oeste									
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear		
	1er	%	1er	%	2o	%	2o	%	
Total	25	100	6	100	30	100	1	100	
0°	25	100	0	0	30	100	0	0	
10°	24	96	1	17	10°	28	93	0	0
20°	21	84	2	33	20°	25	83	0	0
30°	19	76	3	50	30°	23	77	0	0
40°	17	68	5	83	40°	21	70	0	0
50°	14	56	5	83	50°	15	50	0	0
60°	13	52	5	83	60°	15	50	0	0
70°	11	44	6	100	70°	12	40	0	0
80°	9	36	6	100	80°	9	30	0	0
90°	0	0	6	100	90°	0	0	1	100



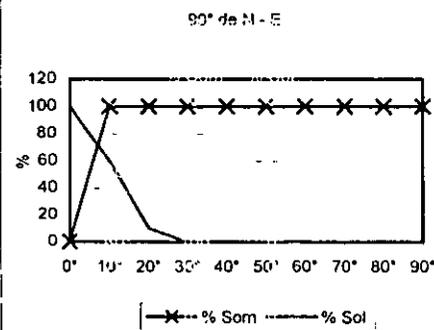
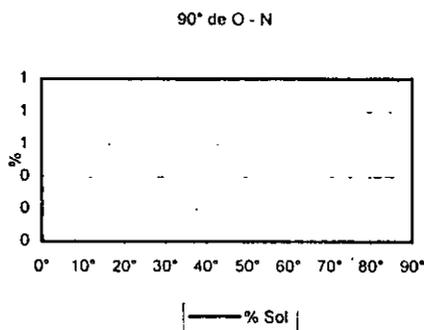
El ángulo óptimo para esta orientación es de 36° (1er Semestre)

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES – ORIENTACIÓN NORTE

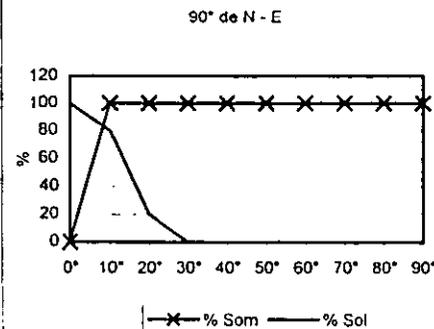
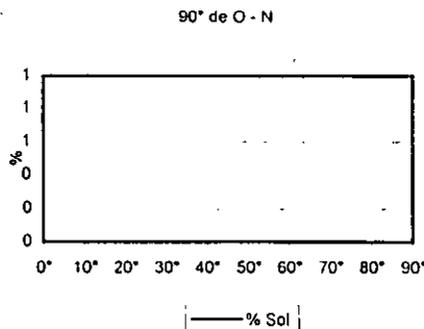


Orientación Norte

1er semestre								
	90° de O - N				90° de N - E			
	Sombrear	Solear		Sombrear	Solear			
		%		%		%	%	
Total	12	100		100	2	100	10	100
0°	0	0	0	0	0	0	10	100
10°	8	67	0	0	2	100	6	60
20°	11	92	0	0	2	100	1	10
30°	12	100	0	0	2	100	0	0
40°	12	100	0	0	2	100	0	0
50°	12	100	0	0	2	100	0	0
60°	12	100	0	0	2	100	0	0
70°	12	100	0	0	2	100	0	0
80°	12	100	0	0	2	100	0	0
90°	12	100	0	0	2	100	0	0



2o semestre								
	90° de O - N				90° de N - E			
	Sombrear	Solear		Sombrear	Solear			
		%		%		%	%	
	13	100		100	6	100	5	100
0°	0	0	0	0	0	0	5	100
10°	9	69	0	0	6	100	4	80
20°	11	85	0	0	6	100	1	20
30°	13	100	0	0	6	100	0	0
40°	13	100	0	0	6	100	0	0
50°	13	100	0	0	6	100	0	0
60°	13	100	0	0	6	100	0	0
70°	13	100	0	0	6	100	0	0
80°	13	100	0	0	6	100	0	0
90°	13	100	0	0	6	100	0	0

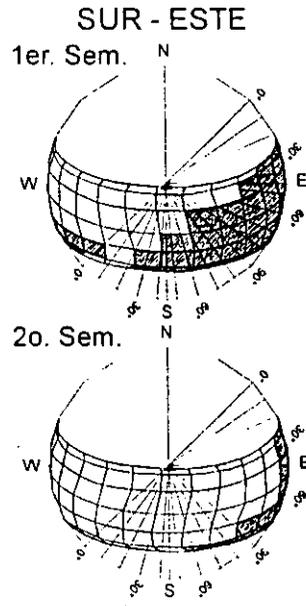


El ángulo óptimo para esta orientación de Oeste a Norte es de 30° (ambos Semestres)

El ángulo óptimo para esta orientación de Norte a Este es de 8° (2° Semestre)

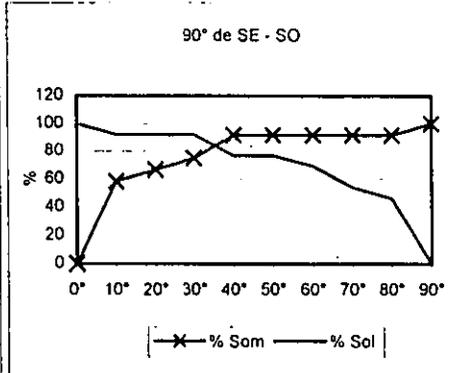
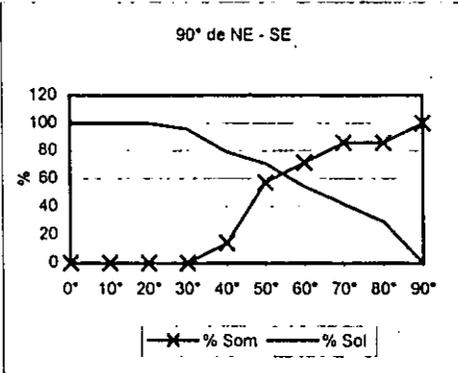
* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.

— CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES = ORIENTACIÓN SUR-ESTE

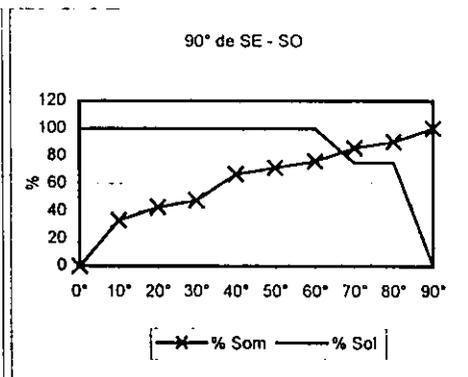
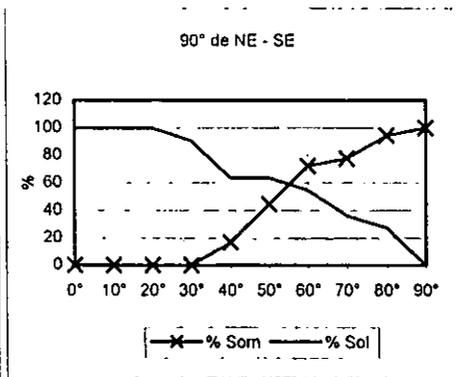


Orientación Sur - Este

	1er semestre							
	90° de NE - SE				90° de SE - SO			
	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear
Total	7	100	24	100	12	100	13	100
0°	0	0	24	100	0	0	13	100
10°	0	0	24	100	7	58	12	92
20°	0	0	24	100	8	67	12	92
30°	0	0	23	96	9	75	12	92
40°	1	14	19	79	11	92	10	77
50°	4	57	17	71	11	92	10	77
60°	5	71	13	54	11	92	9	69
70°	6	86	10	42	11	92	7	54
80°	6	86	7	29	11	92	6	46
90°	7	100	0	0	12	100	0	0



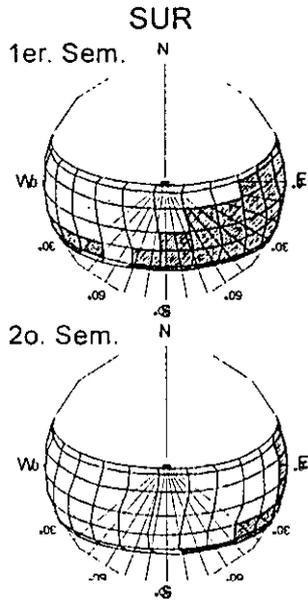
	2o semestre							
	90° de NE - SE				90° de SE - SO			
	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear
	18	100	11	100	21	100	4	100
0°	0	0	11	100	0	0	4	100
10°	0	0	11	100	7	33	4	100
20°	0	0	11	100	9	43	4	100
30°	0	0	10	91	10	48	4	100
40°	3	17	7	64	14	67	4	100
50°	8	44	7	64	15	71	4	100
60°	13	72	6	55	16	76	4	100
70°	14	78	4	36	18	86	3	75
80°	17	94	3	27	19	90	3	75
90°	18	100	0	0	21	100	0	0



El ángulo óptimo para esta orientación de NE a SE es de 53° (1er Semestre)

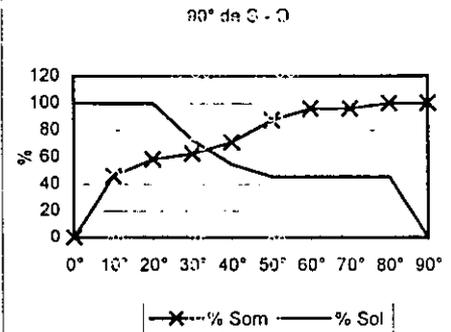
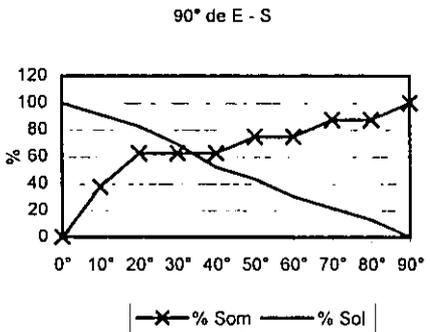
El ángulo óptimo para esta orientación de SE a SO es de 34° (1er Semestre)

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES - ORIENTACIÓN SUR

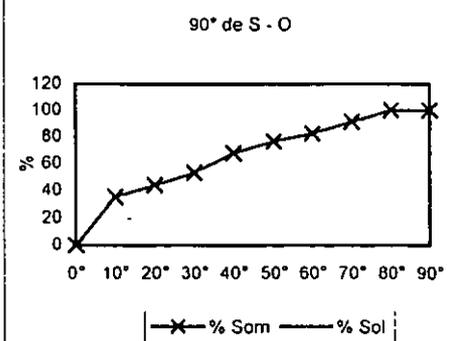
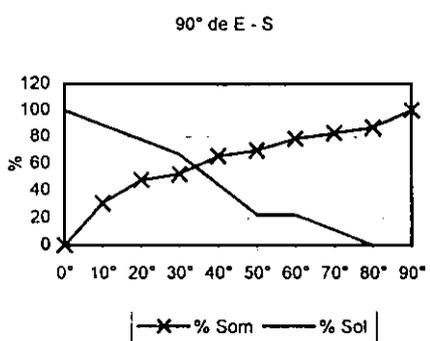


Orientación Sur

1er semestre								
90° de E - S				90° de S - O				
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
		%		%		%		%
Total	8	100	23	100	24	100	11	100
0°	0	0	23	100	0	0	11	100
10°	3	38	21	91	11	46	11	100
20°	5	63	19	83	14	58	11	100
30°	5	63	16	70	15	63	8	73
40°	5	63	12	52	17	71	6	55
50°	6	75	10	43	21	88	5	45
60°	6	75	7	30	23	96	5	45
70°	7	88	5	22	23	96	5	45
80°	7	88	3	13	24	100	5	45
90°	8	100	0	0	24	100	0	0



2o semestre								
90° de E - S				90° de S - O				
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
		%		%		%		%
	23	100	9	100	34	100		100
0°	0	0	9	100	0	0	0	0
10°	7	30	8	89	12	35	0	0
20°	11	48	7	78	15	44	0	0
30°	12	52	6	67	18	53	0	0
40°	15	65	4	44	23	68	0	0
50°	16	70	2	22	26	76	0	0
60°	18	78	2	22	28	82	0	0
70°	19	83	1	11	31	91	0	0
80°	20	87	0	0	34	100	0	0
90°	23	100	0	0	34	100	0	0

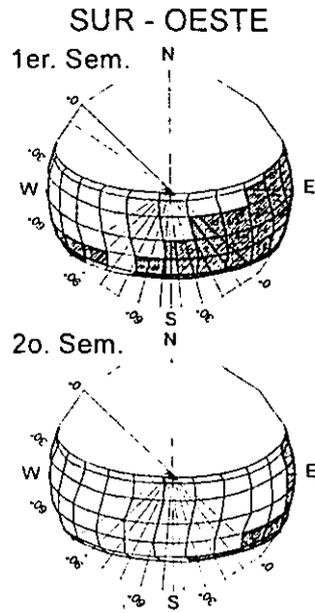


El ángulo óptimo para esta orientación de E a S es de 33° (1er Semestre)

El ángulo óptimo para esta orientación de S a O es de 80° (2° Semestre)

* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.

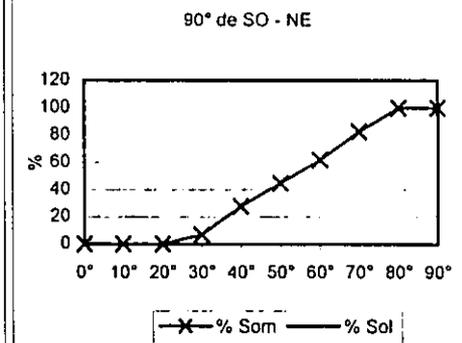
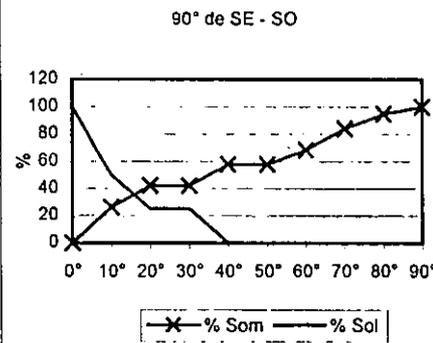
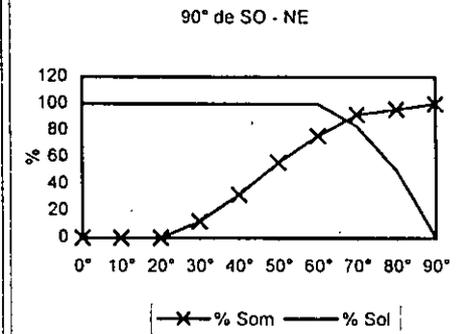
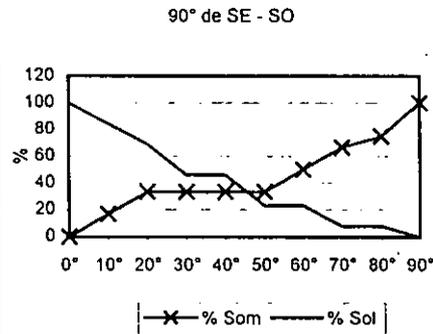
CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES - ORIENTACIÓN SUR-OESTE



Orientación Sur - Oeste

1er semestre								
	90° de SE - SO				90° de SO - NE			
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
	%		%	%	%	%	%	
Total	12	100	13	100	25	100	6	100
0°	0	0	13	100	0	0	6	100
10°	2	17	11	85	0	0	6	100
20°	4	33	9	69	0	0	6	100
30°	4	33	6	46	3	12	6	100
40°	4	33	6	46	8	32	6	100
50°	4	33	3	23	14	56	6	100
60°	6	50	3	23	19	76	6	100
70°	8	67	1	8	23	92	5	83
80°	9	75	1	8	24	96	3	50
90°	12	100	0	0	25	100	0	0

2o semestre								
	90° de SE - SO				90° de SO - NE			
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
	%		%	%	%	%	%	
	19	100	4	100	29	100		100
0°	0	0	4	100	0	0	0	0
10°	5	26	2	50	0	0	0	0
20°	8	42	1	25	0	0	0	0
30°	8	42	1	25	2	7	0	0
40°	11	58	0	0	8	28	0	0
50°	11	58	0	0	13	45	0	0
60°	13	68	0	0	18	62	0	0
70°	16	84	0	0	24	83	0	0
80°	18	95	0	0	29	100	0	0
90°	19	100	0	0	29	100	0	0

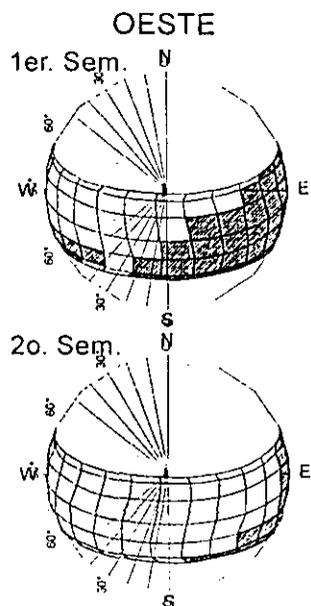


El ángulo óptimo para esta orientación de SE a SO es de 16° (2o Semestre)

El ángulo óptimo para esta orientación de SO a NE es de 80° (2° Semestre)

* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.

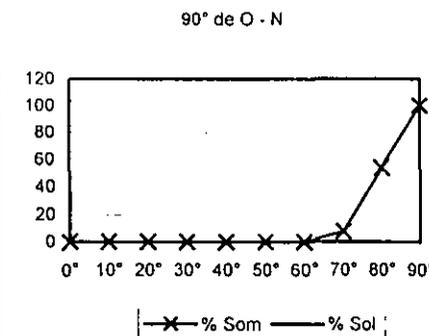
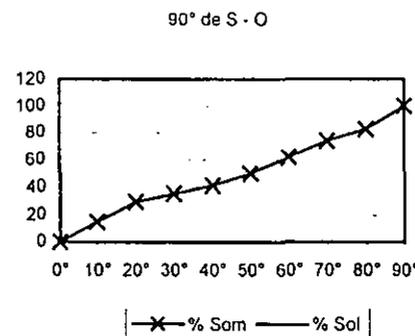
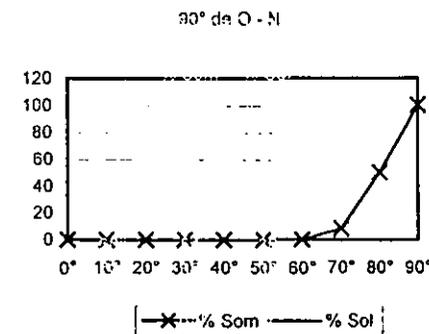
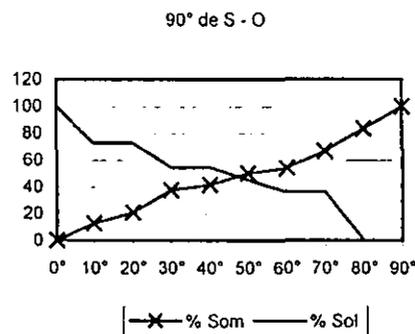
CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES – ORIENTACIÓN OESTE



Orientación Oeste

1er semestre								
	90° de S - O				90° de O - N			
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
		%		%		%		%
Total	24	100	11	100	12	100		100
0°	0	0	11	100	0	0	0	0
10°	3	13	8	73	0	0	0	0
20°	5	21	8	73	0	0	0	0
30°	9	38	6	55	0	0	0	0
40°	10	42	6	55	0	0	0	0
50°	12	50	5	45	0	0	0	0
60°	13	54	4	36	0	0	0	0
70°	16	67	4	36	1	8	0	0
80°	20	83	0	0	6	50	0	0
90°	24	100	0	0	12	100	0	0

2o semestre								
	90° de S - O				90° de O - N			
	Sombrear		Solear		Sombrear		Solear	
		%		%		%		%
Total	34	100		100	13	100		100
0°	0	0	0	0	0	0	0	0
10°	5	15	0	0	0	0	0	0
20°	10	29	0	0	0	0	0	0
30°	12	35	0	0	0	0	0	0
40°	14	41	0	0	0	0	0	0
50°	17	50	0	0	0	0	0	0
60°	21	62	0	0	0	0	0	0
70°	25	74	0	0	1	8	0	0
80°	28	82	0	0	7	54	0	0
90°	34	100	0	0	13	100	0	0



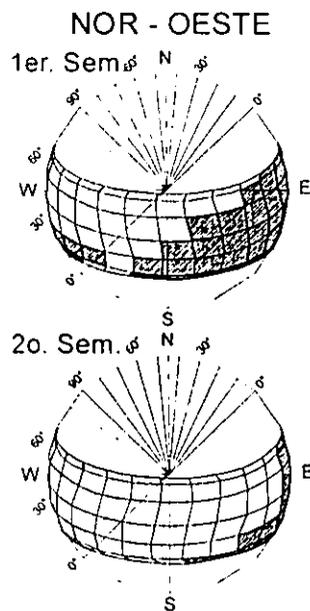
El ángulo óptimo para esta orientación de S a O es de 90° (2o Semestre)

El ángulo óptimo para esta orientación de O a N es de 90° (ambos Semestres)

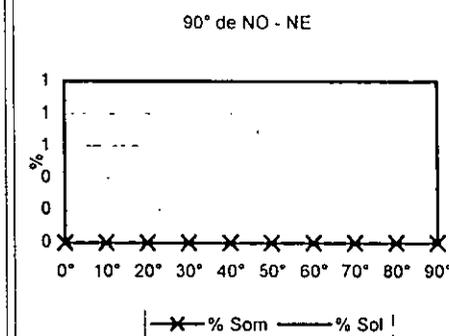
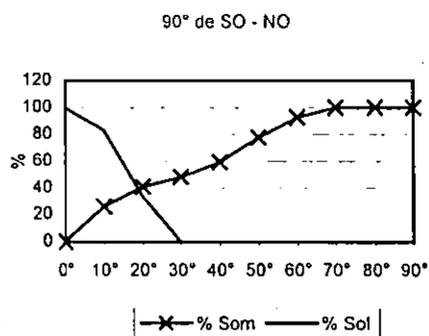
* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.

CÁLCULO PARA EL DISEÑO DE LOS PARTESOLES - ORIENTACIÓN NOR-OESTE

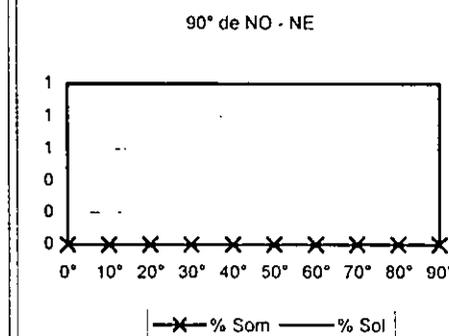
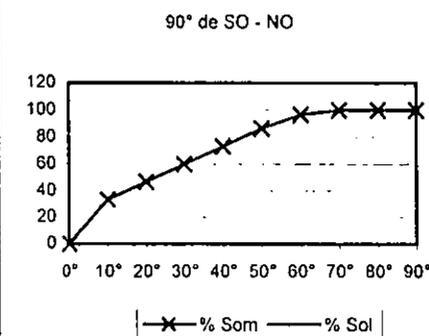
Orientación Norte - Oeste



	1er semestre							
	90° de SO - NO				90° de NO - NE			
	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear
Total	27	100	6	100			100	100
0°	0	0	6	100	0	0	0	0
10°	7	26	5	83	0	0	0	0
20°	11	41	2	33	0	0	0	0
30°	13	48	0	0	0	0	0	0
40°	16	59	0	0	0	0	0	0
50°	21	78	0	0	0	0	0	0
60°	25	93	0	0	0	0	0	0
70°	27	100	0	0	0	0	0	0
80°	27	100	0	0	0	0	0	0
90°	27	100	0	0	0	0	0	0



	2o semestre							
	90° de SO - NO				90° de NO - NE			
	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear	Sombrear	Solear
Total	30	100		100			100	100
0°	0	0	0	0	0	0	0	0
10°	10	33	0	0	0	0	0	0
20°	14	47	0	0	0	0	0	0
30°	18	60	0	0	0	0	0	0
40°	22	73	0	0	0	0	0	0
50°	26	87	0	0	0	0	0	0
60°	29	97	0	0	0	0	0	0
70°	30	100	0	0	0	0	0	0
80°	30	100	0	0	0	0	0	0
90°	30	100	0	0	0	0	0	0



El ángulo óptimo para esta orientación de SO a NO es de 70° (2o Semestre)

El ángulo óptimo para esta orientación de NO a NE es de 0° (ambos Semestres)

* La columna de soleamiento está en ceros, por lo que se toma el valor de la eficiencia 100% del área de sombreado.

Metodología de Cálculo Térmico de Dr. Sámano, Dr. Morales y Dr. Vázquez

Este cálculo se basa en:

- Datos como: latitud, longitud y altitud.
- Características climatológicas como: temperatura, humedad relativa, radiación y vientos.
- Características físicas de los materiales como: espesor, conductividad térmica, absorptancia y emitancia.

Esta metodología se desarrolla de la siguiente manera:

Se inicia el proceso del cálculo para conocer la ganancia total de calor en cada hora del día empleando la siguiente expresión:

$$\Sigma Q_{LOAD} = Q_{COND} + Q_{SIG} + Q_{INF} + Q_{VENT} + Q_{MET} + Q_{LIGHT}$$

Donde:

ΣQ_{LOAD} es la carga de **Calor Total**.

Q_{COND} es la ganancia de **Calor por Convección**.

Q_{SIG} es la ganancia de **Calor por Radiación Solar Directa**.

Q_{INF} es la ganancia de **Calor por Infiltración**.

Q_{VENT} es la ganancia de **Calor por Ventilación**.

Q_{MET} es la ganancia de **Calor por Persona**.

Q_{LIGHT} es la ganancia de **Calor por Equipo Eléctrico**.

A continuación se van a describir cada una de las variables:

a) La ganancia de **Calor por Convección** se obtiene de la siguiente forma:

Para superficies expuestas al Sol:

$$Q_{COND} = U * \text{Área} * (t_{sol/aire} - t_{interior})$$

Para superficies sombreadas:

$$Q_{COND} = U * \text{Área} * (t_{ambiente} - t_{interior})$$

donde:

U es el Coeficiente Global de Transferencia.

$t_{sol/aire}$ es la temperatura sol / aire.

El **Coeficiente Global de Transferencia** está expresado en la siguiente fórmula:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{hc} + \frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{1}{hc} + K + \frac{1}{hi}}$$

Donde:

U es el Coeficiente Global de Transferencia.

e es el espesor del material.

hc es el Coeficiente del Aire Interior entre dos muros.

he es el Coeficiente de Convección del aire exterior.

hi es el Coeficiente de Convección del aire interior.

k es la Conductividad Térmica del material.

La Temperatura **sol / aire** se define en:

$$t_{sol/aire} = t_{ambiente} + \left(\frac{Ht * \alpha}{ho} \right) - \left(\frac{Dr * \varepsilon}{ho} \right)$$

donde:

Ht es la Radiación Solar global.

α es la absorptancia de la superficie.

ε es la emitancia de la superficie.

ho es el coeficiente de convección más un coeficiente de radiación.

Dr es la diferencia entre la radiación de onda larga incidente sobre la superficie que proviene del cielo y medio ambiente, y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura del aire exterior.

b) La ganancia de **Calor por Radiación Solar Directa** se obtiene de la siguiente forma:

$$Q_{SOL} = A_v * F_c * H_t$$

donde:

A_v es el área de la ventana.

F_c es la fracción de la radiación solar que pasa por la ventana.

c) La ganancia de **Calor por Infiltración**:

Se obtiene el Calor por Infiltración Sensible:

$$Q_{INFs} = 0.278 * C_{AMB} * Vol * \rho * C_{pa} * (t_{amb} - t_{int})$$

y por Infiltración Latente:

$$Q_{INFL} = 0.278 * C_{AMB} * Vol * \rho * H_{vap} * (w_{amb} - w_{int})$$

donde:

C_{AMB} son los cambios de aire.

Vol es el volumen de la habitación.

ρ es la densidad del aire.

C_{pa} es el calor específico del aire.

t_{amb} es la temperatura ambiente.

t_{int} es la temperatura interior.

H_{vap} es el calor latente de vaporización.

w_{amb} es la humedad ambiente.

w_{int} es la humedad interior

d) La ganancia de **Calor por Ventilación**:

Se obtiene el Calor por Ventilación Sensible:

$$Q_{VENTs} = 0.278 * \rho * C_{pa} * G * (t_{amb} - t_{int})$$

y por Ventilación Latente:

$$Q_{VENTL} = 0.278 * \rho * H_{vap} * G * (w_{amb} - w_{int})$$

donde:

G es el flujo de aire.

e) La ganancia de **Calor por Persona**:

Se obtiene el Calor por Persona Sensible:

$$Q_{METs} = \text{watts / persona} * \text{No. de personas}$$

y por Persona Latente:

$$Q_{METL} = \text{watts / persona} * \text{No. de personas}$$

f) La ganancia de **Calor por Equipo Eléctrico** se obtiene de la siguiente forma:

$$Q_{LIGHT} = \text{watts / equipo}$$

El siguiente paso es calcular la temperatura de la siguiente hora con la siguiente fórmula:

$$t_{cuarto} = t_{cuarto(anterior)} + \frac{Q_{LOAD}}{CAPAC}$$

donde:

$CAPAC$ es la capacitancia.

Para conocer la **Capacitancia** de los elementos que componen a la edificación, se emplea la fórmula:

$$CAPAC = \text{Masa} * \text{Calor Especifico}$$

Donde se requieren datos para cada material de: volumen y peso volumétrico.

Y así sucesivamente hasta terminar todas las horas del día.